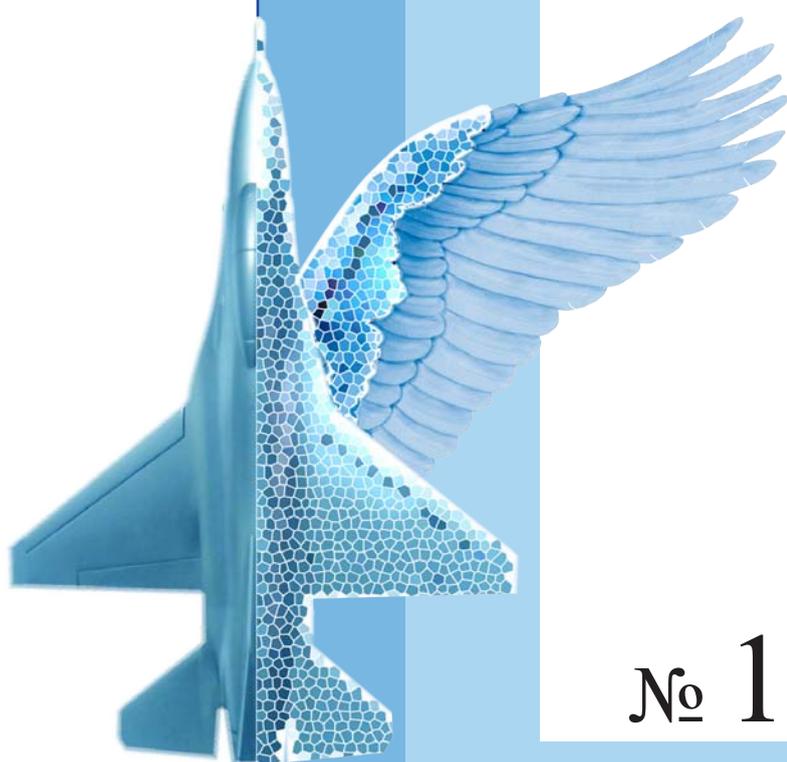


ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

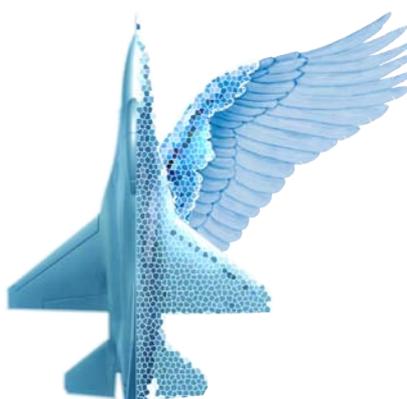


№ 1(11)/2014

ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

№ 1(11)



EDITORIAL BOARD – РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Anatoly I. Belousov	Белоусов Анатолий Иванович, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Nikolay M. Borgest	Боргест Николай Михайлович, к.т.н., профессор СГАУ, член ИАОА, г. Самара
Vladimir V. Golenkov	Голенков Владимир Васильевич, д.т.н., профессор, БГУИР, г. Минск
Vladimir I. Gorodetsky	Городецкий Владимир Иванович, д.т.н., профессор, СПИИРАН, г. Санкт-Петербург
Yuri R. Valkman	Валькман Юрий Роландович, д.т.н., профессор, МНУЦ ИТиС НАН и МОН Украины, г. Киев
Stanislav N. Vasiliev	Васильев Станислав Николаевич, академик РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Vladimir A. Wittich	Виттих Владимир Андреевич, д.т.н., профессор, ИПУСС РАН, г. Самара
Nicholay G. Zagoruiko	Загоруйко Николай Григорьевич, д.т.н., профессор, ИМ СО РАН, г. Новосибирск
Alexander S. Kleshchev	Клещёв Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор, ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток
Valery A. Komarov	Комаров Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Sergey M. Krylov	Крылов Сергей Михайлович, д.т.н., профессор, СамГТУ, г. Самара
Victor M. Kureichik	Курейчик Виктор Михайлович, д.т.н., профессор, Технологический институт ЮФУ, г. Таганрог
Lyudmila V. Massel	Массель Людмила Васильевна, д.т.н., профессор, ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск
Semyon A. Piyavsky	Пиявский Семен Авраамович, д.т.н., профессор, СГАСУ, г. Самара
George A. Rzhetskij	Ржевский Георгий Александрович, профессор, Открытый университет, г. Лондон
Peter O. Skobelev	Скобелев Петр Олегович, д.т.н., НПК «Разумные решения», г. Самара
Sergey V. Smirnov	Смирнов Сергей Викторович, д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Anatoly V. Sollogub	Соллогуб Анатолий Владимирович, д.т.н., профессор, ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара
Peter I. Sosnin	Соснин Петр Иванович, д.т.н., профессор, УлГТУ, г. Ульяновск
Dzhavdet S. Suleymanov	Сулейманов Джавдет Шевкетович, академик, вице-президент АН РТ, г. Казань
Robert I. Tuller	Таллер Роберт Израилевич, д.филос.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Boris E. Fedunov	Федунов Борис Евгеньевич, д.т.н., профессор, ГосНИИ Авиационных систем, г. Москва
Altynbek Sharipbayev	Шарипбаев Алтынбек, д.т.н., профессор, Институт искусственного интеллекта, г. Астана
Boris Y. Shvedin	Шведин Борис Яковлевич, к.психол.н., ООО «Дан Роуз», член ИАОА, г. Ростов-на-Дону

Executive Editorial Board - Исполнительная редакция

Chief Editor	Smirnov S.V.	Главный редактор	Смирнов С.В.	директор ИПУСС РАН
Executive Editor	Borgest N.M.	Выпускающий редактор	Боргест Н.М.	директор издат-ва «Новая техника»
Editor	Kozlov D.M.	Редактор	Козлов Д.М.	профессор СГАУ
Technical Editor	Shustova D.V.	Технический редактор	Шустова Д.В.	аспирант СГАУ
Translation Editor	Korovin M.D.	Редактор перевода	Коровин М.Д.	аспирант СГАУ

CONTACTS – КОНТАКТЫ**ИПУСС РАН**

443020, Самара, ул. Садовая, 61.
тел.: +7 (846) 332 39 27, факс.: +7 (846) 333 27 70

Смирнов С.В.
smirnov@iccs.ru

СГАУ

443086, Самара, Московское шоссе 34, корп. 10, кафедра КиПЛА
тел.: +7 (846) 267 46 47, факс.: +7 (846) 267 46 46

Боргест Н.М.
borgest@yandex.ru

Издательство «Новая техника»

443010, Самара, ул.Фрунзе, 145, тел.: +7 (846) 332 67 84, факс: +7 (846) 332 67 81

Сайт журнала: http://agora.guru.ru/scientific_journal/

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Номер контракта 64-03/2012.



Multi-Agent Technology for Resource Management

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «РАЗУМНЫЕ РЕШЕНИЯ»

<http://www.smartsolutions-123.ru/>

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ № ФС 77-46447 от 7.09.2011 г.



Отпечатано в издательстве «Новая техника» © Все права принадлежат авторам публикуемых статей
Подписано в печать 14.04.2014. Тираж 300 экз. © Издательство «Новая техника», 2011-2014

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции ТОЧКА ОПОРЫ	5
Е.Н. Мельник, А.Ю. Бадалов, Б.Я. Шведин, Д.Б. Гвоздев, Л.В. Бузаев ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ В СОЧИ	6
Н.М. Боргест БУДУЩЕЕ УНИВЕРСИТЕТА: ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД. ЧАСТЬ 3: АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	24
В.В. Голенков, Н.А. Гулякина ПРОЕКТ ОТКРЫТОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ КОМПОНЕНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ. ЧАСТЬ 1: ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ	42
Д.Ш. Сулейманов СИСТЕМА СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОТВЕТНЫХ ТЕКСТОВ ОБУЧАЕМОГО НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ	65
В.В. Демиров СПЕЦИФИКА И НАПРАВЛЕНИЯ МАШИННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБУЧЕНИЯ	78
НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ и СЕМИНАРЫ 2014 г. XVI Международная конференция ПУМСС-2014 XIX Байкальская конференция ИиМТ-2014 Научный семинар «Онтология проектирования»	86
РЕКОМЕНДУЕМОЕ ИЗДАНИЕ	88

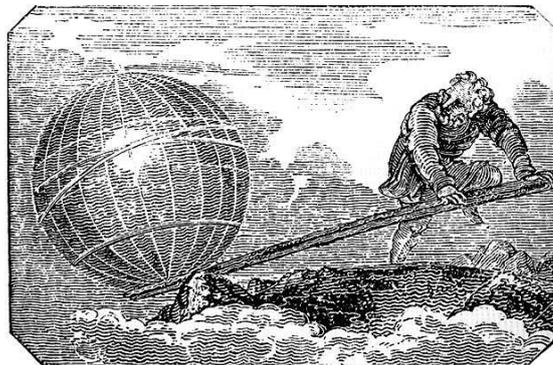
CONTENT

From the Editors	
FOOTHOLD	5
E.N. Melnik, A.U. Badalov, B.Y. Shvedin, D.B. Gvozdev, L.V. Buzaev	6
ONTOLOGICAL MODELS FOR CONTROL SYSTEMS OF POWER SUPPLY OF OLYMPIC FACILITIES IN SOCHI	
N.M. Borgest	24
FUTURE UNIVERSITY: ONTOLOGICAL APPROACH. PART 3: AUTOMATION OF BUSINESS PROCESSES	
V.V. Golenkov, N.A. Guliakina	42
PROJECT OF OPEN SEMANTIC TECHNOLOGY OF THE COMPONENTAL DESIGN OF INTELLIGENT SYSTEMS. PART 1: THE PRINCIPLES OF CREATION	
D.Sh. Suleymanov	65
THE SYSTEM OF SEMANTIC ANALYSIS OF RESPONSE TEXTS IN NATURAL LANGUAGE	
V.V. Demirov	78
SPECIFICITY AND DIRECTION OF THE MACHINE LEARNING PROCESS PRESENTATION	
CONFERENCES AND SEMINARS 2014	86
XIX Baikal Conference IMT-2014 XVI International Conference ICMCS-2014 Workshop «Ontology of Designing»	
RECOMMENDED BOOK	88



ТОЧКА ОПОРЫ

«Дайте мне точку опоры, и я подниму земной шар»¹
Архимед²



Дорогой наш читатель, уважаемые авторы и члены редакционной коллегии!

Нашей опорой в научном поиске, бесспорно, являются гиганты науки, выдающиеся мыслители, на плечах которых мы продолжаем достраивать с разной степенью успешности свои этажи здания науки. Ушедшие, но оставшиеся в нашей памяти, гиганты построили фундамент, который служит нам надёжным основанием для дальнейших изысканий.

Сегодня мы вспомним **Архимеда** (Archimedes; около 287 — 212 до н. э.), древнегреческого учёного, математика и механика, о творчестве которого сохранилось немало крылатых высказываний, используемых нами как в научных дискуссиях, так и повседневной жизни. Широко известное выражение «эврика» (греч. εὕρηκα - нашёл!) подспудно присутствует в мыслях учёного, исследователя, инженера и сопровождает каждое научное открытие, решение научной проблемы или проектной задачи. Открытый Архимедом закон, гласивший, что: «Всякое тело при погружении в жидкость теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость», фактически определил аэростатический принцип полёта первых летательных аппаратов, сконструированных человеком.

Архимед начал свою деятельность как инженер, создатель военных машин и фортификатор, реконструирующий укрепления Сиракуз. Он написал ряд практических работ по строительному делу, ввел понятия центра тяжести, сформулировал закон рычага. Получив теоретические знания в Александрии, Архимед сделал выдающиеся геометрические открытия, решил задачи математической физики (основы гидростатики, условия устойчивости плавающих тел) и оптики (написанная работа «Катоптрика» не сохранилась), занимался вычислительно-астрономическими работами. Всё это время Архимед не оставлял инженерной деятельности, применяя на практике выводы своих теоретических исследований³.

Для нашего журнала, избравшего для себя в качестве основных научных тем исследования в областях Computer Science и Engineering, точкой опоры являются, конечно, наши авторы и наши читатели, которые также могут стать его будущими авторами. Поэтому мы стремимся расширить круг наших читателей и авторов, привлечь к участию в журнале наших коллег из «дальнего» зарубежья. Для этого мы подготовили и отправили материалы о нашем журнале в международные базы данных Scopus (13.02.2014) и Web of Science (7.03.2014) для включения титульных частей наших публикаций в эти мировые хранилища научных знаний. Теперь редакция будет более пристально следить за выполнением требований по англоязычной части подготавливаемых публикаций, а также приветствовать публикации по тематике журнала на английском языке из различных уголков нашей планеты.

¹ Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. Т.IA (2): Алтай — Арагвай. — 1890.

² Известное изречение Архимеда проиллюстрировано в журнале «Механика», опубликованном в Лондоне в 1924 году. This an engraving from *Mechanics Magazine* published in London in 1824. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Archimedes_lever_\(Small\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Archimedes_lever_(Small).jpg)

³ Житомирский С.В. Архимед. М.: Просвещение, 1981

УДК 004.9

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ В СОЧИ

Е.Н. Мельник¹, А.Ю. Бадалов¹, Б.Я. Шведин¹, Д.Б. Гвоздев², Л.В. Бузаев³

¹ЗАО «Российская корпорация средств связи» ГК «Ростехнологии», г. Москва, Россия

²Ситуационно-аналитический центр ОАО «Россети», г. Москва, Россия

³Ситуационно-аналитический центр ОАО «ФСК ЕЭС», г. Москва, Россия
bshvedin@dunrose.ru

Аннотация

Рассматривается применение методов и технологий онтологического моделирования при проектировании и внедрении информационных систем центра управления энергоснабжением (ЦУЭ) Сочинского энергорайона, созданного для надежного обеспечения деятельности олимпийских и инфраструктурных объектов. Показано, что такой крупный технологический проект реализовать в достаточно сжатые сроки без использования онтологических моделей было бы практически невозможно. Впервые в проекте ЦУЭ была поставлена и выполнена сложная задача по технологической интеграции множества разнородных энергообъектов, включая магистральные сети, распределительные сети, а также генерацию, тяговые подстанции Российских железных дорог и объекты территориальных сетевых организаций. В качестве базовой использовалась онтологическая модель ВЕОМ. Она послужила основой для разработки конкретных прикладных онтологических моделей и решений.

Ключевые слова: QuaSy-СППР, онтология проектирования, онтологическая модель предприятия, онтологический репозиторий предприятия, SCADA, ЦУЭ

Введение

30 сентября 2013 г. введен в промышленную эксплуатацию не имеющий аналогов комплекс информационно-технологических систем для управления электроснабжением в городе Сочи. Информационные системы (ИС) центра управления электроснабжением (ЦУЭ) Сочинского энергорайона созданы для надежного обеспечения деятельности олимпийских и инфраструктурных объектов. Непосредственным исполнителем проекта являлось ЗАО «Российская корпорация средств связи» («РКСС»), входящее в группу компаний ГК «Ростех». Крупный высокотехнологичный проект реализован в достаточно короткие сроки. От разработки технических решений до начала использования системы на базе ЦУЭ Сочинского энергорайона прошло менее полугода.

1 Назначение центра управления электроснабжением

ЦУЭ предназначен для мониторинга и анализа общей и оперативной обстановки на энергообъектах, задействованных во внешнем электроснабжении олимпийских объектов и объектов инфраструктуры г. Сочи, а также в целях организации взаимодействия и координации действий всех субъектов. ЦУЭ должен обеспечить эффективность и обоснованность принимаемых решений руководителем и членами рабочей группы за счет внедрения инновационных технологий организации, анализа и визуализации информации, критичной для ситуационного управления деятельностью как в повседневном рабочем режиме, так и в чрезвычайных ситуациях.

В ЦУЭ развернут единый комплекс хорошо интегрированных ИС, включая, прежде всего, систему подготовки и принятия решений (СППР), а также основную и резервную систему SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition* - диспетчерское управление и сбор данных).

Задачами функционирования комплекса ИС ЦУЭ являются:

- мониторинг общей и оперативной обстановки. Регулярная подготовка и представление материалов мониторинга в соответствии с положениями Регламента управления электроснабжением олимпийских объектов и принципами взаимодействия между организациями, осуществляющими электроснабжение олимпийских объектов, в период подготовки и проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр 2014 г. в городе Сочи;
- анализ, оценка оперативной обстановки на объектах, осуществляющих электроснабжение олимпийских объектов Сочинского региона;
- обеспечение информационно-аналитической поддержки участников рабочей группы;
- взаимодействие с региональными и федеральными органами власти, структурными подразделениями МЧС России, персоналом сетевых компаний и компаний, осуществляющих резервное электроснабжение олимпийских объектов;
- координация действий организаций, эксплуатирующих олимпийские объекты, при возникновении аварий и нестандартных ситуаций в электроустановках олимпийских объектов.

2 СППР центра управления электроснабжением: основные функции

СППР ЦУЭ создана на платформе *QuaSy*-СППР, поставленной ЗАО «РКСС». Методологическую основу *QuaSy*-СППР составляют инновационные интеллектуальные технологии, включая методы онтологического моделирования [1], концепцию системно-ситуационного анализа деятельности [2], экспириентологию, как направление, обеспечивающее структурирование, организацию, накопление и трансляцию опыта, а также язык структурированных сообщений. На этом фундаменте была построена автоматизация процессов сбора, обработки, статистического анализа и наглядного отображения информации о текущей деятельности организаций, осуществляющих электроснабжение олимпийских объектов, включая ведение электронной оперативной документации персоналом ЦУЭ.

QuaSy-СППР построена на основе использования онтологической модели предприятия ВЕОМ (*Business Entity Ontological Model*) [1]. Это значительно сократило время внедрения ИС. В частности были созданы и внедрены классификаторы для субъектов деятельности, включая как персонал, так организационные структуры, вовлеченные в процесс совместной деятельности по обеспечению энергоснабжения олимпиады [3]. Для описания оборудования использовалась прикладная онтологическая модель, рекомендованная международной энергетической комиссией ИЕС 61970 [4].

Следует отметить, что сам процесс проектирования ИС строился на онтологической модели РМОМ (*Project Management Ontological Model*) [5] и подходах, развиваемых в области онтологии проектирования отечественными учеными [6-8].

СППР ЦУЭ обеспечивает выполнение следующих функций:

- получение, хранение, отображение и предварительный анализ регулярных потоковых данных поступающих в виде структурированных сообщений (первичной оперативной информации) с рабочих мест оперативных дежурных ЦУЭ, формируемых на основе языка структурированных сообщений энергетика (ЯССЭ);
- получение, преобразование, анализ регулярных потоков хорошо структурированных сообщений и их классификация, предоставление отчетов по оперативной обстановке на

различные уровни принятия решения в интересах получения целостной картины объективно складывающейся обстановки;

- ведение и поддержание в актуальном состоянии базы данных (БД) объектов электроэнергетики ПС и ЛЭП – подстанций и линий электропередач - в соответствии с согласованным информационным профилем оборудования с соответствующим реестром атрибутов;
- ведение БД субъектов деятельности на основе задаче-ориентированного классификатора субъектов деятельности в интересах принятия решения и организации деятельности пользователей СППР;
- создание, хранение, развитие и непосредственное использование в практической деятельности БД терминов, синтаксических правил, типовых словосочетаний и правил автосинтаксиса для ведения оперативных журналов ЦУЭ;
- визуализация и структурированное описание схем электрических соединений ПС и ЛЭП;
- проектирование, разработка и визуализация моделей организации деятельности предприятия и принятия решения, с возможностью последующей их конвертации в объекты БД;
- организация деятельности персонала ЦУЭ посредством автоматизации процесса ведения оперативных журналов членов рабочей группы ЦУЭ;
- отображение геоинформационных данных посредством взаимодействия с региональным узлом ГИС (геоинформационной системы), установленным в ЦУЭ;
- ведение БД по оборудованию, находящемуся в аварийном резерве в Сочинском регионе;
- мониторинг передвижения оперативно-выездных бригад (ОВБ) и ремонтных бригад с использованием мобильных систем и отображением на карте в режиме реального времени;
- мониторинг производственного автотранспорта с использованием мобильных систем и отображением на карте в режиме реального времени;
- интеграция всех систем, обмен информацией о возникновении нештатных ситуаций, аварийных отключений независимо от природы ее возникновения.

3 СППР центра управления электроснабжением: архитектура

Архитектура СППР является сетевой распределенной. Выделяется серверная и клиентская часть комплекса. Серверная часть отвечает за хранение всех общих ресурсов и реализацию всей общей прикладной функциональности, а клиентская часть обеспечивает одновременный многопользовательский доступ к ресурсам и функциям сервера для решения частных задач. Клиентская часть системы включает в себя стационарные и переносные автоматизированные рабочие места (АРМ) для локальных пользователей, стационарные АРМ для удаленных пользователей и мобильные АРМ для удаленных пользователей.

В состав системы СППР входят следующие подсистемы.

- 1) *QuaSy*-СППР: Сервер сообщений - подсистема сервера сообщений.
- 2) *QuaSy*-СППР: Мониторинг - подсистема мониторинга обстановки.
- 3) *QuaSy*-СППР: Объекты - подсистема учёта и ведения объектов электроэнергетики.
- 4) *QuaSy*-СППР: Субъекты - подсистема учёта и ведения субъектов деятельности.
- 5) *QuaSy*-СППР: ЯССЭ - подсистема ведения ЯССЭ.
- 6) *QuaSy*-СППР: *ConFrame-Electric* - подсистема разработки, визуализации и поддержания в актуальном состоянии схем электрических соединений, связанных с БД объектов электроэнергетики.
- 7) *QuaSy*-СППР: *ConFrame-BI* - подсистема разработки, визуализации моделей организации деятельности предприятия по задачам.
- 8) *QuaSy*-СППР: ОЖУР ЦУС - подсистема ведения оперативных журналов (ОЖУР) центра управления сетями (ЦУС):

- *QuaSy*-СППР: ОЖУР-ЦУС - для ЦУЭ,
 - *QuaSy*-СППР: ОЖУР-ЦУС - для мобильного ситуационно-аналитического центра (САЦ),
 - *QuaSy*-СППР: ОЖУР-ЦУС - для оперативно-диспетчерской службы (ОДС),
 - *QuaSy*-СППР: ОЖУР-ЦУС - для распределительных сетей (РС),
 - *QuaSy*-СППР: ОЖУР-ЦУС - для основных потребителей электроэнергии (ОПЭ);
- 9) *QuaSy*-СППР: ОЖУР ПС - подсистема ведения ОЖУР ПС;
- 10) *QuaSy*-СППР: ОЖУР ОВБ - подсистема ведения ОЖУР ОВБ;
- 11) *QuaSy*-СППР: МИТЭ - подсистема организации передачи данных (структурированных сообщений) с помощью коммуникаторов оперативного персонала ПС (мобильный индивидуальный терминал энергетика - МИТЭ);
- 12) *QuaSy*-СППР: СИТЭ - подсистема организации передачи данных (структурированных сообщений) с помощью стационарных АРМ оперативного персонала (стационарный индивидуальный терминал энергетика - СИТЭ).

Сервер сообщений предназначен для получения, хранения, отображения и предварительного анализа регулярных потоковых данных поступающих в виде структурированных сообщений (первичной оперативной информации) с мобильных и стационарных АРМ оперативного и диспетчерского персонала, формируемых на основе ЯССЭ.

Поток структурированных сообщений организован на основе ЯССЭ, который является частным случаем языка организации совместной деятельности *LOCA (Language for Organizing Common Activity)*. Следует отметить, что неотъемлемой частью ЯССЭ является строгое использование диспетчерских наименований объектов и оборудования, которые соответственно хранятся в смириванной¹ (СІМ ІЕС) БД. Структурированные сообщения формируются оперативным, оперативно-техническим и административным персоналом с помощью таких инструментов как ОЖУР (ОЖУР-ПС, ОЖУР-ОДГ, ОЖУР-ЦУС, ОЖУР-ЦУЭ). Также для этого могут использоваться СИТЭ и МИТЭ, которыми был оснащен оперативный персонал подстанций, центров управления сетями, оперативных диспетчерских групп и ОВБ. ОЖУР, СИТЭ и МИТЭ организованы в сетевую структуру, которой можно управлять, превращая ее при необходимости в иерархически организованную систему источников потоковой структурированной информации.

4 СППР ЦУЭ: мониторинг нештатных ситуаций

Концепция системно-ситуационного анализа деятельности (ССАД) позволила применить технологию регистрации и визуализации нештатных ситуаций в соответствии с утвержденной типологией во временной динамике. Оперативный персонал и руководство получили своего рода сжатый, наглядный ситуационный отчет. Эпюра нештатной ситуации показана на рисунке 1. Она формируется на любом уровне, начиная с дежурного инженера подстанции и заканчивая оперативным дежурным ЦУЭ или руководителем смены ЦУЭ. Таким образом, процесс оценки ситуации, принятия решения и исполнительских действий итерационно фиксируется системой.

Мультиоконный интерфейс мониторинга сообщений, показанный на рисунке 2, обеспечивает получение, преобразование, анализ и визуализацию регулярных потоков хорошо структурированных сообщений. Оперативный персонал получает комплексную осведомленность и визуализацию обстановки по объектам, субъектам, ситуациям.

¹ Смириванной, значит построенной на основе прикладной онтологической модели СІМ ІЕС (*Common Information Model International Electrotechnical Commission*).

Специально для руководства сетевого комплекса было разработано планшетное приложение с возможностью наглядного представления в стилизованной форме общей и оперативной обстановки в виде иконографической матрицы по всем олимпийским объектам (см. рисунок 3). Для мониторинга обстановки руководству подавалась только наиболее значимая информация. Сообщение о нарушении энергоснабжения того или иного объекта было доступным при нажатии на соответствующий знак. В красном круге показано количество сообщений.

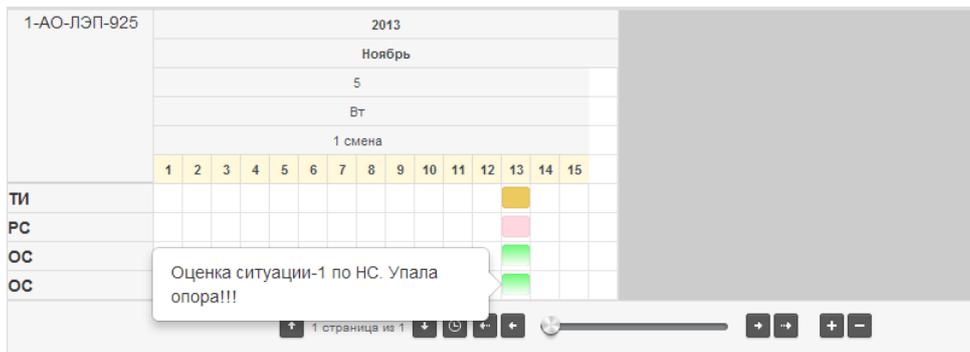


Рисунок 1 - Эпюра нештатной ситуации. Опция ОЖУР-ОД ЦУЭ

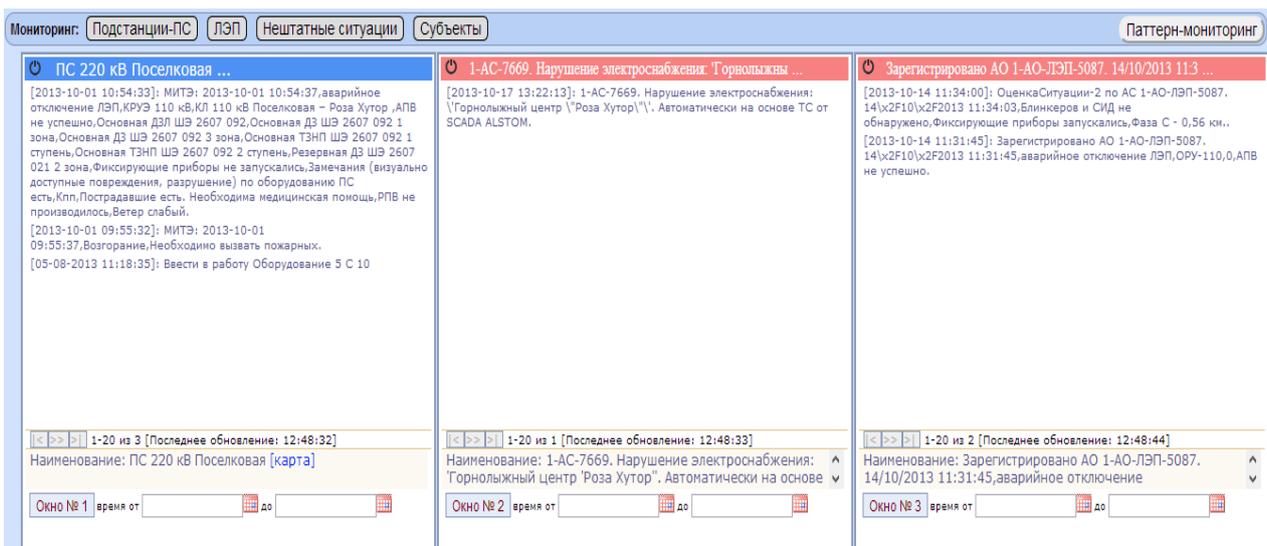


Рисунок 2 - Мультиоконный интерфейс мониторинга сообщений ЦУЭ

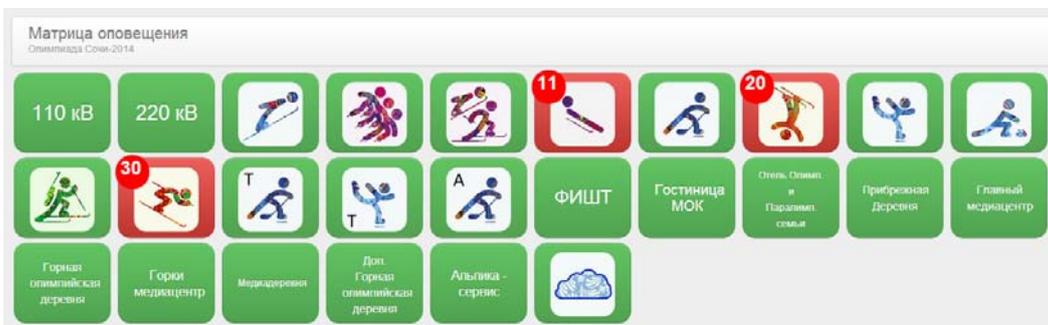


Рисунок 3 - Иконографическая матрица оповещения для руководства

5 СППР ЦУЭ: онтологически ориентированная подсистема учёта и ведения субъектов деятельности

Программное приложение Q: Субъекты состоит из репозитариев, которые взаимодействуют между собой и позволяют использовать БД в интересах обеспечения функционирования всех приложений *QuaSy*-СППР, включая ОЖУР. Структурная схема представлена на рисунке 4.

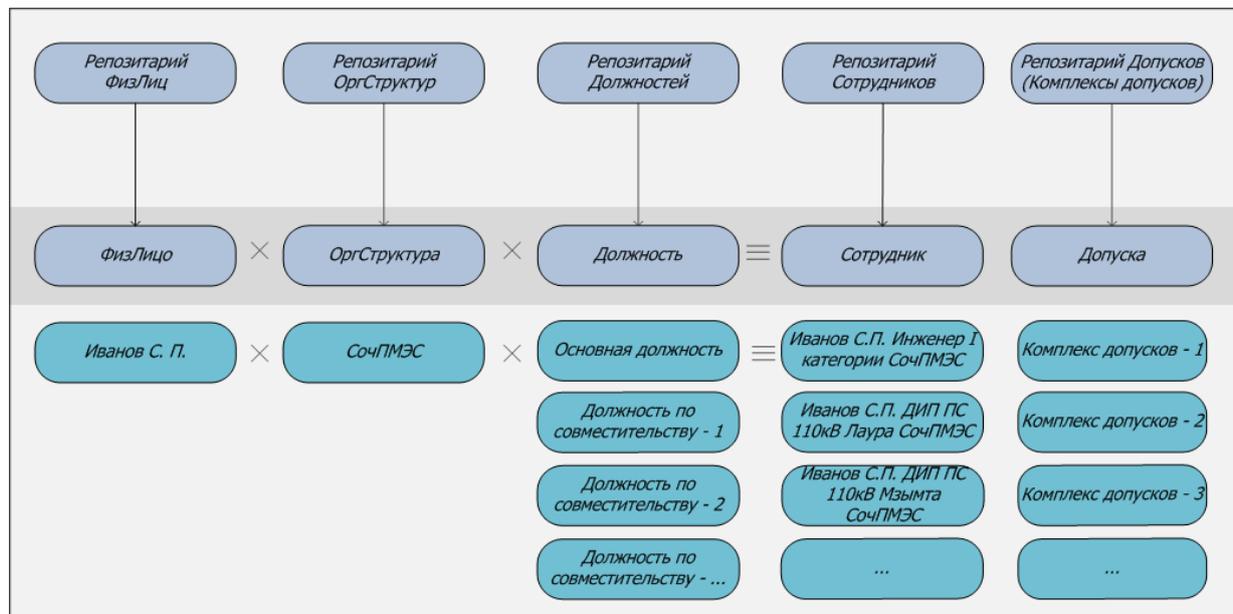


Рисунок 4 - Репозитарии субъектов деятельности

Структура БД учитывает организационную структуру и штатное расписание предприятия-заказчика и состоит из разделов, каждый из которых включает в себя соответствующие листинги (репозитарии). Приложение Q: Субъекты «понимает» взаимосвязи между структурными подразделениями предприятия и использует данную информацию при формировании отчетов, ведении журналов и выполнении прочих действий с другими приложениями *QuaSy*-СППР, обращающимися к данной информации. В режиме реального времени приложение актуализирует информацию об организационной структуре и персонале предприятия. В частности, на рисунке 5 показан экран репозитария организационных структур.

		Q: Субъекты	
[/] > [Федеральная Сетевая Компания]			
		Страница 1 из 1	
<input type="checkbox"/>	#	Наименование	
<input type="checkbox"/>	1	МЭС Волги	
<input type="checkbox"/>	2	МЭС Востока	
<input type="checkbox"/>	3	МЭС Западной Сибири	
<input type="checkbox"/>	4	МЭС Сибири	
<input type="checkbox"/>	5	МЭС ЮГА	
<input type="checkbox"/>	6	МЭС Центра	
<input type="checkbox"/>	7	МЭС Северо-Запада	
<input type="checkbox"/>	8	МЭС Урала	

Рисунок 5 - Репозитарий организационных структур

Войдя в репозиторий «Организационная структура», пользователь, наделённый соответствующими правами, имеет возможность проводить действия по управлению им в соответствии с регламентом, установленным на предприятии. Существуют также репозитории физических лиц и должностей. Репозиторий сотрудников используется для учёта и ведения сотрудников, работающих на предприятии. Для каждого сотрудника предприятия создается уникальная структурированная учётная запись, в которой соединяется информация из репозитория физических лиц и репозитория должностей, а также осуществляется привязка к конкретной организационной структуре предприятия.

Например: Физическое лицо (Иванов И.И) + Должность (директор)+ Оргструктура (Сочинское ПМЭС) = Сотрудник (Директор Сочинского ПМЭС Иванов И.И). Также для каждого сотрудника предусмотрен учет имеющихся у него прав и допусков, которые выбираются из соответствующего репозитория.

6 СППР ЦУЭ: онтологически ориентированные подсистемы учёта и ведения объектов и оборудования

Программное приложение Q: Объекты предназначено для организации и ведения единой унифицированной БД оборудования и объектов электроэнергетики в соответствии с требованиями и стандартами СИМ-модели. Оно рассчитано для использования компаниями и структурами предприятий, осуществляющих эксплуатацию объектов электроэнергетики, и относится к классу систем наследования опыта *QuaSy*.

6.1 Основные функции

- Обеспечивает создание БД ПС, ЛЭП, РУ, присоединений и оборудования в соответствии с требованиями СИМ-модели (IEC 61850, IEC 61970, IEC 61968).
- Обеспечивает ведение и поддержание в актуальном состоянии СИМ-ориентированных (учитывающих требования стандартов IEC 61850, IEC 61970, IEC 61968) БД оборудования и объектов электроэнергетики (ПС, ЛЭП, РУ, присоединений) с реестром атрибутов, необходимых для оперативного и ситуационного управления, моделирования сетей, внедрения EMS- и DMS-приложений, интегрированных с моделлером схем электрических соединений.
- Обеспечивает однозначное именование объектов электроэнергетики и оборудования, в соответствии с действующими методическими указаниями, нормативно-технической документацией и регламентирующими документами.
- Обеспечивает возможность актуализации БД-объектов электроэнергетики и оборудования в режиме реального времени силами оперативного и технического персонала предприятий.
- Позволяет осуществлять семантическую интеграцию с любыми внешними системами.
- Является единым унифицированным источником информации о состоянии нетелемеханизированной коммутационной аппаратуры.
- Позволяет организовать единую унифицированную БД телеметрии, связанную с семантическими идентификатором оборудования, хранить профиль телеметрии и восстанавливать его при необходимости, в случае возникновения аварийной ситуации.

6.2 Особенности

- Является удобным инструментом для работы оперативного и технического персонала предприятий.

- Позволяет получать значительный объем информации, необходимой для организации производственной деятельности.
- Позволяет накапливать сведения о ремонтах, профилактических осмотрах, текущем состоянии оборудования, производить учёт коммутационного ресурса оборудования.
- С помощью федератора данных² [9] обеспечивает семантическую интеграцию с любыми другими внешними системами (SCADA-системы, системы управления активами).
- Генератор семантических идентификаторов ID оборудования позволяет генерировать ID, с ограниченным числом разрядов, необходимых для семантической интеграции.

6.3 Структура

Структура БД выполнена в соответствии с требованиями и стандартами CIM-модели, и состоит из уровней, каждый из которых включает в себя соответствующие листинги. Листинг - перечень структурированных учетных записей в виде конфигурационных файлов для всех объектов данного уровня.

Конфигурационный файл объекта электроэнергетики - хорошо структурированное описание объекта электроэнергетики, в основе которого лежит соответствующий классификатор, построенный на основе CIM-модели и содержащий в себе перечень необходимых атрибутов, которые используются при решении различных задач в области электроэнергетики, преимущественно в области оперативно-технологического управления, технического обслуживания, ремонта и т.д. (см. рисунок 6). Многие производители оборудования для предприятий электроэнергетики не придерживаются четкого стандарта и отражают в паспортных данных оборудования информацию, которая не имеет единой для всех производителей данного вида оборудования структуры и классификации. Поэтому в конфигурационных файлах объектов электроэнергетики присутствует только та информация, которая необходима для решения конкретных функциональных задач в соответствующих областях.

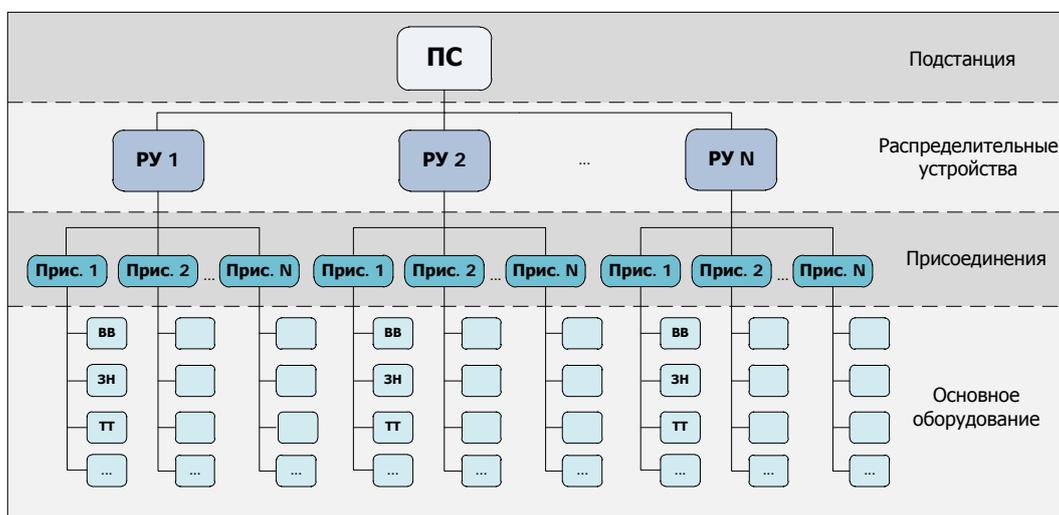


Рисунок 6 - Структура БД Q: Объекты

² Есть такое понятие как системная интеграция, которое по определению базируется сугубо на технологических методах и приемах. Например, SOA. При этом полностью или частично игнорируется понимание необходимости семантической интеграции данных. Поэтому механическая или чисто техническая интеграция двух и, тем более, нескольких информационных систем привела к значительным проблемам и затратам ресурсов в мировой IT. Альтернативу предложили онтологи. Параллельно, вместо и вместе с системной интеграции предложено использовать семантическую интеграцию данных, которая строго базируется на онтологических моделях. Поэтому для выделения нового подхода был предложен и новый термин «data federator» - федератор данных.

В значительной степени конфигурационные файлы объектов электроэнергетики опираются на паспортные данные оборудования и объектов, но они отличаются от паспортов, т.к. не содержат избыточных данных, предназначенных для решения непрофильных задач, и позволяют оперативному и техническому персоналу предприятия-заказчика самостоятельно, в режиме реального времени актуализировать информацию.

Пример того, как выглядит структурирование данных при формировании конфигурационного файла подстанции, показан на рисунке 7.

Рисунок 7 - Конфигурационный файл подстанции

ConFrame-Electric³ – инструмент визуализации и поддержания в актуальном состоянии схем электрических соединений, связанных с БД объектов электроэнергетики. Является графическим инструментом для моделирования схем электрических соединений электроэнергетических систем. Обеспечивает визуализацию и структурированное описание однолинейных схем электрических соединений подстанций. Позволяет разрабатывать и вести БД схем электрических соединений, распределительных устройств, присоединений и составляющих их элементов, включая описание необходимых атрибутов, а также связывать схемы электрических соединений и их элементы с соответствующими объектами БД, отображающими их структурированное описание. Является Web-ориентированным средством, позволяющим как проводить его интеграцию в любое Web-приложение, так и использовать в качестве отдель-

³ «ConFrame» - торговая марка активно применяемого семейства разрабатываемых программных продуктов. Полностью читается как *Conceptual Framework* - концептуальная структура, рамка, фрейм, каркас.

ного самостоятельного приложения. В качестве примера на рисунке 8 представлена нормальная схема электрических соединений ПС 110 кВ «Кудепста», выполненная средствами ConFrame-Electric.

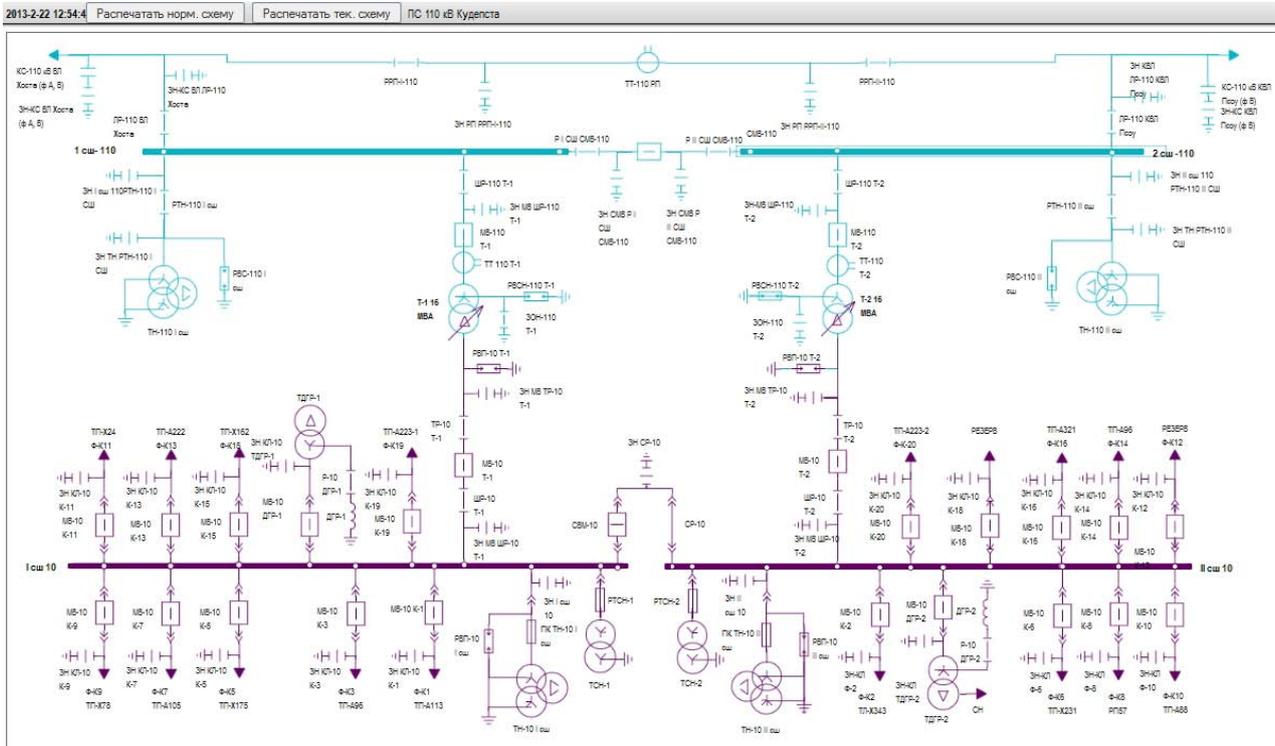


Рисунок 8 - Нормальная схема электрической соединений ПС 110 кВ «Кудепста»

ConFrame-VI – графический инструмент для проектирования, разработки и визуализации моделей организации деятельности предприятия и принятия решения ЛПР с возможностью последующей их конвертации в объекты БД. Включает средства для разработки классификаторов и таксономий, мереотопологических деревьев задач⁴, описания моделей организации деятельности. Используется для визуализации и структурированного описания моделей деятельности предприятий и принятия решения с помощью средств ConFrame. Позволяет разрабатывать классификаторы, таксономии для субъектов и объектов делового оборота, строить мереотопологические деревья задач, структурировать отношения делового оборота, связывать их с соответствующими БД. Предоставляет возможность строить и визуализировать модели организации деятельности предприятия по задачам, создавать и описывать хорошо структурированные модели инфраструктурного пространства и тайминга. Является Web-ориентированным средством, позволяющим как проводить его интеграцию в любое Web-приложение, так и использовать в качестве отдельного самостоятельного приложения.

⁴ Мереотопология начинается с теорий Уайтхеда (A.N. Whitehead), который развил теорию взаимоотношений «часть-целое», связав ее с топологическими понятиями типа смежности (примыкания) и связи. В формальную онтологию термин мереотопология впервые был введен Барри Смитом (Barry Smith) в 1996 г. Мереотопология рассматривается им как формальная теория, объединяющая в себе мереологию (учение о частях и целом) и топологию (отношения между частями и целым).

Мереотопологическое дерево задач (Mereotopological Task Tree - MTT) - это единая, органически целостная трехмерная гетерогенная архитектура (структура) задач предприятия, отражающая их вертикально и горизонтально ориентированное упорядочивание, а также все возможные онтологически значимые отношения между задачами. Кроме того, мереотопологическое дерево задач рассматривается нами как разновидность определенного топологического пространства. Топологическое пространство - это своего рода обобщение понятия геометрической фигуры, в котором мы отвлекаемся от свойств наподобие размера или точного положения частей фигуры в пространстве и сосредотачиваемся только на взаимном расположении частей.

7 СППР ЦУЭ: задаче-ориентированные оперативные электронные журналы семейства ОЖУР

ОЖУР ЦУС – подсистема ведения оперативных журналов центра управления сетями.

Журналы ОЖУР построены в соответствии с задаче-ориентированным подходом и предназначены для организации деятельности персонала. При этом сокращается время передачи и получения информации, происходит минимизация ошибок персонала, появляется возможность для осуществления контроля за ситуацией на ПС и ЛЭП, входящих в зону ответственности ЦУЭ путем организации обмена регулярными потоковыми данными между оперативными журналами всех уровней в режиме реального времени, а также формирования отчетов, необходимых при принятии решения.

В основу ОЖУР-ЦУС положена структура решаемых задач, как в рабочем режиме, так и в аварийных ситуациях. Каждая запись, попадающая в ОЖУР-ЦУС, структурируется по задачам, решаемым оперативным персоналом, субъектам и объектам делового оборота. Для каждой отдельной задачи разработана своя проформа структурированной учетной записи, позволяющая регистрировать конкретные события и ситуации в соответствии с определенной типологией задач. ОЖУР-ЦУС позволяет фиксировать действия оперативной дежурной смены в виде записей, контролировать состояние объекта и выполнять другие функции, имеющие отношение к работе оперативной дежурной смены ЦУЭ. Выдержка текущих записей, ведущихся в оперативном электронном журнале дежурного электромонтера подстанции ПС 110 кВ «Изумрудная» с соответствующими отметками о квитировании полученных сообщений представлена на рисунке 9.

Дата записи	Дата события	От кого	Кому	Задача	Содержание	Визы, замечания руководящего персонала	О	П	В
05/11/2013 11:18:09	05/11/2013 08:49:33	Гуляев А. А. (Электромонтер по обслуживанию подстанций 6 разряда ПС 110 кВ Изумрудная)	ОДС Кубанского РДУ Минкевич Н. П. (Ст. ДД ОДС)	Рабочий режим • Учет опер. переговоров • Рапорты • Отданные	Рапорт с ПС 110 кВ Изумрудная. - по телефону -		✓	✓	✓
05/11/2013 11:16:01	05/11/2013 08:47:04	Гуляев А. А. (Электромонтер по обслуживанию подстанций 6 разряда ПС 110 кВ Изумрудная)	Имеретинская ОДГ ЦУС Шинкаренко Е. Н. (Руководитель Имеретинской ОДГ ЦУС)	Рабочий режим • Учет опер. переговоров • Рапорты • Отданные	Рапорт с ПС 110 кВ Изумрудная. - по телефону -		✓	✓	✓
05/11/2013 11:13:16	02/11/2013 12:08:22	Служба подстанций Молчанов А. В. (Электромонтер по обслуживанию подстанций 6 разряда ПС 110 кВ Изумрудная)		Рабочий режим • Учет работ по нарядам и распоряжениям • Учет по нарядам-допускам	Наряд-допуск №91. Вид допуска: Первичный. Производитель работ: Ключников Н.А.. Ответственный руководитель работ не назначается. Место проведения работ: Каб. полугтаж. Количественный состав бригады: 7. Поручается: Прокладка кабелей вновь монтируемых КЛ-10кВ, гидроизоляция кабельных вводов в кабельных приемках. Наряд-допуск прикрыт 2013-11-02 18:30:13. Наряд-допуск возобновлен 05/11/2013 11:12:59. Наряд-допуск завершен 2013-11-02 18:30:13.		✓	✓	✓
05/11/2013 11:12:59	02/11/2013 12:08:22	Служба подстанций Молчанов А. В. (Электромонтер по обслуживанию подстанций 6 разряда ПС 110 кВ Изумрудная)		Рабочий режим • Учет работ по нарядам и распоряжениям • Учет по нарядам-допускам	Наряд-допуск №91. Вид допуска: Первичный. Производитель работ: Ключников Н.А.. Ответственный руководитель работ не назначается. Место проведения работ: Каб. полугтаж. Количественный состав бригады: 7. Поручается: Прокладка кабелей вновь монтируемых КЛ-10кВ, гидроизоляция кабельных вводов в кабельных приемках. Наряд-допуск прикрыт 2013-11-02 18:30:13.		✓	✓	✓
05/11/2013	05/11/2013	Гуляев А. А. (Электромонтер по обслуживанию подстанций 6 разряда ПС 110 кВ Изумрудная)	Центр управления сетями	Рабочий режим • Учет опер. переговоров •	Рапорт с ПС 110 кВ Изумрудная.		✓	✓	✓

Рисунок 9 - ОЖУР ПС 110 кВ «Изумрудная»

Подсистема ОЖУР ОВБ построена так же в соответствии с задаче-ориентированным подходом и предназначена для организации деятельности оперативного персонала ОВБ, своевременного предоставления критически важной для организации контроля за ситуацией на объектах распределительной сети путем организации обмена регулярными потоковыми данными между оперативными журналами ОВБ и вышестоящего ЦУС в режиме реального времени и формирования соответствующих отчетов.

МИТЭ позволяет организовать передачу данных (структурированных сообщений) с помощью коммуникаторов (планшетов) оперативного персонала ПС. Предоставляет возможность формировать и передавать сообщения с использованием информационных профилей оборудования конкретных ПС или ЛЭП. Сообщения формируются в диалоговом режиме с использованием автосинтаксиса в соответствии с определенным алгоритмом.

8 СППР ЦУЭ: визуализация и использование геоинформационных систем

СППР позволяет работать с геоинформационными данными. В ГИС СППР могут импортироваться данные из внешних ГИС. Все данные консолидируются и посредством интеграционных сервисов передаются в смежные SCADA-системы. Дополнительно интеграционные сервисы позволяют в оперативном режиме отображать данные, отчеты, схемы из СППР ОСАЦ на географической карте. Так же в подсистему ГИС поступает информация о местоположении ТС и оперативных бригад (см. рисунок 10).

Интерфейс системы СППР позволяет легко перемещаться по карте, на которой доступны все объекты, которые необходимо находить и наблюдать при обеспечении мониторинга общей и оперативной обстановки. На рисунке 11 показан интерфейс выбора наблюдаемого объекта.

Визуализация зон мониторинга показана на рисунке 12. Для обеспечения полной визуализации зон мониторинга возможно вывести на интерфейс СППР как все зоны мониторинга одновременно, так и по отдельности. В зависимости от степени важности, каждая из зон выделяется на карте определенным цветом (правило светофора). Зеленый цвет – менее важно, желтый цвет – важно, красный цвет – наиболее важно.

В зависимости от изменения масштаба, на карте появляются дополнительные объекты. И чем крупнее масштаб, тем более мелкие объекты доступны для мониторинга.

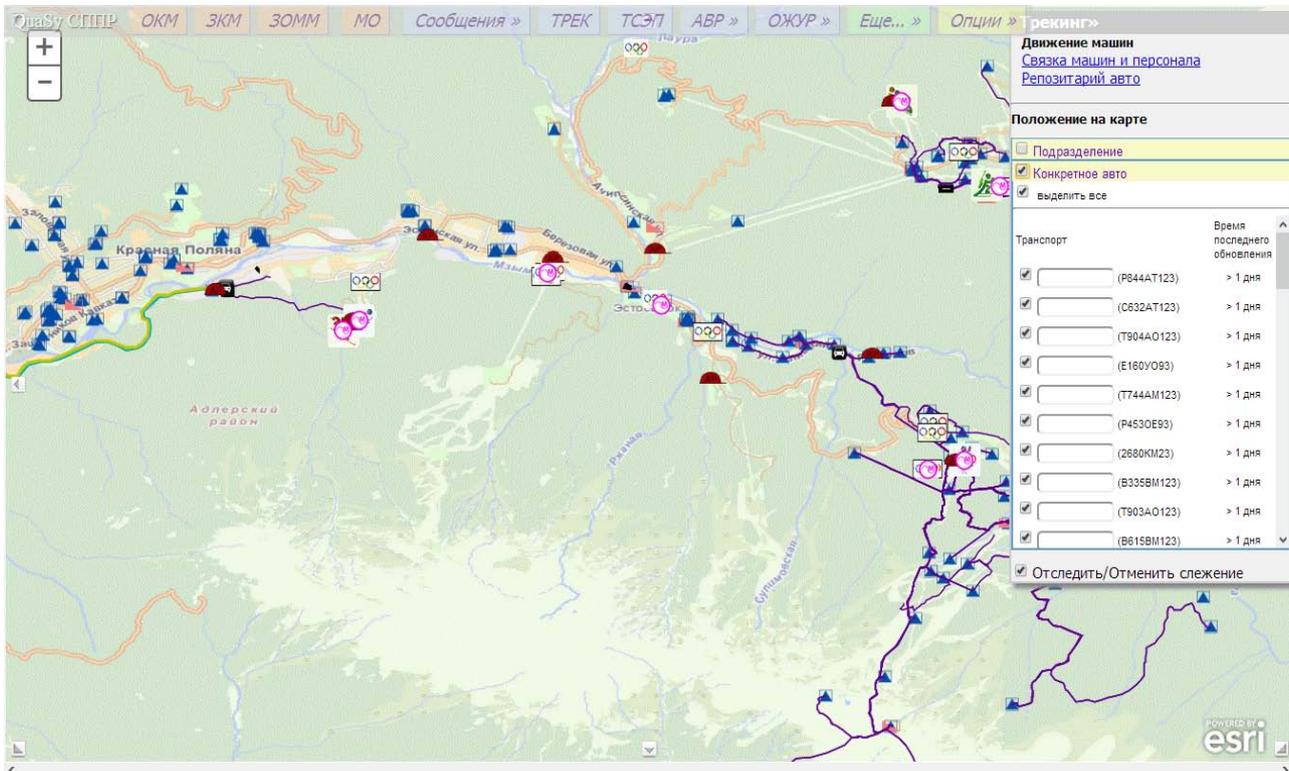


Рисунок 10 - Фрагмент базового интерфейса-карты ЦУЭ. Контроль движения транспортных средств

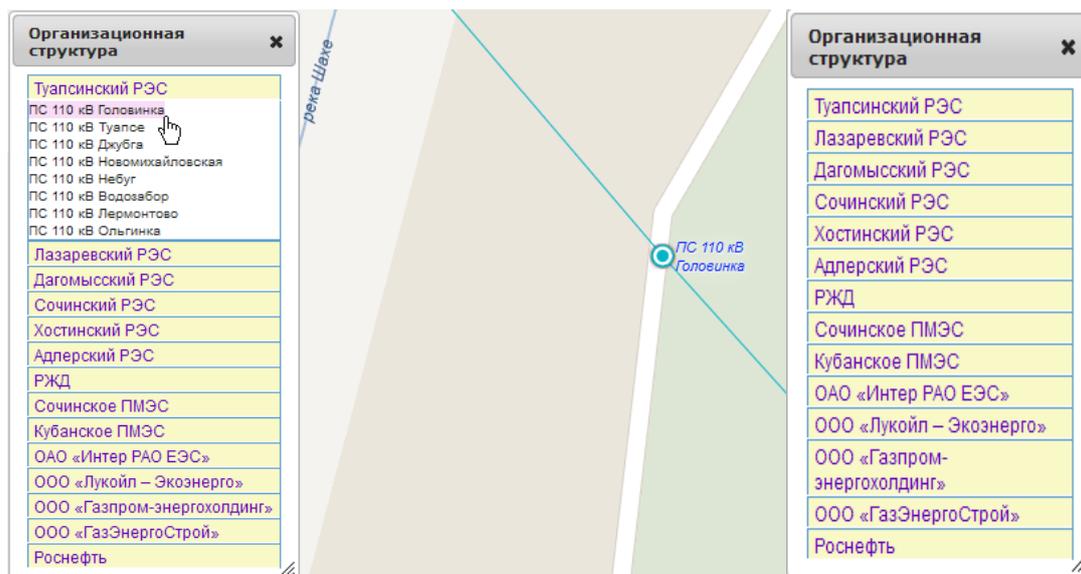


Рисунок 11 - Интерфейс выбора наблюдаемого объекта

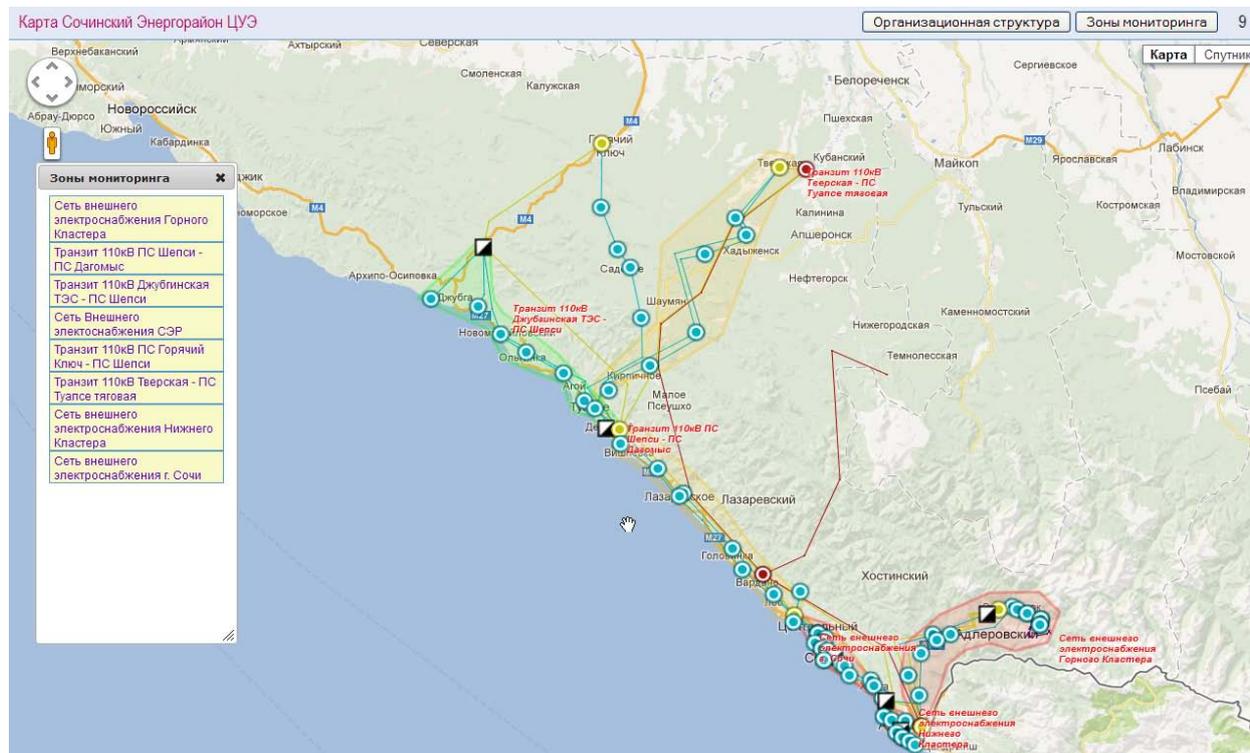


Рисунок 12 - Интерфейс зон мониторинга

9 СППР ЦУЭ: интеграция с системами SCADA

Основная система SCADA обеспечивает мониторинг и отображение схем и электрического режима работы Сочинского энергорайона Кубанской энергосистемы и состояние оборудования (основная SCADA-1). Впервые в практике отечественной электроэнергетики введена в эксплуатацию система SCADA-EMS e-terraplatform производства компании ALSTOM. Данная SCADA-EMS является мировым лидером в разработке и реализации EMS-решений. Следует отметить, что впервые внедрена SCADA-EMS, построенная на базе данных оборуду-

дования в соответствии со стандартами IEC (CIM). Поток обрабатываемой телеметрии строго привязан к БД оборудования и опирается на нее.

Особое внимание оперативного персонала ЦУЭ вызвала технология e-terravision (SA-ситуационная осведомленность). Это первое внедрение данного решения в России, которое, нужно отметить, является инновационным не только для нас, но и для мировой практики.

SCADA-EMS e-terrplatform позволит в перспективе осуществлять функциональное масштабирование и развернуть EMS-приложения любой степени сложности.

В данном проекте впервые была применена инновационная технология дата-инжиниринга для обеспечения функционирования SCADA EMS e-terrplatform. Основой данного инновационного дата-инжиниринга явилось использование единой унифицированной симированной (т.е. построенной на основе CIM-модели – прикладной онтологии) БД оборудования, которая изначально создавалась с помощью таких приложений, как *QuaSy-СППР*: ConFrame-Electric 2.0, ConFrame-Electric Federator и *QuaSy-Объекты*. Данный подход позволил сократить время на дата-инжиниринг и значительно уменьшить количество ошибок.

Резервная SCADA Syndis была поставлена компанией ООО НПП «Микроника». При этом впервые использовался такой инновационный инструмент, как виртуальный концентратор (центр приема-передачи сообщений), который позволил программным путем организовать поток телеметрии. Также была осуществлена интеграция резервной SCADA и СППР. Резервная система обеспечивает мониторинг и отображение схем и режимов работы Сочинского энергорайона Кубанской энергосистемы и состояние оборудования.

В проекте ЦУЭ впервые была применена технология семантической интеграции между SCADA-EMS e-terrplatform и *QuaSy-СППР* за счет использования такого инструмента, как *QuaSy ConFrame-Electric Federator*. Семантическая интеграция осуществлялась с помощью генератора семантических ID для всего оборудования, а также для всего потока телеметрии. Таким образом, каждый телесигнал и телеизмерение имели не только адрес, но и семантический ID. Для интеграции с SCADA Syndis использовались только внутренние ID самой системы. При ручном управлении коммутационной аппаратурой соответствующие телесигналы поступали из СППР в основную и резервную системы SCADA, как из единого источника. С другой стороны, телесигналы, сформированные в основной и резервной SCADA-системах, поступают для анализа в СППР. На рисунке 13 показан рабочий интерфейс оперативного дежурного ЦУЭ, на котором отчетливо видно, как телеинформация поступает от SCADA Alstom и SCADA Syndis.

Дата записи	Дата события	От кого	Кому	Задача	Содержание	Визы, замечания руководящего персонала	О	Отобраз. в ЗОММ
05/11/2013 14:40:47	05/11/2013 14:40:47			Рабочий режим - Учёт переключений	Телеинформация от резервной склады (SYNDIS). На подстанции ПС 220 кВ Псоу зарегистрировано переключение оборудования В 110 Куделста в положение включено (нормальное состояние - включено)		✓	
05/11/2013 14:40:47	05/11/2013 14:40:47			Рабочий режим - Учёт переключений	Телеинформация от основной склады (ALSTOM). На подстанции ПС 220 кВ Псоу зарегистрировано переключение оборудования В 110 Куделста в положение включено (нормальное состояние - включено)		✓	
05/11/2013 14:39:27	05/11/2013 14:39:27			Рабочий режим - Учёт переключений	Телеинформация от основной склады (ALSTOM). На подстанции ПС 220 кВ Псоу зарегистрировано переключение оборудования В 110 Куделста в положение отключено (нормальное состояние - включено)		✓	
05/11/2013 14:39:26	05/11/2013 14:39:26			Рабочий режим - Учёт переключений	Телеинформация от резервной склады (SYNDIS). На подстанции ПС 220 кВ Псоу зарегистрировано переключение оборудования В 110 Куделста в положение отключено (нормальное состояние - включено)		✓	

Рисунок 13 - Интерфейс ОЖУР-ОД ЦУЭ; интеграция СППР, SCADA Alstom и SCADA Syndis

Заключение

Перефразируя мысль Бориса Пастернака о поэзии, можно сказать, что онтология - это та величайшая из вершин, которая валяется у нас в ногах, в траве, и нужно только нагнуться, чтобы поднять ее. Сила и нищета онтологии проявляется в конкретных прикладных проектах, и чем сложнее проект, тем больше она оказывается востребованной. Не случайно Марио Бунге в качестве синонима онтологии использовал словосочетание «фурнитура мира» («*The Furniture of the World*») [10]. Энергетика это та область, где необходимость онтологического моделирования является более чем очевидной. Фурнитура мира энергетики - это и тематика построения единого федерального регистра объектов энергетики, где есть не только выверенные диспетчерские наименования, но и предложена сама технология именования с опорой на автогенерацию семантических идентификаторов энергообъектов, и также вопросы разработки задаче-ориентированных классификаторов и таксономий для оборудования подстанций и линий электропередач, и многие другие проблемы. Представленный в данной статье наш скромный опыт является лишь одной из попыток подойти к решению этих проблем, но мы прекрасно понимаем, что это только начало пути.

Список источников

- [1] **Шведин, Б.Я.** Онтология предприятия: экспириентологический подход. Технология построения онтологической модели предприятия / Б.Я. Шведин. - М.: Ленанд. 2010. – 240 с.
- [2] **Шведин, Б.Я.** Исчезает ли опыт? / Б.Я. Шведин // Морской сборник. - 1989. - №8. - С. 26-29.
- [3] **Бадалов, А.Ю.** Разработка системы передачи информации о состоянии энергетических объектов с использованием оперативного журнала энергообъекта / А.Ю. Бадалов, Д.Б. Гвоздев, В.Л. Пельмский, Б.Я. Шведин // Электрические станции. – 2013. - №3. - С. 37-43.
- [4] IEC CIM 61970 - http://webstore.iec.ch/Webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/49080
- [5] **Шведин, Б.Я.** Онтология проектирования – Terra Ingontito? / Б.Я. Шведин // Онтология проектирования. - 2011. - №1(2). - С. 9-21.
- [6] **Боргест, Н.М.** Онтология проектирования: теоретические основы. Часть 1. Понятия и принципы: Учебное пособие / Н.М. Боргест. - Самара: Изд-во Самар. Гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 86 с.
- [7] **Боргест, Н.М.** Научный базис онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. - 2013. - №1(7). – С. 7-25.
- [8] **Боргест, Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. - 2013. - №3(9). – С. 9-31.
- [9] **Gibaud, V.** Toward ontology-based federated systems for sharing medical images: lessons from the NeuroLOG experience / V. Gibaud // iDASH Imaging Informatics Workshop (September 29, 2012, La Jolla, CA, USA). - http://idash.ucsd.edu/sites/default/files/uploads/Gibaud_iDASH_2012.pdf
- [10] **Bunge, M.** Treatise on Basic Philosophy: 8 volumes in 9 parts: III: The Furniture of the World / M. Bunge. - Dordrecht: Reidel, 1977. – 352 p.

ONTOLOGICAL MODELS FOR CONTROL SYSTEMS OF POWER SUPPLY OF OLYMPIC FACILITIES IN SOCHI

Eugene Melnik¹, Andrey Badalov¹, Boris Shvedin¹, Dmitry Gvozdev², Leonid Buzaev³

¹CJSC «Russian Telecom Equipment Company» (RTEC) «Rostec Corporation», Moscow, Russia

²Situationally-analytical center of JSC «Rosseti», Moscow, Russia

³Situationally-analytical center of JSC «FGC UES», Moscow, Russia

bshvedin@dunrose.ru

Abstract

The article reviews methods and technologies of ontological modeling applied to the design and implementation of Sochi center of energy management information systems (TSUE), that was created to ensure reliable operation of the

Olympic and infrastructure facilities. The necessity of the ontological approach in solving such a big task in a relatively short period of time is shown. For the first time in TSUE history the task of technological integration of multiple heterogeneous systems, including transmission networks, distribution networks, as well as the generator and traction substations of the Russian Railways and the facilities of the local grid organizations. The ontological model BEOM was used as a basis for creation of specific ontological models and solutions.

Key words: *QuaSy DSS, ontology of designing, enterprise ontology, ontological model of enterprise BEOM, corporate ontology repository, SCADA, TSUE*

References

- [1] *Shvedin, B. Y.* Ontologiya predpriyatiya: ehkspirientologicheskij podkhod. Tekhnologiya postroeniya ontologicheskoy modeli predpriyatiya [Ontology of an enterprise: experienceintological approach. Technology of creation of an ontological model of an enterprise] / B.Y. Shvedin.- Moscow: Lenand publ. 2010. - 240 p. (In Russian).
- [2] *Shvedin, B. Y.* Ischezaet li opyt? [Does the experience disappear?] / B.Y. Shvedin.- Morskoy sbornik [Marine collection], 1989, Issue 8, pp. 26-29 (In Russian).
- [3] *Badalov, A.Y.* Razrabotka sistemy peredachi informatsii o sostoyanii ehnergeticheskikh ob"ektov s ispol'zovaniem operativnogo zhurnala ehnergoob'ekta [Development of the information transmission system of the power facilities conditions using the online redo logs of a power] / A.Y. Badalov, D.B.Gvozdev, V.L.Pelymsky, B.Y. Shvedin // Elektricheskie stantsii [electrical stations], 2013, Issue 3, pp. 37-43 (In Russian).
- [4] IEC CIM 61970 http://webstore.iec.ch/Webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/49080.
- [5] *Shvedin, B. Y.* Ontologiya proektirovaniya – Terra Ingontito? [Ontology of designing– Terra Ingontito?] / B.Y. Shvedin // Ontology of designing. Issue 1(2), 2011. - pp. 9-21 (In Russian).
- [6] *Borgest, N.M.* Ontologiya proektirovaniya: teoreticheskie osnovy. CHast' 1. Ponyatiya i printsipy [Ontology of designing: theoretical foundations. Part 1. Concepts and definitions] / Textbook / N.M. Borgest // Samara: Samara airspace university publ., 2010. – 86 p. (In Russian).
- [7] *Borgest, N.M.* Nauchnyj bazis ontologii proektirovaniya [Scientific basis for ontology of designing] / N.M. Borgest // Ontology of designing. – Issue 1(7), 2013. – pp.7-25 (In Russian).
- [8] *Borgest, N.M.* Klyuchevye terminy ontologii proektirovaniya: obzor, analiz, obobshheniya [Key terms of the ontology of designing: review, analysis, synthesis] / N.M. Borgest // Ontology of designing. – Issue 3(9), 2013. – pp. 9-31 (In Russian).
- [9] *Gibaud, B.* Toward ontology-based federated systems for sharing medical images: lessons from the NeuroLOG experience/Bernard Gibaud/iDASH Imaging Informatics Workshop, September 29, 2012, La Jolla (CA). - http://idash.ucsd.edu/sites/default/files/uploads/Gibaud_iDASH_2012.pdf
- [10] *Mario Bunge.* Treatise on Basic Philosophy: 8 volumes in 9 parts: III: The Furniture of the World. Dordrecht: Reidel, 1977.

Сведения об авторах



Мельник Евгений Николаевич, 1963 г. рождения. Окончил Московский институт электронной техники. Президент ЗАО «Российская корпорация средств связи», член Комитета по стратегии ОАО «Россети». Лауреат государственной премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2004 г. По результатам проведения XXII Олимпийских и XI Паралимпийских игр награжден Почетной грамотой Минэнерго РФ за обеспечение устойчивого энергоснабжения олимпийских спортивных объектов Сочи-2014. Является соавтором более 10 патентов и изобретений. Имеет более 15 публикаций в научных изданиях.

Eugene Melnyk. (b.1963) Graduated from the Moscow Institute of Electronic Technology. He is the president of JSC «Russian Corporation of communication». Is a member of the Strategy Committee of JSC «Rosseti». Laureate of the State Prize of the Russian Federation in the field of science and technology for 2004. On the results of the XXII Olympic and XI Paralympic Winter Games he was awarded by the Ministry of Energy for sustainable supply of Olympic sports facilities in Sochi in 2014. He is co-author of more than 10 patents and inventions and has more than 15 publications in scientific and professional Russian and foreign journals.



Бадалов Андрей Юрьевич, 1962 г. рождения. В 1984 г. с отличием окончил Московский инженерно-физический институт. Вице-президент, генеральный конструктор ЗАО «Российская корпорация средств связи», член экспертного совета Комитета Государственной Думы РФ по безопасности. По результатам проведения XXII Олимпийских и XI Паралимпийских игр награжден Почетной грамотой Минэнерго РФ за обеспечение устойчивого энергоснабжения олимпийских спортивных объектов Сочи-2014 и нагрудным знаком «За надежную эксплуатацию Олимпийских энергообъектов». Имеет более 30 публикаций в научных и специальных

русских и зарубежных изданиях.

Andrew Badalov (b. 1962) In 1984 graduated from the Moscow Engineering Physics Institute. Vice President, General Designer of JSC «Russian Corporation of communication». He is a member of Expert Council of the State Duma Committee on Security. On the results of the XXII Olympic and XI Paralympic Winter Games he was awarded by the Ministry of Energy for sustainable supply of Olympic sports facilities in Sochi in 2014 with a badge «For reliable operation of Olympic power facilities». He has more than 30 publications in scientific and professional Russian and foreign journals.



Шведин Борис Яковлевич, 1948 г. рождения. Окончил Севастопольское высшее военно-морское инженерное училища (1971) и Военно-политическую академию (1977). Кандидат психологических наук (1983), доцент. Автор системно-ситуативного анализа деятельности, онтологической модели БЕОМ, концепции и технологии создания систем наследования опыта *QuaSy*. Является членом международной ассоциации по онтологиям и их применению (IAOA). По результатам проведения XXII Олимпийских и XI Паралимпийских игр награжден нагрудным знаком ОАО «Россети» «За надежную эксплуатацию Олимпийских энергообъектов». В

настоящее время является заместителем генерального конструктора - главным онтологом ЗАО «Российская корпорация средств связи».

Boris Shvedin (b. 1948) Graduated Nuclear Power Engineering Faculty of Russian Navy University in 1971. In 1977 he obtained the Degree in Military Psychology from Military Academy (Moscow), Ph.D (1983). Played the major role in developing the foundations of Experientology and for more than 20 years conducted the sophisticated researches of the topic. During the past 10 years played the significant role in developing the *QuaSy* IT System and Business Entity Ontological Model (BEOM). On the results of the XXII Olympic and XI Paralympic Winter Games he was awarded with a badge of JSC «Rosseti» «For reliable operation of Olympic power facilities». He is currently the deputy general designer - **chief ontologist** of the JSC «Russian Corporation of Communication».



Гвоздев Дмитрий Борисович, 1974 г. рождения. Окончил Кузбасский государственный технический университет. Кандидат технических наук. Директор САЦ ОАО «Россети». По результатам проведения XXII Олимпийских и XI Паралимпийских игр награжден Почетной грамотой Минэнерго РФ за обеспечение устойчивого энергоснабжения олимпийских спортивных объектов Сочи-2014 и нагрудным знаком «За надежную эксплуатацию Олимпийских энергообъектов».

Dmitry Gvozdev (b.1974). Graduated from Kuzbass State Technical University. Candidate of Technical Sciences. Director of the SAC JSC «Rosseti». On the results of the XXII Olympic and XI Paralympic Winter Games he was awarded by the Min-

istry of Energy for sustainable supply of Olympic sports facilities in Sochi in 2014 and received a badge «For reliable operation of Olympic power facilities».



Бузаев Леонид Владимирович, 1975 г. рождения. Закончил Южно-Уральский Государственный университет в 1992 г. Выпускник Президентской программы подготовки управленческих кадров 2006 г. Руководитель Ситуационно-аналитического центра ОАО «ФСК ЕЭС». Руководил ЦУЭ Сочи в период подготовки и проведения Олимпийских зимних игр 2014 г. По результатам проведения XXII Олимпийских и XI Паралимпийских игр награжден нагрудным знаком ОАО «Россети» «За надежную эксплуатацию Олимпийских энергообъектов».

Leonid Buzaev (b. 1975). He graduated from South Ural State University in 1992. Graduate of Presidential management training program in 2006. Worked in JSC «Urals», JSC «FSK UES». Head of the electrician maintenance of substation equipment of JSC «UES FSK». Supervised the Electricity Control Center of Sochi during the preparation and holding of the Olympic Winter Games of 2014 in Sochi. On the results of the XXII Olympic and XI Paralympic Winter Games he was awarded with the badge of JSC «Rosseti» «For reliable operation of Olympic power facilities».

УДК 001.1

БУДУЩЕЕ УНИВЕРСИТЕТА: ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД. ЧАСТЬ 3: АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ¹

Н.М. Боргест

*Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)*

*Институт проблем управления сложными системами РАН, г. Самара, Россия
borgest@yandex.ru*

Аннотация

В третьей части статьи представлен материал по автоматизации процессов, сопровождающих деятельность университета. Дан краткий обзор работ и используемых программных систем по автоматизации учебного процесса. На основе мультиагентной парадигмы рассмотрены возможности автоматизации многих бизнес-процессов, подробно исследованы процессы набора контингента и распределения выпускников. Предложен организационно-программный механизм автоматического зачисления студентов в университеты России на основе ЕГЭ и листка приоритетов абитуриента. Система менеджмента качества на базе стандарта ISO 9000 рассматривается как первый шаг на пути к автоматизации процессов. Приведены результаты повторного исследования мотивации студентов, обучающихся на инженерных специальностях университетов, проведенного на основе опроса с использованием шкалы Ликерта. Выделены нерешенные и не решаемые проблемы автоматизации в организации процесса трансляции знаний в университете.

Ключевые слова: университет, онтология, автоматизация, набор контингента, ISO 9000, мотивация в образовании.

Введение

Первые части статьи [1, 2] были посвящены истории, сущностям и моделям будущего университета. Онтологический подход к анализу сложной организационной структуры трансляции цивилизационных знаний, каковой является университет, первый и важнейший этап в оценке развития и поиска путей «лучшего» будущего этой системы.

Построенная онтология университета (его концептуальная модель) позволяет описать, а в дальнейшем и формализовать саму предметную область (ПрО) организационной структуры и процессы, происходящей в ней. Цель предлагаемой части статьи о будущем университета - показать формализуемость и возможность автоматизации процессов, ранее решаемых не эффективно и трудозатратно из-за отсутствия онтологического взгляда на проблему.

Для автора представляли также интерес исследования динамики мотивации студентов, важнейшей атрибутивной характеристики, пожалуй, главной онтологической сущности университета. Полученные результаты были сопоставлены с результатами исследования, выполненного в СГАУ два года назад [2]. Поиск способов, влияющих на этот важный атрибут, - одна из сложнейших задач современного университета, выполняющего в большей части социальную, гуманитарную функцию. Ведь по данным профессора Е.А. Солодовой «...примерно 78% успеха обучения зависит от *мотивации к обучению*, и лишь 22% успеха дает вклад способностей человека» [3]. Эти данные хорошо коррелируют с данными выдаю-

¹ Первые две части статьи «Будущее университета: онтологический подход. Часть 1: история, прогноз, модели» и «Часть 2: сущности, мотивация, проектное обучение» опубликованы в номерах журнала № 1(2), 2011 и №1(3), 2012.

щегося психиатра, невропатолога и психолога В.Н. Мясичева, который утверждал, что «...результаты, которых достигает человек в своей жизни, лишь на 20–30% зависят от его интеллекта, а на 70–80% – от мотивов, которые побуждают его определенным образом себя вести» [4].

Применение онтологического подхода способствует выбору моделей, адекватных решаемой задаче. В иерархической системе образования условно можно выделить три уровня моделирования: мегауровень – уровень мировых стратегий образования, макроуровень – уровень образовательных учреждений страны и микроуровень – уровень обучающегося в системе образовательного учреждения [3]. Выбор соответствующей модели зависит от онтологии рассматриваемой Про и решаемых в ней задач.

1 Автоматизация набора контингента

1.1 Онтология задачи

Рассматривая университет с позиций непрерывно работающего бизнес-предприятия, у которого всегда на входе есть «сырьё», а на выходе «готовая продукция», можно заметить, что главным потоком на входе в университет является поток абитуриентов, а на выходе поток выпускников. Ранее и во многом сейчас отбор будущих студентов из потока абитуриентов осуществлял и осуществляется самим университетом на основе сформулированных и утвержденных учредителем правил приёма. Университет рассматривался как вполне самостоятельная единица системы высшего образования страны. Такая схема была бы вполне приемлема, если бы университеты были независимыми субъектами рынка образовательных услуг. Однако, в России, как впрочем и в ряде других стран, приняты государственные стандарты, определяющие требования к выпускникам школ (будущих абитуриентов, а впоследствии студентов) и университетов (будущих специалистов).

Результатом последних модернизационных операций в области оценки знаний выпускников школ явилось повсеместное внедрение единого государственного экзамена (ЕГЭ). При всей проблемности и спорности практической реализации этого акта безусловным достоинством его для рассматриваемого далее алгоритма является попытка объективизации и «обмеривания» важной онтологической сущности – абитуриента. Споры об атрибутах и способах, методах и технологиях получения значений этих атрибутов будут продолжаться еще долго и вряд ли когда-либо закончатся. Но факт существования ЕГЭ позволяет существенно упростить дальнейшую процедуру «справедливого» и организационно эффективного набора контингента в университеты в рамках одной страны. Когда университетские специальности заполняются студентами без организационной суеты в соответствии с взвешенными и продуманными самими будущими студентами предпочтениями.

Теперь можно говорить об онтологической мультиагентности данной задачи [5], т.к. основные сущности: университет со своими специальностями и утвержденными планами набора на них и абитуриент со своими результатами ЕГЭ и определенными им же приоритетами в выборе университета – позволяют не только построить сеть *потребностей* и *возможностей*, но и при заполнении всех значений атрибутов рассматриваемых сущностей запустить матчнинг² по подбору контингента на университетские специальности [5, 6].

В таблицах 1 и 2 представлены основные сущности исследуемой Про в разрезе их атрибутов. Причем атрибуты представлены (классифицированы) в форме *потребностей* и *воз-*

² Matching – поиск взаимного соответствия между потребностями и возможностями агентов, на основании которого принимаются решения о бронировании и освобождения ресурсов.

возможностей этих сущностей. Сам университет, располагая возможностями готовить по определенным специальностям, для своего функционирования и реализации своих задач заинтересован (имеет потребность) в абитуриентах. При этом и абитуриенты, и университетские специальности, сами являясь сущностями ПрО, обладают атрибутами, которые реализуются в форме потребностей и возможностей (таблица 2). Это и результаты ЕГЭ, и план набора на специальность, а также общее количество абитуриентов и всех специальностей в университетах на период проведения приёмной кампании.

Таблица 1 – Атрибуты сущности Университет в форме Потребностей и Возможностей

<i>Сущность</i>	<i>Атрибуты</i>	
	<i>Потребность</i>	<i>Возможность</i>
Университет	Абитуриенты	Специальности

Таблица 2 – Атрибуты сущностей Абитуриент и Специальность в форме Потребностей и Возможностей

<i>Сущность</i>	<i>Атрибуты</i>	
	<i>Потребность</i>	<i>Возможность</i>
Абитуриент	Поступить на специальность Поступить в университет	Результаты ЕГЭ Приоритеты в выборе специальности Приоритеты в выборе университета
Специальность	Осуществить набор	План по набору Порог по ЕГЭ

Важным элементом любой новой технологии является обеспечение организационной и правовой безопасности предлагаемых процедур. Существующие технологии отбора не лишены недостатков, т.к. требуют значительных затрат времени и средств самого абитуриента и вовлеченность приёмных университетских комиссий. Сейчас абитуриентам предлагается либо отправлять заказные письма в приёмные комиссии, либо ехать лично самим и осуществлять действия по идентификации себя и своих предпочтений, на что, естественно, надо тратить и деньги, и время.

В рассматриваемом автоматизированном варианте предлагается использовать школу или то место, где выпускник сдавал экзамены, и применить ту же отработанную систему подтверждения личности, что и при проведении ЕГЭ. При этом выпускнику необходимо до определённого срока, когда уже произведены все пересдачи, и он определился с выбором приоритетов, заполнить и распечатать в двух экземплярах лист учета приоритета абитуриента (ЛПА). Данные ЛПА автоматически заносятся в базу данных (БД) Минобрнауки с пометкой «временный». После подписания ЛПА, заверения его у родителей (или попечителей) и директора школы или специально назначенного ответственного лица, один экземпляр оставляется на хранение в школе, а один у абитуриента. Ответственное лицо, получив оформленный ЛПА, лично изменяет пометку данных абитуриента в БД с «временный» на «действующий». После сбора всех поступивших ЛПА в назначенный срок осуществляется автоматическое распределение абитуриентов по специальностям ВУЗов в соответствии с их баллами ЕГЭ и заявленными желаниями на поступление в соответствующие ВУЗы.

Тем самым выпускники и их родители не тратят средства на поездки по университетам и рассылку заказных писем с многочисленными копиями документов, которые не нужны с точки зрения решаемой задачи. Эти документы понадобятся лишь в том университете, в который абитуриент будет зачислен в качестве студента. Отпадает также необходимость вчерашним школьникам принимать скоропалительные решения в последний день приёмной кампании. Сводится до минимума и работа приёмной комиссии. По сути, она будет выполнять лишь рекламную, презентационную роль и не обрабатывать, и не обеспечивать ответст-

венное хранение большого количества «лишних» документов тех абитуриентов, которые не смогли пройти конкурс или приняли решение поступить в другой университет.

Немаловажно и то, что глядя на опыт Белоруссии, региональный и местный российский опыт [7-13], ВУЗы будут получать себе более подготовленных студентов, с большими баллами. Предлагаемый механизм для фиксации приоритетов абитуриента максимально учитывает уже отработанную систему идентификации выпускника при сдаче ЕГЭ. Можно предположить, что и возможности коррупции, по крайней мере на местах, сведутся к минимуму.

1.2 Реализация пилотной системы

В разработанной пилотной системе реализация описанных выше процедур осуществлена с помощью реляционной СУБД MS Access. Предполагается, что Минобрнауки РФ располагает базой данной (БД) по специальностям ВУЗов и плановыми наборам на них, а также ведет автоматизированный учёт итогов ЕГЭ. Для имитации министерских БД, необходимых для отладки и функционирования алгоритма, были созданы БД «ВУЗы», «Абитуриенты» и «ЕГЭ» (см. рисунки 1-3).

Код ВУЗа	Название	Адрес	Телефон
101	Самарский государственный аэрокосмический университет	443086, г.Самара, Московское шоссе, д.34	(846) 335-335
102	Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики	443010, г.Самара, ул.Льва Толстого, д.23	(846) 339-339
103	Самарский государственный архитектурно-строительный университет	443001, г.Самара, ул.Молодогвардейская, д.194	(846) 242-242
104	Самарский государственный Технический университет ФГБОУ ВПО "СамГТУ"	443100, г.Самара, ул.Молодогвардейская, д.244	(846) 242-242
105	Самарский Государственный Университет (СамГУ)	443011, г.Самара, ул.Академика Павлова, д.1	(846) 334-334

Рисунок 1 – Форма БД «ВУЗы»

Код	Фамилия	Имя	Отчество	Дата рождения
1	Смирнов	Семен	Семенович	01.01.1994
2	Петров	Петр	Петрович	02.01.1994
3	Сидоров	Петр	Сидорович	03.01.1994
4	Васильев	Василий	Васильевич	04.01.1994
5	Гаряев	Александр	Сергеевич	01.01.1994

Рисунок 2 – Форма БД «Абитуриенты»

Для каждого ВУЗа в БД указываются специальности и планируемые бюджетные места на каждую специальность (см. рисунок 4), а для каждой специальности ВУЗов указывается предмет из ЕГЭ, который необходим для поступления на ту или иную специальность. Связь кодов этих атрибутов осуществляется в форме, показанной на рисунке 5.

Код ЕГЭ	ЕГЭ
1	Русский язык
2	Математика
3	Физика
4	Химия
5	Информатика и ИКТ

Рисунок 3 – Форма БД «ЕГЭ»

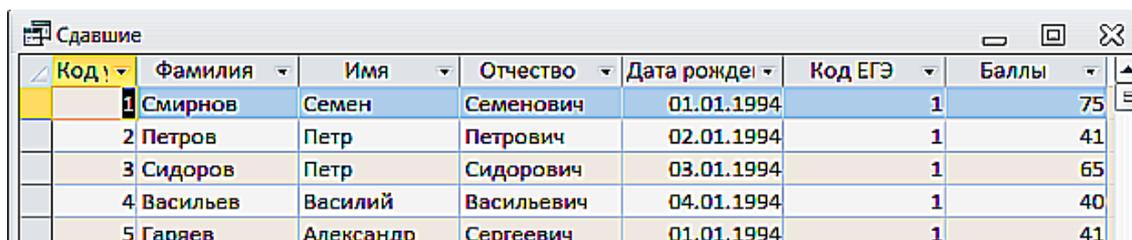
Код ВУЗа	Код специальнс	Специальность	Факультет	Количество мест
101	010300	Фундаментальные информатика и информ	Факультет информатики (№6)	10
101	035000	Издательское дело	Институт печати (ИП)	10
101	080100	Экономика	Факультет экономики и управле	15
101	080200	Менеджмент	Факультет экономики и управле	10
101	080500	Бизнес-информатика	Факультет экономики и управле	20

Рисунок 4 – Форма «Специальности ВУЗов»

Код ЕГЭ	Код ВУЗа	Код Специальности
1	101	010300
2	101	010300
3	101	010300
*	101	010300

Рисунок 5 – Форма связи таблиц по кодам ЕГЭ, ВУЗа и специальности

После сдачи выпускниками ЕГЭ происходит заполнение таблицы «Результаты ЕГЭ», которая связывается с БД «Абитуриенты» и «ЕГЭ». Затем осуществляется отбор в отдельный список выпускников, которые набрали необходимый проходной минимум, устанавливаемый Минобрнауки. Для этого в поле условия в графе Баллы ЕГЭ (рисунок 6) указывается ≥ 20 , тем самым создается список выпускников, набравших достаточное количество баллов для получения аттестата. Именно эти выпускники могут в дальнейшем участвовать в матчинге, конкурсе на поступление в университет.



Код	Фамилия	Имя	Отчество	Дата рожде	Код ЕГЭ	Баллы
1	Смирнов	Семен	Семенович	01.01.1994	1	75
2	Петров	Петр	Петрович	02.01.1994	1	41
3	Сидоров	Петр	Сидорович	03.01.1994	1	65
4	Васильев	Василий	Васильевич	04.01.1994	1	40
5	Гаряев	Александр	Сергеевич	01.01.1994	1	41

Рисунок 6 – Список выпускников школ, получивших аттестат и допущенных к участию в конкурсе

Главное меню системы создано в виде «Главной кнопочной формы» (рисунок 7). Выпускник, сдавший экзамены, может самостоятельно зайти на «Страницу абитуриента», где внесет требуемые данные. Если абитуриент не зарегистрирован, необходимо выполнить операции по регистрации, внося свою фамилию, имя, отчество, дату рождения, номер паспорта. Код участника присваивается автоматически. Для дальнейшей работы с формами необходима идентификация абитуриента, чтобы работать только со своими данными. Начальным паролем является фамилия и номер паспорта.

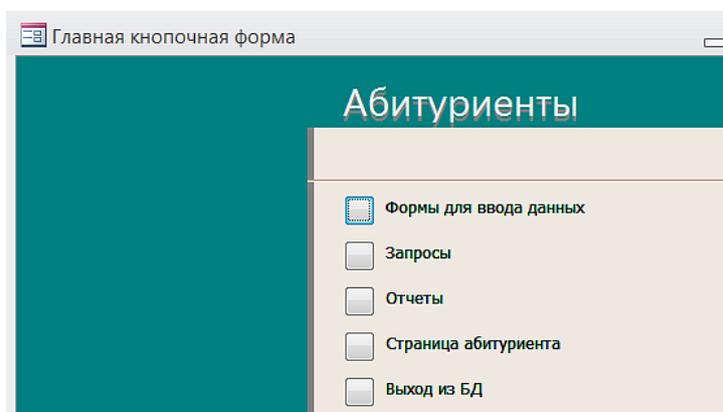


Рисунок 7 – Главное меню системы

Абитуриент имеет возможность внести свои предпочтения по пяти ВУЗам и по трём специальностям в каждом из них, указав приоритет поступления (см. пример на рисунке 8). Пример печатной формы ЛПА приведен на рисунке 9.

1.3 Модельный пример

В качестве модельного примера рассмотрен матчинг, в котором «участвовали» данные около 2000 выпускников школ со своими данными по ЕГЭ, 7 университетов со своими 40 специальностями и планами набора на них. Автоматизированный анализ введенных данных показал, что из 2000 выпускников школ допущено к участию в наборе 1728 абитуриентов. Всего в 7 ВУЗах было 525 плановых мест, которые после проведенного матчинга были пол-

ностью заполнены. Оказалось, что 525 зачисленных студентов следующим образом смогли удовлетворить свои обозначенные в ЛПА приоритеты: по 1-му приоритету были зачислены 325 студентов, по 2-му – 141, по 3-му – 71 и по 4-му – 8 студентов. Остальные абитуриенты оказались без мест в данных ВУЗах [5].

Лист приоритета абитуриентов

Код участника:
 Фамилия:
 Имя:
 Отчество:
 Дата рождения:

Код	Название	Код спе	Специальность	Приоритет
103	Самарский государственный архите	010900	Прикладные математика и	1
106	Самарский Государственный Эконо	022000	Экология и природо-пользо	2
105	Самарский Государственный Униве	030300	Психология	3
102	Поволжский государственный униве	031300	Журналистика (Журналисти	4
101	Самарский государственный аэроко	035000	Издательское дело	5
101	Самарский государственный аэроко	080100	Экономика	6
102	Поволжский государственный униве	080500	Бизнес-информатика (Элек	7
101	Самарский государственный аэроко	160700	Двигатели летательных апп	8
102	Поволжский государственный униве	200700	Фотоника и оптоинформати	9

Рисунок 8 – Лист приоритета абитуриентов

Лист приоритета абитуриента

Код участника	Персональные данные	Приоритет						
3 /	<p>Сидоров Петр Сидорович</p> <p>03.01.1994 г. рождения</p>	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Результаты ЕГЭ</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">1 Русский язык</td> <td style="text-align: right;">65</td> </tr> <tr> <td>2 Математика</td> <td style="text-align: right;">58</td> </tr> <tr> <td>3 Физика</td> <td style="text-align: right;">55</td> </tr> </table> </div>	1 Русский язык	65	2 Математика	58	3 Физика	55
1 Русский язык	65							
2 Математика	58							
3 Физика	55							
101 Самарский государственный аэрокосмический университет								
090303	Информационная безопасность автоматизированных систем	1						
101 Самарский государственный аэрокосмический университет								
150700	Машиностроение	2						
102 Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики (ПУТИ)								
080500	Бизнес-информатика (Электронный бизнес)	3						
Подпись абитуриента _____		Подпись директора _____						
Подпись родителей _____		М.П.						

Рисунок 9 – Пример печатной формы ЛПА

2 «Автоматизация» распределения выпускников

Рассмотренный выше пример автоматического набора контингента в университеты страны можно было бы применить и к глобальному распределению выпускников университетов, если бы, с одной стороны, была такая же возможность «взвесить», оценить полученные навыки и знания уже дипломированных специалистов, с другой стороны, получить от предприятий и организаций исчерпывающий, перманентно актуализируемый перечень формализованных требований. К сожалению, или к счастью такие универсальные «весы» ещё не придумали³. Поэтому сейчас механизм устройства на работу - задача самого выпускника, который должен заранее побеспокоиться о своем трудоустройстве. Государство, бюджетные предприятия, так же как и крупные коммерческие предприятия, заинтересованные в конкретных специалистах, разрабатывают свои механизмы, способные сориентировать поток выпускников в нужное русло. При этом большинство предприятий (потребителей университетских услуг) фактически не участвует в подготовке нужных им специалистов, покупая их на рынке труда, оплачивая лишь стоимость эксплуатационных (зарплата и субсидии на жилье) и утилизационных (пенсионные отчисления) расходов и не вкладывая в подготовку специалистов.

Активно на поле распределения трудовых ресурсов работают многие биржи труда, применяя автоматизацию отбора кандидатов лишь на первом этапе, когда в качестве атрибутов выступают укрупненные показатели в виде возраста, пола, планируемой зарплаты и длинного перечня специфических для данного предприятия требований.

При всей внешней кажущейся схожести входного и выходного потоков в университет отбор специалистов с высшим образованием для предприятия – это штучный, экземплярный выбор самого специалиста и руководства предприятия. На сегодняшний день этот матчнинг трудно поддается автоматизации в силу многих индивидуальных жизненных обстоятельств кандидата и особенностей условий труда на конкретном предприятии. Существенную роль и влияние здесь оказывают как непосредственные, неформальные отношения работника и работодателя, так и той среды социальных (родственных, групповых) отношений, в которой объективно существуют рассматриваемые сущности [2].

3 Автоматизация университетских процессов

Автоматизацией своей деятельности университеты занялись, как только появились первые автоматизированные системы управления (АСУ). Так в СГАУ лаборатория АСУ-ВУЗ появилась еще в далекие 70-е. В конце 1974 г. приказом Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР (Минвуз) КуАИ (ныне СГАУ) был головной организацией по созданию проекта типовой АСУ-ВУЗ. В течение 10 лет под руководством лаборатории АСУ-ВУЗ КуАИ в Минвузе была выполнена работа по созданию и внедрению основных подсистем АСУ-ВУЗ для ВУЗов министерства. В качестве соисполнителей этих работ были Казанский авиационный и Ленинградский финансово-экономический институты, Воронежский и Горьковский университеты, Куйбышевский, Уральский и Томский политехнические институты и некоторые другие ВУЗы. Разработки лаборатории АСУ-ВУЗ были внедрены в десятках вузов страны, а типовой проект АСУ-ВУЗ получил медаль ВДНХ СССР [14].

На сегодняшний день интегрированная автоматизированная информационная система (ИАИС) в СГАУ включает в себя около 100 клиентских рабочих мест в административных и учебных подразделениях университета. В промышленную эксплуатацию запущены модули

³ В советское время при плановом хозяйстве уже работали формальные распределительные механизмы выпускников на базе каждого ВУЗа, а плановые потребности отраслей по предприятиям формировались в соответствующих министерствах.

«Кадры и штатное расписание», «Расчет заработной платы», «Бухгалтерия», «Контингент студентов». Информационный обмен между базами данных административного и учебного сегмента осуществляется с помощью разработанных приложений синхронизации данных. Также решены вопросы интеграции ИАИС с Интернет-порталом СГАУ, системами электронного документооборота, библиотечным комплексом университета и другими информационными системами⁴.

В последние годы помимо собственных университетских разработок, реализующих своё видение автоматизации информационной потребности, появилось много информационных систем, «заточенных» на Про «университет». Наиболее популярные системы построены на базе ERP (*Enterprise Resource Planning* – планирование ресурсов предприятия). Так, например, «Галактика Управление ВУЗом» - отраслевое решение, построенное на базе системы «Галактика ERP», является инструментом для управления учебным процессом и финансово-хозяйственной деятельностью ВУЗа⁵. Важным компонентом этого решения является система планирования учебной деятельности и, в частности, автоматизация составления расписаний учебных занятий в образовательных учреждениях⁶. В системе поддерживается множественность и вариантность расписаний. Где множественность означает, что могут создаваться расписания по отдельным объединениям контингента (например, по курсам, по периодам и т. п.), а вариантность - возможность создания нескольких вариантов при одинаковых параметрах расписания (например, составленных различными методистами или при разных графиках работ преподавателей по совместительству). Предполагается, что основными пользователями системы Галактика «Расписание учебных занятий» будут должностные лица учебно-методических подразделений образовательных учреждений высшего и среднего профессионального образования, ответственные за формирование расписания. Для разграничения прав доступа к функциональности системы используется ролевая схема. Роли предназначены для определения групп пользователей в базе данных. Типовой состав ролей: администратор; методист; преподаватель; наблюдатель.

Не менее амбициозный проект заявила ижевская компания, создавшая систему комплексной автоматизации образовательного учреждения «GS-Ведомости»⁷. GS-Ведомости включают в себя следующие модули: Абитуриент, Контингент учащихся, Кадровый учет, Учебные планы, Кафедра, Конструктор расписаний, Тестирование учащихся, Управление контрагентами, АРМ руководителя, Документооборот, Библиотека, Общежитие, Курсы повышения квалификации, Курсы переподготовки и другие. Представляет интерес подсистема автоматизированного планирования деятельности учебного заведения, входящая в состав GS-Ведомости (модуль «Директ»). Это событийно-ориентированная подсистема, основным объектом автоматизации которой является событие. Под событием понимается любой акт явления или процесса реального мира, относящийся к деятельности учебного заведения, как например: проведение заседания ученого совета, производственного совещания, планерки, дня «открытых дверей» и т.п. Все события в модуле «Директ» подразделяются на несколько категорий:

- персональные события – события, затрагивающие деятельность только одного сотрудника учебного заведения. Совокупность персональных событий формируют личный план сотрудника (аналог классического органайзера);
- события отдела – события, затрагивающие деятельность только сотрудников подразделения учебного заведения. Совокупность событий отдела формирует план работы отдела;

⁴ <http://www.ssau.ru/it/asuvuz/>

⁵ Управление ВУЗом. Галактика. <http://www.galaktika.ru/vuz/>

⁶ Расписание учебных занятий. Галактика. <http://www.galaktika.ru/ruz/>

⁷ <http://gs-vedomosti.ru/>

- события учебного заведения – события, затрагивающие деятельность сотрудников различных подразделений учебного заведения. Совокупность таких событий формирует план работы учебного заведения.

Модуль «Директ» позволяет наглядно представить события всех перечисленных категорий, относящиеся к конкретному пользователю системы, на одной визуальной диаграмме, т.к. в ходе совместной работы формируется общая рабочая сетка всех отделов в реальном масштабе времени.

Самая популярная в стране бухгалтерская программа 1С уже давно осваивает смежные ПрО и активно работает на поле ERP. Её продукт «1С:Университет»⁸ создан на платформе «1С:Предприятие 8.2» и предназначен для автоматизации хорошо описанных и формализованных процессов в ВУЗе. Например, модуль «Работа приёмной комиссии» формализует существующую парадигму приёма контингента и включает: планирование проведения приемной кампании; формирование личного дела абитуриента; проверку результатов ЕГЭ с интеграцией с Федеральной базой свидетельств о результатах Единого государственного экзамена (ФБС ЕГЭ)⁹; обмен данными с ФБС ЕГЭ и Приема¹⁰; ведение информации о результатах олимпиад, в которых принимал участие абитуриент; проведение вступительных испытаний и зачисление; формирование статистических, аналитических и списочных отчетных форм и многое другое.

Блоки «Планирование учебного процесса» и «Расчёт и распределение нагрузки» организованы и работают в системе 1С в традиционной для неё учётной «бухгалтерской» схеме.

Рассмотренные примеры систем, автоматизирующих подготовку «статичных» документов и ведущих их учёт, безусловно, способствуют качеству управления бизнес-процессами и качеству подготовки учётной документации этих процессов. Однако реальная динамика процессов плохо вписывается в принятую парадигму этих систем. Есть утверждения, что «...разработчики систем управления ВУЗами используют сегодня различные технологии автоматизации, позволяющие решать проблемы учета и хранения данных, организации коммуникации участников учебного процесса и т.д., но не собственно задачу управления ВУЗом» [15]. В связи с этим исследователи и разработчики ищут свои решения в использовании мультиагентных технологий [15-20].

4 ИСО 9000 – первый шаг на пути к автоматизации

Система менеджмента качества (СМК) начинает встраиваться в организм университетов. Но происходит это, как и везде с СМК, не легко и не быстро. Получить вожеленный сертификат, подготовив «декларации о намерении» в форме «требуемых» документов и реально получить качественный эффект от внедрения СМК – «две большие разницы». Как известно, СМК базируется на восьми принципах менеджмента качества¹¹.

- 1) *Ориентация на потребителя.* У университета условно можно выделить два рода потребителя. С одной стороны, это предприятия (промышленности, сферы услуг) и исследовательские (научные, образовательные) центры, для которых готовят выпускников ВУЗа, с другой стороны, сами студенты, которые самостоятельно выбирают для себя образовательную, а впоследствии и жизненную траектории. Университет, выполняющий социальную функцию, образовывая, воспитывая и социализируя молодое поколение, ориентируется в качестве потребителя на студента, заботясь при этом об общественных интересах.

⁸ <http://solutions.1c.ru/catalog/university>

⁹ <http://www.fbsege.ru/>

¹⁰ <http://priem.edu.ru>

¹¹ ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ. 2012. – 32 с.

Здесь также можно условно выделить две группы обучающихся. С одной стороны, это вполне самостоятельные студенты, способные осознанно выбрать себе потребные для них знания и навыки и найти им в будущем своё приложение. В перспективе или в идеале это и есть главные потребители. С другой стороны, это студенты, для которых основным мотивом являются не знания и навыки, а среда или даже принадлежность к среде, возможность получить статус (в форме диплома) в обществе. Университет, работающий на заказ специалистов от государства, должен быть ориентирован на спектр тех специальностей, которые востребованы для государства.

- 2) *Лидерство руководителя.* Этот принцип реализуется при реальном лидерстве руководителя, его воле, желании, упорстве, компетенции, понимания смысла СМК и стремлении к результату, в котором свои личные интересы реализуются в последнюю очередь. Амбиции лидера – синоним успеха университета, вовлеченности в созидание всего коллектива, который видит, гордится и идёт за лидером.
- 3) *Вовлечение персонала.* Фактически этот принцип во многом решается мотивированностью персонала – главного ресурса предприятия. Одна из проблем университетов (во многом это проявилось и в учреждениях Российской академии наук) – это стареющие кадры, которые являются носителями не только знаний, но и университетской культуры. Приходящее им на смену поколение, в силу случившегося в 90-х и 00-х разрыва, является носителем уже иной культуры, исповедует порой иные ценности, т.к. сформировалось в иных обстоятельствах (отсутствие мотивов, стимулов, престижа и ценности знаний привело практически к отсутствию здоровой конкуренции в значительной части молодой научной среды). Последствия прошлых, не лучших для российской науки лет пока ещё висят над запоздалым стимулированием молодых в ущерб и за счёт уходящего поколения.
- 4) *Процессный подход.* Процессы, через которые достигаются цели, должны быть исследованы, описаны, по возможности максимально формализованы и тогда уже и автоматизированы. Внедрение электронных ведомостей, электронных кафедр и деканатов, дистанционных курсов и банальных мультимедийных лекционных залов с трудом пробивает себе дорогу. Не описанные процессы порождают проблему непрозрачности бизнес-процессов, особенно в сфере управленческих решений, что тормозит процесс активизации СМК. Транспарентность, открытость, публичность решений, действий, регламентов обеспечат успех трудновнедряемой СМК в том объёме и с тем результатом, на который можно было бы рассчитывать.
- 5) *Системный подход.* Взаимосвязанность процессов в сложных системах, каковой, бесспорно, является университет, должна быть выявлена, понята и использована при принятии управленческих решений. Системный подход, пожалуй, наиболее часто употребляемый термин на разного рода научных мероприятиях. В практической же повседневной жизни результаты системного анализа не всегда заметны. Здесь просматриваются трудности объективной оценки участниками процесса, находящимися внутри него.
- 6) *Постоянное улучшение.* Неизменной целью СМК является постоянная адаптация к естественным изменениям в среде, и даже изменение её. Университет – площадка, где такие изменения происходят постоянно, – изменяется по составу и качеству контингент, изменяются дисциплины и специальности, совершенствуется материально-техническое оснащение, происходит непрерывный рост и накопление научных знаний.
- 7) *Принятие решений, основанных на фактах.* Эффективность взвешенных решений достигается учётом объективно выявленных обстоятельств на основе анализа данных и информации. «Быстрые» решения, принятые на основе субъективной оценки, использования лишь ограниченного отобранного круга советников без возможности обсуждения альтернативных точек зрения и их аргументации, не всегда хороши.

8) *Взаимовыгодные отношения с поставщиками.* Традиционными поставщиками для университетов являются школы и специализированные лицеи, особенно при ВУЗах, а также разного рода подготовительные курсы. Взаимная выгода сотрудничества очевидна, т.к. выпускники школ гарантированно поступают в желанный ВУЗ, а университет обеспечивает себе качественный набор. Примеры ведущих университетов страны подтверждают на практике успех такого тесного взаимодействия.

Не последнюю роль в обеспечении эффективного управления ВУЗов является *организационная структура* с чёткой зоной распределенной ответственности акторов в ней [19]. Так, например, в СГАУ на основании критического анализа организации своей деятельности пришли к честному для себя выводу, что «управление внутренними процессами осуществлялось недостаточно эффективно» [21].

Для устранения выявленных недостатков в модели управления университетом потребовалось принять решение о предстоящих изменениях: «...перераспределение функций членов высшего руководства, устранение лишних, дублирующих и не оправдавших себя звеньев управления и стремление к разумной децентрализации в управлении (оптимальное делегирование функций управления от руководства ВУЗа руководителям структурных подразделений, распределение процесса принятия решений без потери контроля управленческой и исполнительской дисциплины, обеспечение делегируемых полномочий ресурсами для их реализации). Будет повышена роль руководителей структурных подразделений в достижении результатов в нужные сроки. Формирование штата для ряда ключевых руководящих позиций будет производиться посредством организации открытого конкурса и рекрутинга, в том числе и международного, с привлечением ведущих кадровых агентств» [21]. Таковы планы структурной перестройки ведущего ВУЗа.

Очевидно также, что *мотивированность* персонала университета – ключевое звено в достижении поставленных целей. При этом согласованность университетских целей, критериев оценки подразделений и оценки деятельности персонала, безусловно, должны быть коррелированы между собой. Введение в трудовые договоры преподавателей стимулирующих надбавок – важный шаг в согласовании результатов деятельности персонала с показателями подразделений, особенно когда условия известны до начала их введения и не изменяются по ходу или имеют вполне конкретный срок действия. Однако не всегда удается выполнить эту работу системно. Так, например, при наличии в показателях кафедры результатов научно-исследовательской работы со студентами (публикации, доклады, выставки и проч.) предполагается, что у кафедры должны быть на это соответствующие ресурсы. И главный исполнитель здесь, конечно, преподаватель. Но вполне может оказаться, что это никак не учитывается, ни в учебной ставке, ни в стимулирующей надбавке. Налицо несогласованность в показателях. Другой свежий пример, но уже *согласованности показателей*, когда показатели университета сразу транслируются в оценку деятельности преподавателя и влияют существенным образом на стимулирующую надбавку – это публикации в журналах, индексируемых в БД Scopus, Web of Science и других. Формализация критериальной иерархии, иерархии показателей – путь к объективизации оценки и дальнейшей автоматизации процессов.

Другим существенным фактором, влияющим на результат трансляции знаний, как это уже отмечалось во введении и на что указывают принципы СМК, является мотивация самого студента на получение знаний. Суждений, рекомендаций, исследований на эту тему предостаточно [22-24].

«Как сформировать у студентов мотивацию к учению, написаны километры строк, килограммы книг... добавлю и я свое «чуть-чуть» в этот многотомник ☺... Всего получилось сформулировать 33 способа мотивирования познавательной деятельности студентов...» [22].

Предлагаемые системы стимулов включают различные психологические, социальные и организационные методы мотивации: от личного примера и предоставления максимальной свободы студентам до различных схем контроля и оценка знаний.

Широко рекламируемые в Интернете 15 правил мотивации, приписываемых студентам Гарварда¹², ведущего университета мира, а не только США, призваны зажечь огонь в сердцах студентов. И здесь внутренняя мотивация – основа успеха. В «сытой» Америке древнеримский лозунг *«panem et circenses»* («хлеба и зрелищ») актуален в его второй части. *«Show must go on»* и здесь шоу, бренд, результат – синонимы успеха. Близость, сопричастность к великим, к бренду – уже внутренний стимул, психологическая настройка на позитивную самооценку. В России эти законы работают также. СГАУ (в прошлом КуАИ) со дня своего существования позиционировался как ВУЗ, принадлежащий к высокотехнологичной авиационной отрасли, поэтому смог сразу занять лидирующие позиции в регионе. Имя академика С.П. Королева, отца практической космонавтики, добавило веса набирающему научную высоту КуАИ, а десятки тысяч выпускников, строивших самолеты, ракеты и сложнейшую космическую технику, решительно закрепили позицию СГАУ на рынке образовательных услуг, как национального исследовательского университета.

Но причастность к бренду не даёт гарантии успеха, который, как известно, приходит не к каждому. Тот, кто ленится, успешным не будет однозначно. Из 15 правил мотивации хотелось бы отметить как всегда ставшие очевидными, но отсюда и чаще всего трудно реализуемые суждения: «Учеба — это усилия», «Время летит», «Не попотеешь — не заработаешь». Это констатация требуемых реальных усилий, скоротечности бытия и влияния сегодняшней жизни на твоё будущее. Внешним раздражителем служит «гарвардский» тезис: «Даже сейчас твои враги жадно листают книги». А как же читают книги сегодняшние студенты?

Во второй части статьи [2] уже были приведены результаты исследования мотивации студентов в получении инженерного образования в английском и отечественном университетах. Исследования проводились путем анкетирования студентов, которые должны были ответить на вопросы-утверждения по пятибалльной шкале Ликерта (от 1 – полностью согласен, до 5 – полностью не согласен). Для автора представляло интерес исследование динамики в результатах из [2] на коротком временном интервале. На рисунке 10 приведены данные о сравнении результатов исследования мотивации студентов СГАУ в ответах на утверждение: «я читаю много научных статей вне курса». Из этого рисунка видно, что в своей основной массе студенты ограничиваются тем объемом учебной литературы, который является обязательным для изучения той или иной дисциплины. И их не тревожит тот факт, что их конкуренты «жадно листают книги». Рисунок 11 в целом вновь демонстрирует важность для российских студентов учиться хорошо. Относительная доля несогласных с этим утверждением уменьшилась в основном за счёт тех, кто затрудняется в ответе. При этом число безоговорочно отвечающих на этот вопрос студентов утвердительно уменьшилась за счет тех, кто ответил лишь простым своим согласием. Что касается личной ответственности, то нынешние студенты 2014 года демонстрируют еще больший уровень собственной ответственности за своё образование, чем студенты 2012 года. Из рисунка 12 видно, что отсутствуют даже студенты, которые затруднились бы в этом утверждении, не говоря уже о студентах несогласных с ним. Это достаточно позитивный, по мнению автора, результат, если учесть, что у студентов, обучающихся в Англии, более 5% несогласных, а еще около 10% студентов затрудняются с ответом на вопрос о личной ответственности за своё образование [25].

¹² <http://polvocorso.wordpress.com/2011/11/10/псевдо-мотивация-студентов-гарварда/>

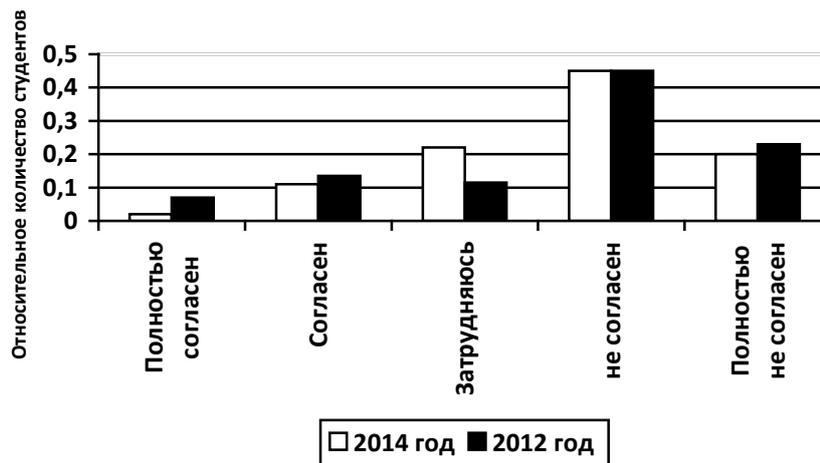


Рисунок 10 – Сравнение результатов исследования мотивации студентов СГАУ в ответах на утверждение: «я читаю много научных статей вне курса»

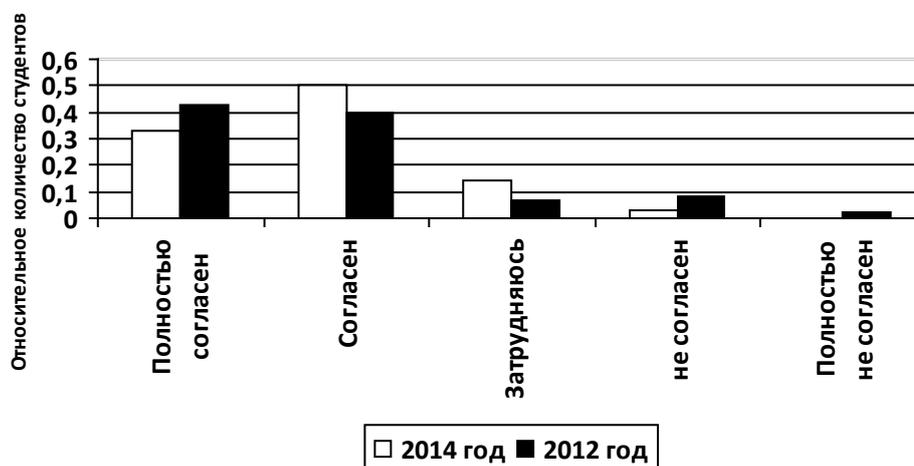


Рисунок 11 – Сравнение результатов исследования мотивации студентов СГАУ в ответах на утверждение: «для меня важно учиться хорошо»

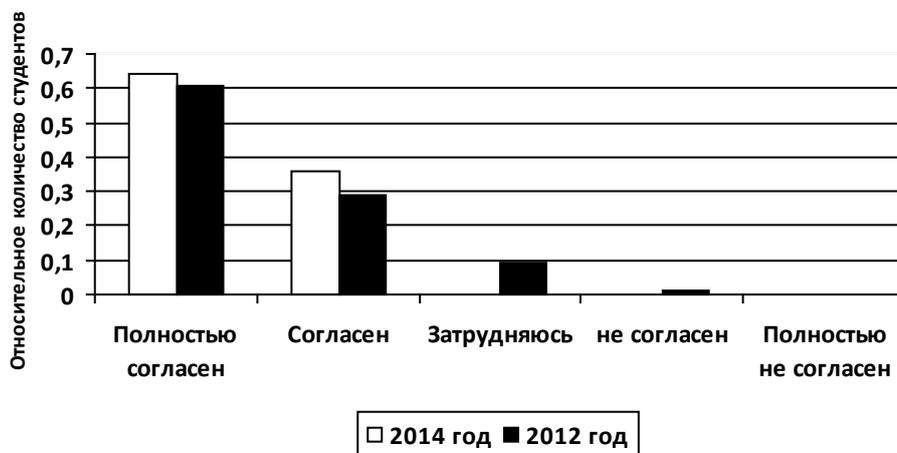


Рисунок 12 – Сравнение результатов исследования мотивации студентов СГАУ в ответах на утверждение: «я лично отвечаю за свое академическое образование»

Заключение

Автоматизация бизнес-процессов на любом предприятии, и университет здесь не исключение, не может являться самоцелью. В первую очередь, автоматизация направлена на повышение качества (в данном случае подготовки специалистов) и сокращение времени на выполнение тех или иных производственных (в данном случае образовательных) операций. Очевидно, что выработка соответствующих критериев – важнейшая задача для исследователей и менеджмента в образовании. Не количество компьютеров, не суммы, потраченные на приобретение программного обеспечения, и тем более не «публикационная активность¹³» персонала, измеряемая в формате разного рода показателей, определяют качество подготовки специалистов в университете.

Упрощенный, «бухгалтерский» подход к критериям, применяемый в оценке университета, его выпускников и профессуры в корне ошибочен. Процессный подход не должен превалировать над проектной постановкой задачи – *задачи подготовки специалиста, обладающего нужными в отрасли знаниями и навыками*. Правильно поставленная задача, адекватно подобранные критерии и проектные переменные, включающие мотивационные мероприятия, во многом определяют и сам результат деятельности образовательного учреждения.

Определяя статус университета в решении государственных задач, можно сформировать и критерии, им соответствующие. В конкурентном динамично развивающемся обществе социальная роль университета очень высока по значению и обширна по содержанию. Ведущим же университетам (национальным исследовательским и федеральным) отводится роль генерации и поставщика *научного продукта* (фундаментального и прикладного) и востребованного в высокотехнологичных отраслях науки и промышленности *специалиста*. Поэтому автоматизируя бизнес-процессы в университете, необходимо исходить из соответствующих им роли и статуса и максимально обоснованных критериев.

Список источников

- [1] **Боргест, Н.М.** Будущее университета: онтологический подход. Часть 1: история, прогноз, модели / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. - № 1(2). - 2011. — с. 66-79.
- [2] **Боргест, Н.М.** Будущее университета: онтологический подход. Часть 2: сущности, мотивация, проектное обучение / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. - 2012. - № 1(3). — с. 87-105.
- [3] **Солодова, Е.А.** Новые модели в системе образования: синергетический подход. Учебное пособие с предисл. Г.Г. Малинецкого / Е.А. Солодова. - М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 344 с.
- [4] **Лисовец, Н.М.** Профессиональная мотивация студентов как способ активации обучения / Н.М. Лисовец // Фестиваль педагогических идей «Открытый урок». - <http://festival.1september.ru/articles/598947/>
- [5] **Боргест, Н.М.** Реализация онтологической мультиагентности предметной области средствами реляционной СУБД на примере зачисления абитуриентов в университеты России / Н.М. Боргест, И.А. Лысаковский // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем - Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2014): материалы IV междунар. науч.-техн. конф. (20-22 февраля 2014 г., Минск, Белоруссия) – Минск: БГУИР, 2014. - С. 531-536.
- [6] **Боргест, Н.М.** Автоматизация зачисления в ВУЗ: мультиагентный подход / Н.М. Боргест, И.В. Кристалович, П.С. Куликов // Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы. ИИ-2012: Материалы международной научно-технической конференции (1-5 октября 2012 г., пос. Кацивели, АР Крым) Донецк: ИПШ «Наука і освіта», 2012. - С. 292.
- [7] **Епанчинцева, О.Л.** Формирование единого конкурсного пространства Омского региона / О.Л. Епанчинцева, Т.А. Погромская // Математические структуры и моделирование. - 2006. - №16 - С. 5-10.
- [8] **Николаева, Н.** Как повысить шансы на поступление? Автоматизированная система зачисления абитуриентов. «Звезда» / Н. Николаева. - <http://www.afportal.ru/teacher/instruction/odds>

¹³ Ян АНДРЕЕВ. Медведевские чиновники раздевают учёных до трусов // Аргументы недели. №12 (404) от 3 апреля 2014 г.

- [9] **Корнев, В.** Противокоррупционная система зачисления в ВУЗы / В. Корнев (свидетельство о публикации №21201150636) - <http://www.proza.ru/2012/01/15/636>
- [10] **Швецов, В.И.** Автоматизация зачисления абитуриентов в ВУЗе. III международная научно-практическая конференция «Информационная среда ВУЗа XXI века» («ИТО-Петрозаводск-2009») (21-25 сентября 2009 г., г. Петрозаводск, Россия) / В.И. Швецов, И.Г. Мухаметжанов - it2009.petrstu.ru/thesis/72.doc
- [11] Федеральная система единого конкурсного приема. Министерство образования и науки Российской Федерации - <http://www.admin.novsu.ac.ru/fsekp.nsf>
- [12] **Костюшина Е.А.** Системный анализ и управление процессом зачисления абитуриентов в ВУЗ / Е.А. Костюшина // Дисс. к.т.н. по ВАК 05.13.01. – Омск: ОГУ, 2004. – 137 с.
- [13] **Орт, В.** Противокоррупционная автоматизированная система зачисления в ВУЗы. Некоторые аспекты технологии / В. Орт // Простые идеи и записные мысли 2011 г. (Из раздела – Информационно-открытые общества. Москва 2011 г. с. 16-18.). - http://www.victorort.narod.ru/zap_mis11.htm
- [14] **Пшеничников, В.В.** История развития вычислительной техники в институте / В.В. Пшеничников // От Ку-АИ до СГАУ. Сборник очерков. – Самара, Самарский дом печати, 2002. С. 159-173.
- [15] **Якунин, Ю.Ю.** Мультиагентное управление учебным планированием / Ю.Ю. Якунин // Открытые системы. - 2012. - №7. - <http://www.osp.ru/os/2012/07/13017640/>
- [16] **Маслобоев, А.В.** Мультиагентная информационная технология поддержки управления качеством высшего образования / А.В. Маслобоев, В.В. Быстров, А.В. Горохов // Вестник МГТУ. – 2011. Т.14, №4. - С. 854-859.
- [17] **Шелопин, А.С.** Архитектура мультиагентной системы управления учебным планированием / А.С. Шелопин // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс] - Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2013. – С. 44-48. <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/thesis/s044/s044-048.pdf>
- [18] **Коваленко, Д.С.** Применение мультиагентных систем для моделирования процесса обучения / Д.С. Коваленко // Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». - 2012. - № 1. - <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/---etn12-01/354-a>
- [19] **Виттих, В.А.** Управление ситуациями в сложных развивающихся системах с применением интересубъективных теорий: препринт / В.А. Виттих – Самара: ИПУСС РАН, 2011. -16 с.
- [20] **Боргест, Н.М.** Принципы управления вузом на основе самоорганизации / Н.М. Боргест // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIII международной конф. (15-17 июня 2011 г., Самара, Россия). – Самара: СамНЦ РАН, 2011. - С. 391-400.
- [21] План мероприятий по реализации программы повышения конкурентоспособности («дорожная карта») федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)» (СГАУ) на 2013-2020 годы. - http://www.ssau.ru/files/info/official_docs/SSAU_Roadmap_RUS_FINAL.pdf
- [22] **Какунина, Т.Е.** Как мотивировать студента? / Т.Е. Какунина (свидетельство о публикации №21110131570). - <http://kisuhvostik.ru/2011/12/06/kak-motivirovat-studenta/>
- [23] **Демьянова, Н.А.** Мотивация студентов старших курсов / Н.А. Демьянова // Научно-популярный интернет-журнал. 07.03.2012 - <http://novainfo.ru/archive/8/motivaciya-studentov-starshih-kursov>
- [24] **Коптева, Л.М.** Способы повышения мотивации студентов / Л.М. Коптева //Электронный справочник «Информо». 21.06.2012. - <http://www.informio.ru/publications/id363>
- [25] **Savage, N.** Motivation of engineering students in higher education / N. Savage, R. Birch, E. Noussi. // Engineering education. - 2011. - Vol. 6. –Issue 2. - P. 39-46.

FUTURE UNIVERSITY: ONTOLOGICAL APPROACH. PART 3: AUTOMATION OF BUSINESS PROCESSES ¹⁴

N.M. Borgest

*Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev
(National Research University)
Institute of Control of Complex Systems, RAS, Samara, Russia
borgest@yandex.ru*

¹⁴ The previous two parts of the article «The future of the university: the ontological approach. Part 1: history, forecast, model and Part 2: essence, motivation, project learning» published in the magazine № 1(2), 2011 и №1(3), 2012.

Abstract

The third part of the article presents data on the automation of processes accompanying activities of the University. A brief review of software systems used to automate the learning process is given. The possibilities of automation of many business processes are discussed on the basis of the multiagent paradigm and investigated in detail. Enrollment process and contingent distribution of graduates are thoroughly reviewed. Organizational and programmatic mechanisms for automatic enrollment of students in universities in Russia are proposed based on the exam sheet and the priorities of the entrant. Quality Management System based on ISO 9000 is considered as the first step towards automation. The results of re-examining the motivation of students, enrolled at the university engineering programs, based on a survey conducted by using Likert scale, are shown. The actual unsolved problems of automation and organization of knowledge translation in the university are highlighted.

Key words: *university, ontology, automation, ISO 9000, set contingent motivation in education.*

References

- [1] **Borgest N.M.** Budushhee universiteta: ontologicheskij podkhod. CHast' 1: istoriya, prognoz, modeli [The future of the university: the ontological approach. Part 1: History, prediction model] *Ontology of designing*, Issue 1(2), 2011. - pp. 66-79 (In Russian).
- [2] **Borgest N.M.** Budushhee universiteta: ontologicheskij podkhod. CHast' 2: sushnosti, motivatsii, proektnoe obuchenie [The future of the university: the ontological approach. Part 2: essence, motivation, project training]. *Ontology of designing*, Issue 1(3), 2012. - pp. 87-105 (In Russian).
- [3] **Solodova E.A.** Novye modeli v sisteme obrazovaniya: sinergeticheskoy podkhod: uchebnoe posobie [New models in the education system: a synergetic approach: a tutorial]. Moscow. "LIBROCOM" publ., 2013. - 344 p. (In Russian).
- [4] **Lisovets N.M.** Professional'naya motivatsiya studentov kak sposob aktivatsii obucheniya [Professional motivation of students as a way to activate learning]. Festival' pedagogicheskikh idej «Otkrytyj urok» [Pedagogical ideas festival «Open lesson»]. <http://festival.1september.ru/articles/598947/> (In Russian).
- [5] **Borgest N.M., Lysakovskij I.A.** Realizatsiya ontologicheskoy mul'tiagentnosti predmetnoj oblasti sredstvami relyatsionnoj SUBD na primere zachisleniya abiturientov v universitety Rossii /Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2014) Proceedings of the IV International technical conference (Minsk, 20-22 February 2014) Minsk BGYIR, 2014. - pp. 531-536. (In Russian).
- [6] **Borgest N.M., Krishtalovich I.V., Kulikov P.S.** Avtomatizatsiya zachisleniya v VUZ: mul'tiagentnyj podkhod [Automation of university enrollment: multiagent approach]. Proceedings of II-2012 international conference. Donetsk «Nauka I osvita», 2012, 312 p. - p.292. (In Russian).
- [7] **Epanchintseva O.L., Pogromskaya T.A.** Formirovanie edinogo konkursnogo prostranstva Omskogo regiona [Formation of a single competitive space Omsk region]. *Matematicheskie struktury i modelirovanie* [Mathematical Structures and Modeling]. Issue 16, 2006. - pp.5-10. (In Russian).
- [8] **Nikolaeva N.** Kak povysit' shansy na postuplenie? Avtomatizirovannaya sistema zachisleniya abiturientov [How to improve chances for admission? Automated system for gaining admission]. «Zvyazda», 19 January 2012. <http://www.afportal.ru/teacher/instruction/odds> (In Russian).
- [9] **Kornev V.** Protivokorruptsionnaya sistema zachisleniya v VUZy [The anti-corruption system for enrollment in universities]. Publishing certificate num. 21201150636. <http://www.proza.ru/2012/01/15/636> (In Russian).
- [10] **Shvetsov V.I., Mukhametzhанov I.G.** Avtomatizatsiya zachisleniya abiturientov v VUZe [Automation of gaining admission to the university]. Proceedings of ITO-Petrozavodsk-2009 international conference 21-25 September 2009 г., Petrozavodsk. it2009.petrstu.ru/thesis/72.doc (In Russian).
- [11] Federal'naya sistema edinogo konkursnogo priema. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federatsii [The federal system of competitive single reception. Ministry of Education and Science of the Russian Federation]. <http://www.admin.novsu.ac.ru/fsekp.nsf> (In Russian).
- [12] **Kostyushina E.A.** Sistemnyj analiz i upravlenie protsessom zachisleniya abiturientov v VUZ [System analysis and management process gaining admission to university] VAK 05.13.01, Omsk, OGU, 2004. – 137 p. (In Russian).
- [13] **Viktor Ort.** Protivokorruptsionnaya avtomatizirovannaya sistema zachisleniya v VUZy. Nekotorye aspekty tekhnologii [The anti-corruption automated system enrollment in universities. Some aspects of technology]. *Prostye idei i zapisnye mysli 2011 g.* [Simple ideas and thoughts 2011]. Moscow 2011. pp. 16-18. - http://www.victorort.narod.ru/zap_mis11.htm (In Russian).
- [14] **Pshenichnikov V.V.** Istoriya razvitiya vychislitel'noj tekhniki v institute. Ot KuAI do SGAU. Sbornik ocherkov. [The history of computing at the Institute. From Kuai to SSAU. A collection of essays]. Samara, Samara publishing house, 2002, - pp.159-173. (In Russian).
- [15] **Yakunin Y.Y.** Mul'tiagentnoe upravlenie uchebnym planirovaniem [Multiagent management of educational planning]. *Otkrytye sistemy*, Issue 07, 2012. - <http://www.osp.ru/os/2012/07/13017640/> (In Russian).

- [16] *Masloboev A.V., Bystrov V.V., Gorokhov A.V.* Mul'tiagentnaya informatsionnaya tekhnologiya podderzhki upravleniya kachestvom vysshego obrazovaniya [Multiagent information technology for support of quality control of higher education]. Vestnik MGTU, Vol. 14, Issue 4, 2011. pp. 854-859. (In Russian).
- [17] *Shelopin A.S.* Arkhitektura mul'tiagentnoj sistemy upravleniya uchebnym planirovaniem [Architecture multiagent learning management system planning]. [Electronic resource]. Krasnoyarsk. Sib. federal university, 2013. pp.44-48. - <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/thesis/s044/s044-048.pdf> (In Russian).
- [18] *Kovalenko D.S.* Primenenie mul'tiagentnykh sistem dlya modelirovaniya protsessa obucheniya [Application of multi-agent systems for learning process modeling]. Sovremennaya Nauka: Issue 1-2012. - <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/---etn12-01/354-a> (In Russian).
- [19] *Vitikh V.A.* Upravlenie situatsiyami v slozhnykh razvivayushhikhsya sistemakh s primeneniem intersub"ektivnykh teorii: preprint. Samara. IPUSS RAN, 2011. -16 p. (In Russian).
- [20] *Borgest N.M.* Printsipy upravleniya vuzom na osnove samoorganizatsii. [Principles of management of the university on the basis of self-organization]. Proceedings of the international conference "Problems of control and modeling in complex systems", IPUSS RAN, Samara, 2011. pp. 391-400. (In Russian).
- [21] Plan meropriyatij po realizatsii programmy povysheniya konkurentosposobnosti («dorozhnaya karta») federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Samarskij gosudarstvennyj aehrokosmicheskij universitet imeni akademika S.P. Korolyova (natsional'nyj issledovatel'skij universitet)» (SGAU) na 2013-2020 gody. [Action Plan to implement programs to improve competitiveness ("roadmap") of the Federal State Budget Institution of Higher Professional Education "Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University)"(SSAU) for 2013-2020]. Samara 2014. - 164 p.- http://www.ssau.ru/files/info/official_docs/SSAU_Roadmap_RUS_FINAL.pdf (In Russian)
- [22] *Kakunina T.E.* Kak motivirovat' studenta? [How to motivate students?]. 2011. Publishing certificate №211110131570. <http://kisuhvostik.ru/2011/12/06/kak-motivirovat-studenta/> (In Russian).
- [23] *Dem'yanova N. A.* Motivatsiya studentov starshikh kursov. Nauchno-populyarnyj internet-zhurnal. [Motivation of senior students. Scientific and popular online magazine] 07.03.2012 <http://novainfo.ru/archive/8/motivaciya-studentov-starshih-kursov> (In Russian).
- [24] *Kopteva L.M.* Sposoby povysheniya motivatsii studentov/Elektronnyj spravochnik "Informio" [Ways to increase students' motivation / electronic directory "informio"]. 21.06.2012. <http://www.informio.ru/publications/id363> (In Russian).
- [25] *Savage N., Birch R., Noussi E.* Motivation of engineering students in higher education. "Engineering education", vol.6, issue 2. 2011, - pp.39-46.

Сведения об авторе



Боргест Николай Михайлович, 1954 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт имени академика С.П. Королёва в 1978 г., к.т.н. (1985). Профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета (национальный исследовательский университет), директор издательства «Новая техника». Член Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям (IAOA). В списке научных трудов около 150 работ в области автоматизации проектирования и искусственного интеллекта.

Nikolay Mikhailovich Borgest (b.1954) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after academician S.P. Korolyov (Kuibyshev-city) in 1978, PhD (1985). He is a Professor at Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University), Director of «New Engineering» publishing house. He is a member of the International Association for Ontology and its Applications, co-author of about 150 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI.

УДК 004.03:004.9

ПРОЕКТ ОТКРЫТОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ КОМПОНЕНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ. ЧАСТЬ 1: ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ

В.В. Голенков¹, Н.А. Гулякина²

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Белоруссия
¹*golen@bsuir.by*, ²*guliakina@bsuir.by*

Аннотация

В работе рассматривается открытый проект, направленный на создание и развитие технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. Первая часть статьи содержит разработанные авторами принципы построения технологии проектирования интеллектуальных систем, основанных на онтологиях и семантическом представлении знаний. Обсуждается использование накопленного опыта современных информационных технологий, применение графодинамических моделей обработки информации. В частности, предлагается ориентироваться на параллелизм и асинхронность, на смысловые модели представления и обработки знаний, на графовые языки программирования. Авторы рекомендуют делать упор на унификацию абстрактного смыслового представления знаний, унификацию структуризации баз знаний и формального описания поведения агентов обработки информации в графодинамической семантической памяти.

Ключевые слова: интеллектуальная система, технология проектирования, семантическая сеть, SC-код, предметная область, онтология, графовый язык программирования, язык SCP.

Введение

Основным результатом исследований в области искусственного интеллекта (ИИ) является не только разработка различного вида интеллектуальных систем (ИС), но и создание технологий, позволяющих быстро разрабатывать ИС, имеющие практическую ценность. Составляющими таких технологий являются:

- формальная теория ИС;
- методы проектирования ИС;
- средства автоматизации проектирования ИС;
- средства информационной поддержки разработчиков ИС;
- средства компьютерной поддержки управления коллективной разработкой ИС.

Анализ современных технологий ИИ показывает, что наряду с впечатляющими достижениями они имеют целый ряд серьезных недостатков. К числу таких недостатков, в частности, относятся:

- технологии ИИ не ориентированы на широкий круг разработчиков ИС и, следовательно, не получили массового распространения;
- велики сроки разработки ИС и велика трудоемкость их сопровождения;
- высока степень зависимости технологий ИИ от платформ, на которых они реализованы, что является причиной высокой трудоемкости переноса ИС на новые платформы;
- для эффективной реализации существующих моделей представления знаний и моделей решения трудно формализуемых задач современные компьютеры оказываются плохо приспособленными, что требует разработки принципиально новых компьютеров;
- современное состояние в области проектирования ИС представляет собой «вавилонское столпотворение» самых различных моделей, методов, средств, платформ;

- отсутствуют подходы, позволяющие на универсальной основе интегрировать научные и практические результаты в области искусственного интеллекта, что порождает высокую степень дублирования результатов;
- отсутствует общее унифицированное решение проблемы семантической совместимости компьютерных систем (КС), что порождает высокую трудоемкость создания комплексных интегрированных КС. Наиболее остро проблема совместимости КС проявляет себя при разработке web-ориентированных систем;
- отсутствует методика конструктивного использования опыта завершенных разработок ИС, что порождает высокую степень дублирования разработок различных компонентов этих систем;
- отсутствует унифицированная методика совершенствования различных структурных уровней КС в процессе их сопровождения. Обновление КС часто сводится к разработке различного рода «заплаток», которые устраняют не причины выявленных недостатков обновляемых КС, а только некоторые следствия этих причин.

Перечислим общие подходы и шаги, направленные на устранение указанных выше недостатков современных информационных технологий (ИТ) и в том числе технологий ИИ.

Во-первых, всё, что в настоящее время делается в ИТ, необходимо привести в стройную систему и сделать доступным пользователю, не являющемуся специалистом в области ИТ, но желающему самостоятельно разработать КС в своей предметной области (Про).

Во-вторых, минимизировать участие специалистов по информатике в разработке прикладных КС и полностью исключить такое участие в разработке прототипов этих систем. Специалисты в области ИТ должны заниматься не разработкой приложений, а разработкой и совершенствованием технологий (моделей, средств и методов), создающих комфортные условия для разработчиков приложений.

В-третьих, ориентироваться на разработку таких моделей представления и обработки информации, которые были бы комфортны для пользователя.

В основе предлагаемого подхода к созданию технологии проектирования ИС лежат описанные ниже принципы.

1 Использование опыта современных технологий

В первую очередь, имеется в виду технология проектирования микросхем, которая за последнее время обеспечила сокращение времени и повышение качества разработок:

- благодаря созданию языковых средств формального описания проектируемых микросхем на разных уровнях детализации;
- благодаря четкому разделению процесса разработки формальных описаний микросхем и процесса их реализации по заданным формальным описаниям;
- благодаря созданию мощных и доступных библиотек формальных описаний типовых многократно используемых компонентов микросхем.

Для того чтобы построить *технология проектирования ИС*, необходимо:

- 1) создать языковые средства полного унифицированного формального описания ИС;
- 2) отделить разработку полного унифицированного формального описания проектируемой ИС от разработки различных вариантов интерпретации таких формальных описаний ИС;
- 3) создать библиотеку формальных описаний типовых компонентов ИС. Для этого необходимо обеспечить интегрируемость указанных компонентов ИС.

2 Ориентация на графодинамические модели обработки информации

В качестве формальной основы проектируемых ИС предлагается использовать *графодинамические модели* представления и обработки информации.

В графодинамической модели обработки информации процесс обработки информации рассматривается как процесс преобразования *графовой структуры* (ГС), в ходе которого меняется не только состояние элементов этой ГС, но и конфигурация этой структуры: появляются или удаляются её вершины, а также связи между ними. Для создания графодинамических моделей обработки информации в ИС недостаточно тех видов графовых структур, которые в настоящее время исследуются в теории графов. Здесь требуются не только рёбра, дуги, гиперрёбра (многокомпонентные неориентированные связки), но и *гипердуги*, представляющие собой многокомпонентные ориентированные связки, являющиеся ролевыми структурами, компоненты которых выполняют в рамках этих связей дополнительно указываемые роли. Кроме связей, связывающих вершины, потребуются также связки, компонентами которых являются другие связки. Также потребуются *подструктуры*, компонентами которых являются вершины вместе с инцидентными им (со связывающих их) связками, т.е. структуры, являющиеся фрагментами заданной ГС [1].

Приведем общее определение ГС, на основе которого можно строить практически полезные графодинамические модели обработки информации.

Графовая структура G задается пятеркой $\langle V, C, K, M, I \rangle$, где:

V – множество *вершин* (первичных элементов, терминальных элементов);

C – множество *связующих элементов* ГС, каждый из которых задает некоторый фрагмент ГС;

K – множество *ключевых вершин* ГС, каждая из которых задает некоторый класс эквивалентных (однотипных) в определенном смысле элементов ГС ($K \subset V$);

M – множество *меток* элементов (алфавит элементов) ГС, каждая из которых задает некоторый базовый класс эквивалентных элементов ГС. К таким классам элементов, в частности, относятся следующие классы:

- вершин ГС,
- связующих элементов ГС,
- ключевых вершин ГС,
- меток ГС,
- отношений инцидентности, заданных на множестве элементов ГС;

I – множество используемых в ГС *отношений инцидентности*, заданных на множестве её элементов. Все эти отношения инцидентности являются бинарными ориентированными отношениями. Среди этих отношений выделим:

- отношения инцидентности вершин,
- отношения инцидентности, каждая пара которых связывает связующий элемент ГС с элементом того фрагмента, который задается (обозначается) этим элементом,
- отношения инцидентности, каждая пара которых связывает ключевую вершину ГС с тем элементом ГС, который является экземпляром того класса элементов, который задается (обозначается) этой ключевой вершиной,
- отношения инцидентности, каждая пара которых связывает метку ГС с тем элементом ГС, который имеет указанную метку.

Связь каждого отношения инцидентности (каждого элемента множества I) с соответствующими парами инцидентности и связь каждой пары инцидентности с элементами ГС, соединяемыми этой парой инцидентности, можно условно считать неявно задаваемыми связями инцидентности более низкого уровня.

Каждую ГС G будем трактовать как множество всех элементов, входящих в её состав:

$$G = (V \cup C \cup K \cup M \cup I).$$

Таким образом, в число элементов ГС входят все её вершины (в том числе ключевые), связующие элементы, метки и отношения инцидентности.

Множество связующих элементов ГС можно разбить на множества *связок* (простых связующих элементов) и *подструктур*.

В свою очередь, по признаку ориентированности множество связок можно разбить на множества:

- *ориентированных связок*, компоненты которых выполняют в рамках этих связок в общем случае разные роли;
- *неориентированных связок*, все компоненты которых выполняют в рамках этих связок одинаковые роли.

Важным частным случаем ориентированной связки является *кортеж*. Кортеж задает такое подмножество элементов ГС, в котором роли всех элементов пронумерованы. Если в ГС имеются кортежи, то в число её отношений инцидентности должны входить следующие отношения «быть компонентом»: первым, вторым, третьим компонентом и т. д.

По количеству компонентов множество связок можно разбить на множества:

- унарных связок;
- бинарных связок;
- многокомпонентных связок, имеющих более двух компонентов.

Неориентированные бинарные связки будем называть *рёбрами*, ориентированные – *дугами*. Неориентированные многокомпонентные связки будем называть гиперребрами, а ориентированные – гипердугами.

Интерес к графодинамическим моделям обработки информации имеет длительную историю. Достаточно отметить предложенное А.Н. Колмогоровым уточнение понятия алгоритма [2], работы школы М.А. Айзермана по графодинамике [3], исследования по графовым грамматикам [4], исследования по теории программирования и CASE-технологиям [5], исследования по параллельным моделям обработки информации [6], предложенные В.Б. Борщевым и М.В. Хомяковым клубные системы и вегетативная машина [7].

Для разработки графодинамических моделей обработки информации необходимо рассматривать ГС с позиций семиотики и трактовать её как *знаковую конструкцию* (текст), представляющую собой систему взаимосвязанных *знаков*. Такая трактовка ГС позволяет «вдохнуть» семантику в теорию графов.

Говоря о *графовых языках*, следует подчеркнуть то, что ГС, являющиеся текстами таких языков, представляют собой абстрактные математические структуры, не требующие уточнения способа их материального представления (например, способа кодирования в компьютерной памяти, способа графического изображения, ориентированного на человеческое восприятие). ГС как абстрактный математический объект и её, например, графическое представление – это принципиально разные вещи. Из этого, в частности, следует, что каждому графовому языку может соответствовать несколько языков, использующих разные способы представления текстов этого графового языка.

Накопленный опыт развития и применения теории графов и все полученные в ней результаты являются хорошим математическим фундаментом для разработки различных графовых языков и различных графодинамических моделей обработки информации, а также для создания теории таких языков и моделей. На стыке теории графов и семиотики может появиться раздел семиотики – графовая семиотика (семиотика нелинейных знаковых конструкций).

2.1 Ориентация на параллелизм и асинхронность в графодинамических моделях

В качестве формальной основы проектируемых ИС предлагается использовать графодинамические модели, ориентированные на *параллельную и асинхронную обработку информации*. Без организации параллельной обработки информации невозможно рассчитывать на необходимую производительность подавляющего числа практически полезных ИС. Асинхронные модели обработки информации являются более гибкими, их легче интегрировать и наращивать новыми функциональными возможностями.

Графодинамическая модель параллельной асинхронной обработки информации, которую будем также называть *графодинамической параллельной асинхронной машиной*, трактуется нами как абстрактная *многоагентная система*, состоящая из:

- абстрактной *графодинамической памяти*, в которой хранятся обрабатываемые графовые структуры;
- *агентов*, работающих с общей для них графодинамической памятью и обменивающихся информацией через эту память (в т.ч. и для координации своих действий).

Графодинамическая память носит реконфигурируемый, структурно перестраиваемый характер, поскольку процесс обработки графовых структур, в конечном счете, сводится к генерации и удалению различных элементов графовых структур, а также к генерации и удалению пар инцидентности между этими элементами, т.е. процесс обработки информации в графодинамической памяти сводится не только к изменению состояния элементов памяти, но и к изменению конфигурации связей между ними.

Агенты, работающие с общей графодинамической памятью, делятся на три вида:

- внутренние агенты, каждый из которых реагирует на определенного вида ситуации или события в графодинамической памяти и осуществляет изменение состояния графодинамической памяти, соответствующее своему функциональному назначению;
- рецепторные агенты, каждый из которых реагирует на определенные события во внешней среде и осуществляет первичное отражение этих событий в графодинамической памяти;
- эффекторные агенты, каждый из которых реагирует на определенного вида команды, формируемые внутренними агентами в графодинамической памяти, и осуществляет соответствующее изменение материального (физического) состояния ИС, которое определенным образом влияет на изменение её внешней среды.

Агенты могут работать параллельно, если одновременно возникают условия инициирования агентов.

Асинхронность деятельности внутренних агентов заключается в том, что наличие условия инициирования агента ещё не означает начала его работы. Время реакции каждого внутреннего агента в известной мере субъективно и достаточно произвольно. В этом смысле указанные агенты обладают свободой выбора момента начала реакции на условие инициирования и свободой выбора последовательности обработки условий инициирования, если в текущий момент таких условий возникло несколько.

Для обеспечения эффективного взаимодействия агентов, работающих с общей графодинамической памятью, наряду с представляемой им свободой, необходима разработка таких правил их поведения, которые гарантируют безопасность и производительность каждого из них. В конечном счете, эти правила сводятся к двум положениям:

- забота о безопасности, точнее, об обеспечении безопасного выполнения своей задачи;
- невмешательство в работу других агентов.

Для обеспечения безопасного выполнения своей задачи агент блокирует некоторые элементы ГС, которая хранится в общей графодинамической памяти. Блокировка – это запрет, установленный заданным агентом и адресованный другим агентам, на выполнение тех или

иных действий над заданным элементом хранимой ГС. Таким образом, существует несколько видов таких блокировок, например:

- запрет на удаление заданного элемента ГС;
- запрет на удаление всех элементов хранимой ГС, инцидентных заданному (блокируемому) элементу;
- запрет на удаление/генерацию заданного вида элементов хранимой ГС, которые связаны с блокируемым элементом выходящей из него (или входящей в него) парой инцидентности, принадлежащей заданному отношению инцидентности.

Приведем некоторые правила поведения агента, работающего с общей графодинамической памятью:

- не нарушать блокировочные запреты, сформированные другими агентами;
- заблокировать тот фрагмент обрабатываемой ГС, целостность которого необходимо сохранить до завершения своей работы;
- не «жадничать» – не блокировать больше, чем надо;
- снимать свои блокировки как можно быстрее, как только в них отпадает необходимость;
- удалять сгенерированные для своей работы вспомогательные структуры, как только в них отпадает необходимость;
- поиск фрагментов хранимой ГС, являющихся условиями инициирования агента, осуществлять поэтапно, начиная с поиска тех частей этих условий, которые реже появляются в памяти (это необходимо для того, чтобы скорее установить факт отсутствия условий инициирования).

В случае возникновения конфликтов между агентами используются внутренние агенты специального вида, реагирующие на возникновение таких конфликтов и обеспечивающие их разрешение (такие агенты будем называть метаагентами-судьями).

Для организации своей деятельности над графодинамической памятью каждый агент «опирается» на соответствующее ему семейство постоянно присутствующих в памяти элементов хранимой ГС. Указанные элементы будем называть *ключевыми элементами агентов*, которые соответствуют константам программ, описывающих поведение агентов.

Сложность комплексного перехода на графодинамическую парадигму параллельной асинхронной обработки информации определяется исключительно психологическими обстоятельствами. Но накопленный человечеством опыт по созданию КС и, в частности, ИС позволяет этот переход сделать достаточно быстро, так как многие проблемы, возникающие при реализации и применении графодинамических моделей, имеют достаточно близкие аналоги в традиционных КС, но решаются значительно проще. Эпицентром такого перехода является формализация смысла и разработка семантически совместимых языковых средств представления различных видов знаний.

2.2 Ориентация на смысловые модели представления и обработки знаний в графодинамических моделях

В качестве формальной основы проектируемых ИС, в качестве основы абстрактных логико-семантических моделей ИС, предлагается использовать графодинамические модели специального вида – *смысловые модели представления и обработки знаний*, в основе которых лежат *семантические сети* [8-13].

Фактически, речь идет о создании формальных средств описания *смысла* различных видов знаний и формальных средств описания обработки знаний на смысловом уровне.

Без уточнения понятия смысла невозможно:

- решить задачу понимания информации, поступающей на вход ИС по разным каналам;

- разработать такой способ внутреннего представления знаний в памяти ИС, который был бы лишен каких бы то ни было особенностей, обусловленных не смыслом хранимых знаний, а предлагаемой формой их представления.

Любой язык есть форма представления всех тех знаний, которые могут быть представлены на этом языке. Смысл же представляемого знания есть такое его абстрактное представление, которое является инвариантом всего многообразия семантически эквивалентных форм представления этого знания в самых различных языках.

Смысловое представление информации является абстрактной знаковой конструкцией, обладающей следующими свойствами.

- 1) Среди знаков, входящих в состав указанной знаковой конструкции не должно существовать пар синонимичных знаков, т.е. знаков, имеющих один и тот же денотат, знаков, обозначающих одну и ту же сущность. Если в процессе обработки смыслового представления информации появляются синонимичные знаки, они должны быть «склеены».
- 2) Не допускается дублирование информации. При этом необходимо четко отличать семантическую эквивалентность знаний от их логической эквивалентности.
- 3) Среди знаков, входящих в состав указанной знаковой конструкции, не должно существовать омонимичных знаков. Из этого, в частности, следует, что в состав рассматриваемой знаковой конструкции не могут входить местоимения. Если в процессе анализа смыслового представления информации будут выявлены омонимичные знаки, то они должны быть «расклеены» на два или более неомонимичных знака.
- 4) Все знаки, входящие в состав указанной знаковой конструкции, не должны иметь внутренней структуры, анализ которой необходим для понимания этой знаковой конструкции. В смысловом представлении информации все знаки, входящие в состав знаковой конструкции, являются ее атомарными фрагментами.
- 5) Все атомарные фрагменты рассматриваемой знаковой конструкции являются знаками, т.е. семантически значимыми фрагментами.
- 6) В рамках построения смыслового представления информации не должны использоваться не только такие конструкции, как слова, термины (словосочетания), но и такие языковые приемы, как склонение, спряжение.
- 7) С синтаксической точки зрения все знаки, входящие в состав смыслового представления информации должны четко делиться на два вида:
 - знаки связей между описываемыми сущностями (связь считается одним из видов описываемых сущностей);
 - знаки сущностей, которые связями не являются. При этом между множеством знаков связей и множеством знаков иных сущностей задается несколько соответствий инцидентности, которые определяют то, какие сущности связываются каждой связью, и то, какие роли выполняют указанные сущности в рамках соответствующих им связей.

Важным достоинством смыслового представления информации является то, что в нем явно и четко задаются связи между описываемыми сущностями (в т.ч. и связи между связями) в виде связей между знаками этих сущностей: четко указывается семантический тип связи, а также указываются компоненты связи и роли этих компонентов в рамках этой связи. Все связи каждой описываемой сущности в смысловом представлении информации представлены только множеством знаков связей, инцидентных знаку указанной сущности, т.е. множеством связей, одним из компонентов которых является знак рассматриваемой сущности. Таким образом, любую знаковую конструкцию можно представить в семантически эквивалентном виде как множество знаков описываемых сущностей и множество знаков связей, связывающих эти описываемые сущности с другими сущностями. При этом на описываемые

сущности и на связи между ними не накладывается никаких ограничений. Описываемые сущности могут быть:

- материальными (физическими) и абстрактными (виртуальными) – числами, множествами, знаками каких-либо сущностей;
- действительно существующими и вымышленными;
- фиксированными (константными) и произвольными (переменными);
- связями между сущностями.

Нетрудно заметить, что знаковая конструкция, являющаяся смысловым представлением информации, в общем случае не может быть линейной, поскольку каждая описываемая сущность, являющаяся денотатом соответствующего знака, может быть связана неограниченным числом связей с другими сущностями, описываемыми в этой же знаковой конструкции. ГС, обладающие указанными выше семантическими свойствами, называют также *семантическими сетями* [11, 14]. Приведенная трактовка семантических сетей дает возможность в полной мере использовать теорию графов для исследований синтаксических свойств семантических сетей и для построения алгоритмов обработки семантических сетей.

Важнейшим достоинством семантических сетей является то, что в них достаточно просто и наглядно выглядит процедура навигационного поиска знаков описываемых сущностей на основе априорного знания семейства отношений, заданных на этих сущностях.

Семантические сети как модели представления знаний известны давно. Но, в отличие от фреймовых, продукционных и логических моделей, для семантических сетей не были разработаны достаточно удобные и практически используемые языки представления знаний, достаточно удобные языки программирования, специально ориентированные на обработку семантических сетей. И, как следствие этого, не были созданы широко используемые комплексные технологии проектирования ИС, в основе которых лежат семантические сети. Вот в чем же хороши семантические сети и в чем достоинство семантических моделей обработки информации:

- Представление знаний в виде семантических сетей позволяет существенно упростить процедуру интеграции знаний и свести эту процедуру к выявлению и склеиванию синонимичных элементов интегрируемых семантических сетей.
- База знаний ИС, представленная в виде корректно построенной семантической сети, полностью исключает дублирование информации.
- Представление знаний в виде семантических сетей позволяет существенно упростить процедуру ассоциативного доступа к различным видам фрагментов хранимой базы знаний, а также существенно расширить типологию запросов к базе знаний.
- Семантические модели обработки знаний не только хорошо приспособлены к поддержке параллельной асинхронной обработки информации, но и обеспечивают обмен информацией через общую графодинамическую память между различными одновременно протекающими процессами.
- С помощью семантических моделей представления и обработки знаний можно проинтерпретировать все известные виды моделей представления обработки знаний (фреймовые, продукционные, логические), а также все известные модели решения задач различного вида и все известные модели рассуждений. Это дает возможность рассматривать перечисленные модели не как альтернативные, а как дополняющие друг друга модели, которые могут сосуществовать в разных сочетаниях в разных ИС.

Семантическая модель обработки знаний представляет собой абстрактную многоагентную систему, состоящую из абстрактной семантической памяти, в которой хранятся семантические сети, и из множества агентов, ориентированных на обработку семантических сетей, хранимых в указанной семантической памяти.

Семантическую память можно трактовать как абстрактную семантическую модель памяти ИС.

Семейство абстрактных агентов, работающих над семантической памятью, вместе с этой семантической памятью можно трактовать как семантическую модель решения задач, используемую в соответствующей ИС, или как операционную семантику этой ИС. Подчеркнем, что семантическую модель обработки информации можно построить для любой компьютерной системы (как для ИС, так и для КС традиционного вида), обеспечивая, тем самым, семантическую совместимость (на абстрактном уровне) не только ИС, но и КС любого уровня интеллектуальности.

Всю семантическую сеть, хранимую в семантической памяти абстрактной логико-семантической модели ИС, будем называть абстрактной *семантической моделью базы знаний* этой ИС.

База знаний должна содержать в себе всю информацию, необходимую агентам, работающим над семантической памятью, для организации коллективной деятельности по решению задач, с которыми должна справляться ИС (сюда, в том числе, входит и описание блокировок, задаваемых разными процессами в семантической памяти).

Семантическая модель базы знаний ИС – это, образно говоря, формальная трактовка «смыслового пространства» в котором «живет» эта ИС, а, точнее, такого фрагмента указанного «смыслового пространства», который в текущий момент указанной ИС известен.

В целом логико-семантическая модель ИС включает в себя:

- семантическую модель базы знаний этой ИС;
- семантическую машину обработки знаний этой ИС, которая, в свою очередь, состоит из семантической памяти и коллектива агентов над семантической памятью.

2.3 Унификация абстрактного смыслового представления знаний различного вида

Предлагается определить структуру *унифицированных семантических сетей*, обеспечивающих представление и интеграцию различных видов знаний.

Это предполагает разработку соответствующего стандарта, выделяющего из всего многообразия абстрактных *языков семантических сетей* определенный базовый универсальный язык семантических сетей, который мы назвали *SC-кодом* (*Semantic Computer code*) [15, 16].

Основными направлениями перехода от семантических сетей общего вида к текстам *SC*-кода являются следующие.

- 1) Переход от семантических сетей, имеющих унарные и многокомпонентные (многоместные) связки, к семантическим сетям, имеющим только бинарные связки. Такие сети будем называть *бинарными семантическими сетями* [17, 18].
- 2) Минимизация алфавита, т.е. минимизация числа меток, используемых в семантических сетях.
- 3) Универсальность разрабатываемого языка, т.е. возможность представления любых знаний в виде текстов этого языка.

Тексты *SC*-кода будем называть *sc-текстами*. Знаки, входящие в состав *sc*-текстов, будем называть *sc-элементами*. Переход от введенного выше общего понятия семантической сети к унифицированным семантическим сетям (*sc*-текстам) рассмотрим как задание целого ряда ограничений на семантические сети общего вида. Такие ограничения не должны снижать семантической мощности языка семантических сетей, претендующего на универсальность.

Ограничение 1. Семантическая нормализация описываемых множеств. Если элемент семантической сети (*sc*-элемент) является знаком некоторого множества, то каждый элемент этого множества, представляющий собой сущность, не являющуюся знаком (*sc*-элементом),

заменяется на знак указанной сущности (на *sc*-элемент, обозначающий эту сущность). Таким образом, все описываемые *sc*-текстом множества становятся множеством знаков, а точнее, множеством *sc*-элементов (*sc*-множествами). Такие множества будем называть семантически нормализованными. Очевидно, любое множество может быть представлено в семантически нормализованном виде. Для описания связей между *sc*-множествами и элементами этих множеств вводятся связи принадлежности. Каждая из этих связей связывает знак некоторого *sc*-множества с одним из элементов этого множества, который всегда является знаком (*sc*-элементом) благодаря семантической нормализации *sc*-множества.

Ограничение 2. Каждая связь описываемых сущностей трактуется как множество, элементами которого являются описываемые сущности, связываемые этой связью. Семантическая нормализация каждого такого множества означает то, что все связи, входящие в состав семантической сети, будут связывать не сами описываемые сущности, а знаки этих сущностей за исключением случаев, когда указанные сущности уже являются знаками.

Ограничение 3. Если в состав семантической сети входит знак небинарной связи, то связи между этим знаком и компонентами обозначаемой им связи задаются не с помощью пар инцидентности (на синтаксическом уровне), а явно с помощью явно вводимых связей принадлежности. Это означает, что в текстах *SC*-кода все небинарные связи представляются с помощью бинарных (сводятся к бинарным).

Ограничение 4. Каждая семантическая сеть и, в частности, каждая унифицированная семантическая сеть (*sc*-текст), которая описывается и, соответственно, обозначается в другой семантической сети (метасети), трактуется как семантически нормализованное множество, элементами которого являются все те и только те знаки, которые входят в состав описываемой семантической сети.

Ограничение 5. В рамках *SC*-кода четко задается и минимизируется алфавит элементов семантических сетей, т.е. алфавит знаков, входящих в состав *sc*-текстов. Указанный алфавит представляет собой семейство классов *sc*-элементов, задаваемых с помощью меток. При этом каждой такой метке взаимно однозначно соответствует свой синтаксически задаваемый класс *sc*-элементов. Семейство таких классов включает в себя классы:

- *sc*-узлов;
- *sc*-ссылок на внешние информационные ресурсы;
- *sc*-ребер;
- *sc*-дуг общего вида;
- *sc*-дуг принадлежности или непринадлежности;
- стационарных константных *sc*-дуг принадлежности.

Ограничение 6. В рамках *SC*-кода четко задаются правила перехода *sc*-элементов из одного синтаксически задаваемого класса *sc*-элементов в другой при полном сохранении его семантики. Речь идет об изменении синтаксического типа *sc*-элемента при появлении определенного вида новой информации об этом *sc*-элементе. В результате такого изменения *sc*-элемент может перейти:

- из класса *sc*-узлов в класс *sc*-ссылок;
- из класса *sc*-узлов в класс *sc*-ребер;
- из класса *sc*-ребер в класс *sc*-дуг общего вида;
- из класса *sc*-дуг общего вида в класс *sc*-дуг принадлежности или непринадлежности;
- из класса *sc*-дуг принадлежности или непринадлежности в класс стационарных константных *sc*-дуг принадлежности.

Ограничение 7. В *SC*-коде сущности, обозначаемые *sc*-элементами, делятся на два вида:

- семантически нормализованные множества, элементами которых являются *sc*-элементы;
- «внешние» описываемые сущности, не являющиеся множествами.

Таким образом, каждый *sc*-элемент есть либо знак множества (множества, элементами которого являются *sc*-элементы), либо знак «внешней» описываемой сущности (сущности, которая множеством не является). Подчеркнем, что *sc*-элементов, являющихся знаками множеств *sc*-элементов, большинство, поскольку:

- каждая связь трактуется как множество *sc*-элементов, обозначающих связываемые сущности;
- каждая структура трактуется как множество всех *sc*-элементов, входящих в эту структуру;
- каждое понятие трактуется как множество *sc*-элементов, обозначающих сущности, являющиеся экземплярами этого понятия.

SC-код имеет четкую базовую теоретико-множественную семантическую интерпретацию всех его *sc*-элементов.

Все *sc*-элементы, кроме знаков связей принадлежности или непринадлежности, можно разбить на следующие уровни иерархии:

- первичные *sc*-элементы – знаки «внешних» сущностей;
- *sc*-элементы второго уровня – знаки множеств, элементами которых являются только первичные *sc*-элементы;
- *sc*-элементы третьего уровня – знаки множеств, среди элементов которых есть, по крайней мере, один *sc*-элемент второго уровня, но нет ни одного *sc*-элемента более высокого уровня;
- и так – до бесконечности.

Ограничение 8. Все *sc*-элементы имеют описанную ниже четкую базовую семантическую типологию:

***sc*-элемент**

\leq разбиение*:

- *sc*-константа
= *sc*-знак фиксированной (конкретной) сущности
- *sc*-переменная
= *sc*-знак нефиксированной (произвольной) сущности

\leq разбиение*:

- первичный *sc*-элемент
= *sc*-знак внешней описываемой сущности
- *sc*-множество
= вторичный *sc*-элемент
= знак множества *sc*-элементов
= *sc*-метазнак
= *sc*-текст
= текст *SC*-кода
= знак *sc*-текста

***sc*-множество**

\leq разбиение*:

- *sc*-связка
- *sc*-структура

= *sc*-знак множества *sc*-элементов, в состав которого входят *sc*-связки или *sc*-структуры, связывающие эти *sc*-элементы

- *sc*-класс
= *sc*-элемент, обозначающий класс *sc*-элементов
= *sc*-знак множества *sc*-элементов, эквивалентных в том или ином смысле

}

***sc*-связка**

\leq разбиение*:

{

- бинарная *sc*-связка
- небинарная *sc*-связка

}

\leq разбиение*:

{

- ориентированная *sc*-связка
- неориентированная *sc*-связка

}

бинарная *sc*-связка

квазибинарная *sc*-связка

\supset *sc*-связка принадлежности или непринадлежности

\leq разбиение*:

{

- бинарная неатомарная *sc*-связка
- *sc*-коннектор
= бинарная атомарная *sc*-связка
 \leq разбиение*:

{

- *sc*-ребро
- *sc*-дуга

}

}

***sc*-связка принадлежности или непринадлежности**

\leq разбиение*:

{

- *sc*-связка принадлежности
- *sc*-связка непринадлежности
- *sc*-связка нечеткой принадлежности

}

\leq разбиение*:

{

- стационарная *sc*-связка принадлежности или непринадлежности
- нестационарная *sc*-связка принадлежности или непринадлежности

}

***sc*-структура**

\leq разбиение*:

{

- тривиальная *sc*-структура
= *sc*-структура, не содержащая *sc*-связок между своими элементами

- *двухуровневая sc-структура*
= *sc-структура, содержащая первичные элементы (вершины) и связи, связывающие только первичные элементы*
- *иерархическая sc-структура*
= *sc-структура, среди элементов которой имеются связи или структуры, связывающие другие связи или структуры этой же структуры*

}

<= разбиение*:

{

- *связная sc-структура*
- *несвязная sc-структура*

}

sc-класс

<= разбиение*:

{

- *класс первичных sc-элементов*
- *sc-отношение*
= *класс sc-связок*
- *класс sc-структур*
- *класс sc-классов*
= *sc-метакласс*
- *класс sc-элементов разного структурного типа*

}

⊃ *sc-понятие*

= *sc-концепт*

= *ключевой класс sc-элементов*

= *sc-знак ключевого класса sc-элементов*

Достоинствами SC-кода являются следующие его свойства:

- все основные семантические связи между текстами (семантическая эквивалентность, семантическое включение, семантическое пересечение) в SC-коде становятся теоретико-множественными (равенство, включение, пересечение множеств);
- неограниченная возможность перехода от sc-текстов к sc-метатекстам, содержащим знаки описываемых sc-текстов;
- тексты SC-кода (в том числе и те тексты, sc-знаки которых явно вводятся в рамках соответствующих им метатекстов) могут быть иерархическими структурами, имеющими любое число уровней иерархии, поскольку sc-элемент может обозначать множество, состоящее из любых sc-элементов. В отличие от этого, например, такие традиционные структуры, как алгебраические системы, являются трехуровневыми:
 - на первом уровне – элементы носителя (основного множества) алгебраической системы;
 - на втором уровне – кортежи, элементами которых являются элементы носителя;
 - на третьем уровне – отношения, элементами которых являются указанные кортежи.

Формализация знаний на основе SC-кода предполагает теоретико-множественную интерпретацию всех sc-элементов, не являющихся знаками «внешних» сущностей. Все такие sc-элементы являются знаками множеств sc-элементов и необходимо, прежде всего, уточнять то, какие sc-элементы являются знаками этих множеств. При этом совсем не обязательно, чтобы все эти sc-элементы были представлены в текущем состоянии sc-памяти.

2.4 Унификация структуризации баз знаний

Понятие *смыслового пространства* и представление этого пространства в виде унифицированной семантической сети имеют ключевое значение для решения таких задач, как:

- обеспечение семантической совместимости баз знаний различных ИС;
- интеграция знаний различного вида;
- обеспечение компонентного проектирования баз знаний ИС путем использования ранее разработанных и апробированных знаний, заимствованных из смыслового пространства.
- Структуризация смыслового пространства задаётся:
- типологией знаний, входящих в состав смыслового пространства, путём явного введения понятий, которые обозначают различные виды знаний, представленных семантическими сетями, являющимися фрагментами смыслового пространства;
- семейством отношений, заданных на множестве выделенных знаний, являющихся фрагментами смыслового пространства.

Подчеркнём, что не существует ни одного вида знаний, который бы не входил в состав смыслового пространства. Это значит, что рассматриваемое нами смысловое пространство носит универсальный характер. Подчеркнём также, что структуризацию смыслового пространства удобнее всего проводить в рамках унифицированной модели (*SC*-модели) смыслового пространства, поскольку *SC*-код является весьма удобным средством перехода от представления знаний к представлению метазнаний.

Для структуризации смыслового пространства ключевую роль играют такие виды *знаний*, как *ПрО*, *онтология*, *семантическая окрестность*.

ПрО – это важнейший вид знаний, входящих в состав смыслового пространства. Каждый знак, входящий в состав базы знаний, должен входить в состав хотя бы одной *ПрО*, выполняя в ней ту или иную роль. Каждой *ПрО* можно поставить в соответствие:

- множество семантических окрестностей, описывающих объекты исследования этой *ПрО*;
- семейство различного вида онтологий, описывающих свойства понятий этой *ПрО*.

ПрО – структура, фокусирующая (локализирующая, концентрирующая) внимание только на заданном классе объектов исследования и только в заданном «ракурсе», который формально задаётся набором отношений, заданных на исследуемых объектах.

При накоплении больших объёмов знаний появляется огромное количество самых различных понятий (концептов) и возникает проблема структуризации и систематизации этого многообразия понятий. Для этого все накапливаемые знания делятся на связанные между собой *ПрО*, каждой из которых соответствует свой набор понятий, каждое из которых в рамках этой *ПрО* выполняет определенную роль (либо является классом объектов исследования, либо является отношением, заданным на множестве объектов исследования, и так далее).

ПрО – это структура, в состав которой входят:

- 1) основные исследуемые (описываемые) объекты – первичные и вторичные;
- 2) различные классы исследуемых объектов;
- 3) различные связки, компонентами которых являются исследуемые объекты (как первичные, так и вторичные);
- 4) различные классы указанных выше связок;
- 5) различные подструктуры *ПрО*;
- 6) различные классы объектов, не являющихся ни объектами исследования, ни указанными выше связками, но являющихся компонентами этих связок.

ПрО – это результат интеграции семантических окрестностей, описывающих все исследуемые сущности заданного класса и имеющих общий предмет исследования (то есть один и тот же набор отношений, которым должны принадлежать связки, входящие в состав интегрируемых семантических окрестностей).

Необходимо чётко отличать:

- 1) саму ПрО, которая практически всегда бесконечна;
- 2) тот фрагмент ПрО, который в текущий момент хранится в памяти и элементы которого явно связаны парами принадлежности со знаком соответствующей ПрО, подчеркнём, что указанный фрагмент ПрО всегда должен быть конечным множеством;
- 3) различного вида онтологии указанной ПрО.

Кроме общего понятия ПрО, введём уточнение этого понятия на основе SC-кода, то есть уточнение того, как ПрО будут представлены в рамках SC-модели смыслового пространства.

sc-модель ПрО

= sc-текст ПрО

= ПрО, представленная в SC-коде

= sc-граф ПрО

= уточнение понятия ПрО на основе SC-кода

= ПрО, представленная в рамках SC-модели смыслового пространства

\subset бесконечное sc-множество

\subset ПрО

\subset sc-знание

Если ПрО рассматривать как часть смыслового пространства, то её ролевая структура будет выглядеть существенно сложнее, чем просто класс объектов исследования с семейством заданных на нём отношений. Важно учитывать не только роли элементов в рамках самой ПрО, но и их соотношение со смысловым пространством. Так, например, важно знать, все ли элементы (экземпляры) каждого понятия (концепта) ПрО входят в состав этой ПрО, то есть являются её элементами.

ПрО – это бесконечная знаковая структура, в которой явно указываются роли тех знаков, обозначающие понятия (концепты), экземпляры (элементы) которых входят в состав этой же ПрО. Роль каждого понятия в рамках ПрО определяется по двум признакам:

- по уровню исследовательского внимания;
- по структурному уровню.

По уровню исследовательского внимания понятия в рамках ПрО могут выполнять следующие роли:

- быть максимальным классом исследуемых объектов в рамках данной ПрО;
- быть классом исследуемых объектов в рамках данной ПрО (не обязательно максимальным классом);
- быть исследуемым классом не исследуемых объектов (например, связей, структур или даже классов, состоящих из исследуемых объектов);
- быть неосновным исследуемым классом (неосновным понятием, вводимым в рамках данной ПрО);
- быть не исследуемым классом (классом дополнительных, вспомогательных сущностей, классом, который исследуется в другой ПрО).

По структурному уровню понятия, рассматриваемые в рамках ПрО, могут выполнять следующие роли:

- быть максимальным классом первичных элементов данной ПрО – этот класс также должен быть либо максимальным классом исследуемых объектов, либо подклассом этого класса;
- быть отношением данной ПрО, заданным над первичными или вторичными элементами этой ПрО, то есть являющимся классом связей, входящих в состав указанной ПрО;
- быть классом структур, целиком входящих в состав данной ПрО;
- быть классом классов, целиком (полностью) входящих в состав ПрО;

- быть классом сущностей, принадлежащих разным структурным уровням данной ПрО, – в каждый такой класс могут одновременно входить и первичные элементы, и связи, и структуры, и классы.

Кроме того, для каждого не исследуемого класса элементов ПрО должно быть дополнительно уточнено теоретико-множественное соотношение этого класса с множеством элементов, входящих в состав ПрО:

- быть не исследуемым классом, который является подмножеством данной ПрО;
- быть не исследуемым классом, который строго пересекается с данной ПрО.

Подчеркнём, что все исследуемые классы ПрО (в том числе и классы непосредственно исследуемых объектов) являются подмножествами этой ПрО.

Множество ПрО развивается на два класса:

- статические (стационарные) ПрО;
- динамические ПрО.

Кроме того, можно говорить о первичных и вторичных ПрО (по аналогии с первичными и вторичными *sc*-элементами). Можно также говорить о классе рефлексивных ПрО, в каждой из которых хотя бы некоторые её ключевые элементы (исследуемые понятия) либо она сама являются объектами исследования (экземплярами исследуемых классов) в этой же ПрО.

Но во всём бесконечном множестве ПрО особо следует выделить конечное число ПрО, которые назовём общими ПрО и которые являются основой для построения различного вида спецификаций всевозможных предметных областей, а также основой для построения самих ПрО.

К числу общих ПрО относятся:

- общая ПрО предметных областей;
- общая ПрО знаков (в том числе *sc*-элементов);
- общая ПрО множеств (в том числе *sc*-множеств);
- общая ПрО отношений;
- общая ПрО структур (в том числе *sc*-структур);
- общая ПрО чисел и числовых структур;
- общая ПрО параметрических моделей (как количественных, так и качественных);
- общая ПрО онтологий;
- общая ПрО семантических окрестностей;
- общая ПрО знаний (*sc*-знаний);

Онтология – вид знаний, каждое из которых является спецификацией (описанием свойств) соответствующей ПрО, ориентированной на описание свойств и взаимосвязей понятий, входящих в состав указанной ПрО.

Из общей интегрированной онтологии ПрО можно выделить следующие частные онтологии:

- структурные спецификации ПрО, в которых описываются роли понятий, входящих в состав ПрО, а также связи специфицируемых ПрО с другими ПрО;
- теоретико-множественные онтологии ПрО, в которых описываются теоретико-множественные связи между понятиями специфицируемых ПрО, включая связи между классами объектов исследования и доменами или областями определения отношений, входящих в состав специфицируемых ПрО;
- терминологические онтологии, описывающие всевозможные термины, соответствующие понятиям специфицируемых ПрО, а также правила построения терминов, которые соответствуют экземплярам указанных понятий;

- логические онтологии, представляющие собой формальные теории, высказывания которых интерпретируются на специфицируемых ПрО и описывают свойства понятий, входящих в состав этих ПрО;
- онтологии информационных программ и задач, решаемых в рамках специфицируемых ПрО.

Каждому виду онтологий соответствует своя общая ПрО, интегрирующая все онтологии этого вида:

- структурным спецификациям (онтологиям) ПрО соответствует общая ПрО предметных областей;
- теоретико-множественным онтологиям ПрО соответствует общая ПрО множеств;
- логическим онтологиям ПрО соответствует общая ПрО формальных теорий и высказываний;
- и так далее.

Всем общим ПрО (в том числе и тем, которые соответствуют различным видам онтологий) соответствуют свои онтологии, специфицирующие эти общие ПрО. Онтологии общих ПрО являются *онтологиями верхнего уровня*. К числу таких онтологий относятся:

- онтология общей ПрО знаков (в частности, *sc*-элементов);
- онтология общей ПрО терминов (в частности, идентификаторов *sc*-элементов);
- онтология общей ПрО информационных конструкций (в т.ч. файлов, хранящих эти конструкции);
- онтология общей ПрО множеств (в частности, *sc*-множеств);
- онтология общей ПрО структур (графовых структур, *sc*-структур);
- онтология общей ПрО предметных областей;
- онтология общей ПрО онтологий;
- онтология общей ПрО формальных теорий и высказываний;
- онтология общей ПрО семантических окрестностей;
- онтология общей ПрО знаний (в частности, *sc*-знаний).

Семантическая окрестность заданного знака (который будем называть ключевым элементом этой семантической окрестности) – это текст, описывающий некоторые свойства той сущности, которая обозначается указанным ключевым знаком.

Другими словами, семантическая окрестность – это некоторого вида спецификация указанной описываемой сущности.

Точно так же, как и для онтологий, можно говорить о многообразии видов семантических окрестностей, которые определенным образом коррелируют с типологией специфицируемых сущностей.

В частности, можно выделить следующие виды семантических окрестностей:

- определение понятия;
- пояснение понятия;
- примечание (описание различных свойств специфицируемой сущности);
- описание преимуществ (достоинств);
- описание недостатков;
- сравнительный анализ;
- типичная семантическая окрестность (пример типичного использования описываемого понятия);
- описание декомпозиции заданной сущности;
- теоретико-множественная семантическая окрестность;
- логическая семантическая окрестность (семейство высказываний, описывающих свойства данного понятия).

Расширение семантической окрестности (т.е. повышение уровня детализации заданного знака) может осуществляться как путем расширения числа указываемых свойств (характеристик) и связей заданного знака (назовем это увеличением валентности специфицируемого знака), так и путем включения в состав расширяемой семантической окрестности семантических окрестностей тех знаков, которые смежны специфицируемому (центральному) знаку заданной (расширяемой) семантической окрестности (назовем это увеличением радиуса заданной семантической окрестности в соответствующем направлении).

Теперь перейдем к рассмотрению отношений, заданных на множестве знаний.

Прежде всего, рассмотрим отношения, связывающие между собой ПрО. Важнейшим из них является отношение *частная ПрО* *, с помощью которого задается иерархия ПрО путем перехода от менее детального к более детальному рассмотрению соответствующих классов объектов исследования.

Частная ПрО *

= *быть частной ПрО **

= *ПрО, детализирующая описание одного из классов объектов исследования другой (более общей) ПрО**

= *ПрО, максимальный класс объектов исследования которой является подмножеством максимального класса объектов исследования другой (более общей) ПрО**

Кроме этого, ПрО могут быть связаны между собой следующим образом:

- ПрО могут иметь совпадающие максимальные классы объектов исследования, но разные предметы исследования, в частности, в одной ПрО могут рассматриваться внешние связи исследуемых объектов, а в другой – внутренняя структура этих объектов;
- максимальный класс объектов исследования одной ПрО может быть булеаном (семейством всевозможных подмножеств) максимального класса объектов исследования другой ПрО (например, ПрО *геометрических фигур* и ПрО *геометрических точек*);
- максимальный класс объектов исследования одной ПрО может быть семейством всевозможных структур, являющихся фрагментами другой ПрО (например, ПрО конфигураций геометрических фигур и ПрО геометрических фигур);
- понятия одной ПрО могут быть объектами исследования в другой ПрО;
- каждое не исследуемое понятие одной ПрО должно быть исследуемым понятием в некоторой другой ПрО;
- ПрО могут быть изоморфными и гомоморфными.

Связь между ПрО и ее онтологией задается отношением *быть онтологией**.

2.5 Ориентация на графовые языки программирования

Для описания способов решения задач и поведения агентов над общей графодинамической памятью предлагается использовать *графовые языки программирования*, которые ориентированы на обработку унифицированных семантических сетей и программы которых сами являются унифицированными семантическими сетями.

Если все используемые в ИС графовые языки программирования привести к общему унифицированному стандарту – к *SC*-коду (это требует представления в виде *sc*-текстов не только самих программ, но и обрабатываемых ими данных), то можно достаточно эффективно решать проблему формализации семантической совместимости программ, написанных не только на одном, но и на разных языках программирования.

Наряду с применением в ИС множества *sc*-языков самого различного назначения, востребованным является использование целого семейства совместимых *sc*-языков программирования, которые могут иметь разный уровень, могут быть последовательными, параллельными, процедурными и декларативными.

Важнейшей особенностью всех этих языков является использование ассоциативного доступа к обрабатываемым фрагментам хранимого в графодинамической памяти *sc*-текста. Операционная семантика каждого такого графового языка программирования (точнее, *sc*-языка программирования) задается коллективом агентов над общей графодинамической памятью, которые обеспечивают интерпретацию любой программы указанного языка программирования, хранящейся вместе с обрабатываемой информацией в указанной графодинамической памяти.

Программы, представленные в виде семантической сети и описывающие обработку семантических сетей, а также соответствующие им языки программирования фактически открывают новую страницу в теории программирования, которую можно назвать семантической теорией программ и языков программирования.

2.6 Унификация формального описания поведения агентов обработки информации в графодинамической семантической памяти

Из всех используемых в интеллектуальной системе графовых языков программирования (а, точнее, из всех *sc*-языков программирования) предлагается выделить базовый графовый язык программирования, ориентированный на описание агентов, работающих над общей графодинамической памятью, в которой хранятся и обрабатываются унифицированные семантические сети.

Выделение базового *sc*-языка программирования предназначено для унификации формального описания поведения агентов, работающих над общей графодинамической памятью.

Такой базовый *sc*-язык программирования будем называть *языком SCP* (Semantic Code Programming), а написанные на нем программы будем называть *scp-программами*.

Перечислим основные особенности языка *SCP*:

- язык *SCP* относится к классу графовых языков программирования;
- язык *SCP* ориентирован на обработку унифицированных семантических сетей (*sc*-текстов), хранимых в семантической памяти;
- программы языка *SCP* представляются также в виде унифицированных семантических сетей (*sc*-текстов), т. е. язык *SCP* принадлежит классу *sc*-языков;
- язык *SCP* ориентирован на описание параллельной асинхронной обработки *sc*-текстов, хранимых в семантической памяти;
- язык *SCP* использует ассоциативный доступ к фрагментам обрабатываемых *sc*-текстов;
- язык *SCP* является процедурным языком программирования низкого уровня, предназначенным для описания поведения агентов, работающих над семантической памятью;
- уникальной особенностью языка *SCP* является то, что на нем можно писать *реконфигурируемые программы*, т. е. программы, которые в процессе своего выполнения могут изменять сами себя (удалять или порождать операторы, корректировать порядок их выполнения и т. п.). Такая особенность языка *SCP* обусловлена не только тем, что *scp*-программы и обрабатываемые ими данные хранятся в общей памяти, но и тем, что они принадлежат одному и тому же, базовому языку (*SC*-коду), имеющему четко заданную семантическую интерпретацию.

Более подробно графовый язык программирования *SCP* и технология проектирования *scp*-программ рассмотрены в работах [19, 20].

Заключение

В работе предложены принципы построения технологии проектирования ИС, основанных на онтологиях и семантическом представлении знаний.

Предлагаемый в работе подход к созданию средств построения ИС нового поколения заключается в ориентации на графодинамическую парадигму обработки информации, в основе которой лежит понятие графодинамической (нелинейной структурно перестраиваемой) памяти, в которой обработка информации сводится не только к изменению состояния элементов памяти, но и к изменению конфигурации связей между ними. Выбор графодинамической парадигмы обусловлен тем, что графодинамические модели обработки информации по сравнению с другими моделями имеют ряд преимуществ:

- поддерживают развитые формы ассоциативного доступа;
- поддерживают параллельную реализацию операций;
- поддерживают асинхронную реализацию операций;
- легко интегрируются;
- легко интерпретируются друг другом;
- легко поддерживают работу со сложно структурированной информацией любого уровня сложности;
- поддерживают достаточно простой переход от информации к метаинформации и согласованную обработку информации и метаинформации;
- поддерживают гибкие (открытые, легко расширяемые, модифицируемые) и мощные стратегии и механизмы решения трудно формализуемых задач.

Список источников

- [1] **Попков, В.К.** Гиперсети и их характеристики связности / В.К. Попков // Исследования по прикладной теории графов. - Новосибирск: Наука, 1986. - С. 25-58.
- [2] **Колмогоров, А.Н.** К определению алгоритма / А.Н. Колмогоров // Успехи математических наук. - 1958. - Т.13. - №4(82). - С. 3-28.
- [3] **Айзерман, М. А.** Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) / М.А. Айзерман, Л.А. Гусев, С.В. Петров, И.М. Смирнова, Л.А. Тененбаум // Исследования по теории структур. - М.: Наука, 1988. - С. 5-76.
- [4] **Петров, С.В.** Графовые грамматики и автоматы (обзор) / С.В. Петров // Автоматика и телемеханика. - 1978. - №7. - С. 116-136.
- [5] **Касьянов, В.Н.** Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев. – СПб.: BHV -Петербург, 2003. – 1104 с.
- [6] **Котов, В.Е.** Асинхронные вычислительные процессы над общей памятью / В.Е. Котов, А.С. Нариньяни // Кибернетика. - 1966. – №3. - С. 64-71.
- [7] **Борщев, В.Б.** Схемы на клубных системах и вегетативная машина / В.Б. Борщев // Семиотика и информатика. - 1983. - Вып. 22. - с. 3-44.
- [8] **Кузнецов, И.П.** Семантические представления. / И.П. Кузнецов. – М: Наука, 1986.- 268 с.
- [9] **Лозовский, В.С.** Семантические сети / В.С. Лозовский // Представление знаний в человеко-машинных и робототехнических системах. – М.: ВИНТИ, 1984. – С. 84-121.
- [10] **Плесневич, Г.С.** Представление знаний в ассоциативных сетях / Г.С. Плесневич // Изв. АН СССР. Техн. кибернет. - 1982. – №5. - с.6-22.
- [11] **Скоруходько, Э.Ф.** Семантические сети и автоматическая обработка текста / Э.Ф. Скоруходько. – К.: Наук. думка, 1983. – 220 с.
- [12] **Шенк, Р.** Обработка концептуальной информации / Р. Шенк. - Москва: Энергия, 1980. - 360 с.
- [13] **Sowa, J.F.**. Conceptual Graphs / J.F. Sowa, F. van Harmelen, V. Lifschitz, B. Porter // Handbook of Knowledge Representation. - Elsevier, 2008. - P. 213-237.
- [14] **Болотова, Л.С.** Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях / Л.С. Болотова. – М.: Финансы и статистика, 2012. – 664 с.
- [15] **Голенков, В.В.** Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах / В.В. Голенков, О.Е. Елисеева, В.П. Ивашенко и др. – Мн. : БГУИР, 2001. – 412 с.
- [16] **Голенков, В.В.** Графодинамические ассоциативные модели и средства параллельной обработки информации в системах искусственного интеллекта / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина // Доклады БГУИР. – 2004. - №1(5). – С.92-101.

- [17] **Плесневич, Г.С.** Бинарные модели знаний / Г.С. Плесневич // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'08) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2008). Научное издание в 4-х томах. Т.2. – М.: Физматлит, 2008. – С.135-146.
- [18] **Карабеков, Б.А.** Система «Бинарная Модель Знаний» как инструмент для концептуального моделирования бизнес-процессов / Б.А. Карабеков // Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту: Труды конференции. Т.2. – М.: Физматлит, 2008. – С. 282-291.
- [19] **Голенков, В.В.** Программирование в ассоциативных машинах/ В.В. Голенков и др. – Мн.: БГУИР, 2001. – 276 с.
- [20] **Гулякина, Н.А.** Языки и технологии программирования, ориентированные на обработку семантических сетей / Н.А. Гулякина О.В. Пивоварчик, Д.А. Лазуркин // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» – Мн.: БГУИР, 2012. – С. 221-228.
-

PROJECT OF OPEN SEMANTIC TECHNOLOGY OF THE COMPONENTAL DESIGN OF INTELLIGENT SYSTEMS. PART 1: THE PRINCIPLES OF CREATION

Vladimir Golenkov¹, Natalia Guliakina²

Belarusian State University of Informatics and Radio-electronics, Minsk, Belarus

¹golen@bsuir.by, ²guliakina@bsuir.by

Abstract

This paper describes an open source project aimed at the creation and development of component technology of intelligent systems design. In the first part of the article contains a description of the developed principles of the technology of intelligent systems design based on ontologies and semantic representation of knowledge. The use of the accumulated experience of modern information technology, application graph dynamic models of information processing is demonstrated. In particular, it is proposed to focus on parallelism and asynchrony, on semantic model knowledge representation and processing, on the graph programming languages. The authors recommend focusing on the unification of abstract semantic knowledge representation, unification structuring knowledge bases and formal description of the behavior of agents in information processing graph dynamic semantic memory.

Key words: *intelligent system, design technology, semantic network, SC-code domain ontology, the graph programming language, the language of the SCP.*

Reference

- [1] **Popkov, V.K.** Giperseti i ikh kharakteristiki svyaznosti [Hypernetworks and their coherence characteristics] / V.K. Popkov // Issledovaniya po prikladnoj teorii grafov [Research in the applied graph theory]. – Novosibirsk: Nauka publ., 1986. - pp. 25-58. (In Russian).
- [2] **Kolmogorov, A.N.** K opredeleniyu algoritma [Towards the definition of algorithm] / A.N. Kolmogorov // Uspekhi matematicheskikh nauk [Advances of mathematical science]. - 1958. - Vol.13. - Issue 4(82). - pp. 3-28. (In Russian).
- [3] **Ajzerman, M.A.** Dinamicheskij podkhod k analizu struktur, opisyaemykh grafami (osnovy grafodinamiki) [Dynamic approach to the analysis of structures which can be described by graphs (basic graph dynamics)] / M.A. Ajzerman, L.A. Gusev, S.V. Petrov, I.M. Smirnova, L.A. Tenenbaum // Issledovaniya po teorii struktur. – Moscow: Nauka publ., 1988. - pp. 5-76. (In Russian).
- [4] **Petrov, S.V.** Grafovye grammatiki i avtomaty (obzor) [Graph grammatiks and automatons (review)] / S.V. Petrov // Avtomatika i telemekhanika [Automation and telemechanics]. - 1978. - Issue 7. - pp. 116-136. (In Russian).
- [5] **Kas'yanov, V.N.** Grafy v programmirovanii: obrabotka, vizualizatsiya i primenenie. [Graphs in programming: processing, visualization and applications] / V.N. Kas'yanov, V.A. Evstigneev. - St-Petersburg: BHV-Petersburg publ., 2003. - 1104 p. (In Russian).
- [6] **Kotov, V.E.** Asinkhronnye vychislitel'nye protsessy nad obshhej pamyat'yu. [Asynchronous computing processes over shared memory] / V.E. Kotov, A.S. Narin'yani // Kibernetika [Cybernetics]. - 1966. - Issue 3. - pp. 64-71. (In Russian).

- [7] **Borshhev, V.B.** Skhemy na klubnykh sistemakh i vegetativnaya mashina [Scheme for club systems and the vegetative machine] / V.B. Borshhev // Semiotika i informatika [Semiotics and informatics]. - 1983. - Issue 22. - pp. 3-44. (In Russian).
- [8] **Kuznetsov, I.P.** Semanticheskie predstavleniya [Semantic representations] / I.P. Kuznetsov. - Moscow. Nauka publ., 1986. - 268 p. (In Russian).
- [9] **Lozovskij, V.S.** Semanticheskie seti [Semantic networks] / V.S. Lozovskij // Predstavlenie znaniy v chelovekomashinnykh i robototekhnicheskikh sistemakh [Knowledge representation in man-machine systems and robotic]. Moscow: VINITI publ., 1984. - pp. 84-121. (In Russian).
- [10] **Plesnevich, G.S.** Predstavlenie znaniy v assotsiativnykh setyakh [Knowledge representation in associative networks]. / G.S. Plesnevich // Isv. AN SSSR Tehn. kibernet [Tidings of USSR Academy of science. Technical cybernetics]. - 1982. - Issue 5. - pp. 6-22. (In Russian).
- [11] **Skorokhod'ko, E.F.** Semanticheskie seti i avtomaticheskaya obrabotka teksta [Semantic networks and automatic text processing] / E.F. Skorokhod'ko. - Kiev: Nauk. publ., 1983. - 220 p. (In Russian).
- [12] **Shenk, R.** Obrabotka kontseptual'noj informatsii [Conceptual information processing] / R. Shenk. - Moscow. Energiya publ., 1980. - 360 p. (In Russian).
- [13] **Sowa, J.F.** Conceptual Graphs / J.F. Sowa, F. van Harmelen, V. Lifschitz, B. Porter // Handbook of Knowledge Representation. - Elsevier, 2008. - pp. 213-237.
- [14] **Bolotova, L.S.** Sistemy iskusstvennogo intellekta: modeli i tekhnologii, osnovannye na znaniyakh [Artificial intelligence systems: models and technologies] / L.S. Bolotova. - Moscow. Finance and Statistics, 2012. - 664 p. (In Russian).
- [15] **Golenkov, V.V.** Predstavlenie i obrabotka znaniy v grafodinamicheskikh assotsiativnykh mashinakh [Representation and processing of knowledge in graphdynamic systems] / V.V. Golenkov et al. - Minsk. BGYIR, 2001. - 412 p. (In Russian).
- [16] **Golenkov, V.V.** Grafodinamicheskie assotsiativnye modeli i sredstva parallel'noj obrabotki informatsii v sistemakh iskusstvennogo intellekta [Graphdynamic associative models and means of parallel processing of information in artificial intelligence systems] / V.V. Golenkov, N.A. Gulyakina // BGYIR proceedings. - 2004. - Issue 1(5). - pp. 92-101. (In Russian).
- [17] **Plesnevich, G.S.** Binarnye modeli znaniy [Binary knowledge models] / G.S. Plesnevich // Trudy Mezhdunarodnykh nauchno-tekhnicheskikh konferentsij «Intellektual'nye sistemy» (AIS'08) [Proceedings of AIS'08]. Scientific issue in 4 volumes. Vol.2. - Moscow: Fizmatlit publ., 2008. - pp.135-146. (In Russian).
- [18] **Karabekov, B.A.** Sistema «Binarnaya Model' Znaniy» kak instrument dlya kontseptual'nogo modelirovaniya biznes-protsessov [System "of the binary model of Knowledge" as a tool for conceptual modeling of business processes] / **Karabekov B.A.** // Odinnadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu : Trudy konferentsii [Eleventh National Conference on Artificial Intelligence: Proceedings]. Vol.2. - Moscow, Fizmatlit publ., 2008. - pp. 282-291. (In Russian).
- [19] **Golenkov, V.V.** Programmirovaniye v assotsiativnykh mashinakh [Programming in associative machines] / V.V. Golenkov et al. - Minsk. BGUIR publ., 2001. - 276 p. (In Russian).
- [20] **Gulyakina N.A.**, Yazyki i tekhnologii programmirovaniya, orientirovannyye na obrabotku semanticheskikh setej [Programming languages and technologies focused on processing of semantic networks] / N.A. Gulyakina, O.V. Pivovarchik, D.A. Lazurkin // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem» [Proc. of the International Scientific and Technical Conference "Open semantic technology of intelligent systems]. - Minsk: BGUIR publ., 2012. - pp. 221-228. (In Russian).

Сведения об авторах



Голенков Владимир Васильевич, 1949 г. рождения. В 1971 г. с отличием окончил физический факультет Белорусского государственного университета, д.т.н. (1996), профессор, заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, инициатор международной научно-практической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем», член Российской ассоциации искусственного интеллекта, член редколлегии журналов «Программные продукты и системы», «Онтология проектирования», «Элек-

троники ИНФО», «Речевые технологии». В списке научных трудов более 100 работ в области семантических технологий.

Vladimir Golenkov was born in 1949. In 1971 he graduated from the faculty of physics of Belarusian State University with honors diploma, Dr. of science (1996), professor. The head of the department of Intelligent information systems of Belarusian State University of Informatics and Radio-electronics, initiator of the international science and practical conference «Open Semantic technologies for Intelligent Systems» (OSTIS), member of Russian association of artificial intelligence, member of the editorial board of such journals as «Program products and systems», «Ontology of designing», «Electronics-INFO», «Speech technologies». The list of his published works consists of more than 100 articles in the sphere of semantic approach in the intelligence systems design.



Гулякина Наталья Анатольевна, 1952 г. рождения. В 1974 г. окончила факультет прикладной математики Белорусского государственного университета, к.ф.-м.н, доцент, заместитель заведующего кафедрой интеллектуальных информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, член программного комитета конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем», автор ряда публикаций по вопросам интеллектуальных информационных технологий, автор семи учебно-методических пособий.

Natalia Guliakina was born in 1952. In 1971 she graduated from the faculty of applied mathematics of Belarusian State University, Ph.D., and assistant professor. Deputy head of the department of Intelligent information systems of Belarusian State University of Informatics and Radio-electronics, a member of Program Committee of the international conference «Open Semantic technologies for Intelligent Systems» (OSTIS), author of several publications on artificial intelligence systems design, author of seven educational toolkits.

УДК 004.5:004.8

СИСТЕМА СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОТВЕТНЫХ ТЕКСТОВ ОБУЧАЕМОГО НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Д.Ш. Сулейманов

Казанский федеральный (Приволжский) университет,
НИИ «Прикладная семиотика» АН РТ, Казань, Россия
dvdt.slt@gmail.com

Аннотация

В статье описывается двухуровневая модель контроля ответа обучаемого, лежащая в основе построения системы семантического анализа ответных текстов на естественном языке в диалоговом контексте. Дается описание двух важных методологических принципов: «детерминированности контекста» и «ожидаемости смысла ответа», за счет которых достигается эффективность системы. Описываются архитектура системы и шесть базовых принципов реализации: выделение системы семантических единиц; семантическая классификация вопросно-ответных текстов на основе типовых отношений; разработка индивидуальных концептуальных грамматик семантических классов; сегментация вопросно-ответных текстов; релевантность представления знаний (модели ответа); открытости системы. Работа системы демонстрируется на примере анализа ответа класса *Функция*.

Ключевые слова: семантический анализ, концептула, индивидуальные концептуальные грамматики, модель ответа, тип вопроса, семантическая типизация вопросно-ответных текстов.

Введение

Как известно, современные автоматизированные системы контроля ответов обучаемого основаны, главным образом, на модели выборочного типа ответов и практически не обладают возможностями диагностирования ответа, конструируемого самим обучаемым, что, очевидно, ограничивает обучаемого в свободном изложении мысли при ответе на вопрос [1]. Соответственно, построение автоматизированной системы анализа ответов обучаемого на естественном языке (ЕЯ) в произвольной форме является весьма важной и актуальной задачей, решение которой способно существенно повысить качество образовательного процесса.

Построение системы семантического анализа текстов в контексте, управляемом вопросом системы к пользователю, имеет свою специфику, выгодно отличающую его от других ЕЯ-диалоговых систем и создающую реальные предпосылки для построения эффективной системы контроля ответов обучаемого на ЕЯ [2].

Возможность создания такой системы и ее эффективность обеспечиваются за счет реализации двух важных методологических принципов: «детерминированности контекста» и «ожидаемости смысла ответа». Очевидно, контекст тестирования, в котором задача ученика - дать ответ на заданный вопрос как можно ближе к ответу, ожидаемому учителем, чтобы получить хорошую оценку, побуждает его отвечать максимально точно, используя те термины, понятия и даже формы определений и фраз, которые дал учитель. Одновременно, задавая вопрос, учитель (система) заранее знает множество значений вопроса (возможные ответы) и может с большой точностью и полнотой сформировать модель ответа, который является ожидаемым по заданному вопросу.

Смысловая типизация вопросов и соответствующая семантическая классификация ответных текстов дают возможность противопоставить каждому типу вопроса ограниченный на-

бор допустимых, т.е. логически правильных, смысловых конструкций (ответных формул). Можно рассматривать совокупность этих формул, соответствующих конкретному типу вопроса, как некоторую грамматику, кодирующую конструкции, передающие правильный смысл ответа в контексте, заданном вопросом. Нами была поставлена и решена задача такой классификации вопросно-ответных текстов, когда форма и смысл соответствующего входного текста напрямую зависят от типа вопроса.

Введем определения ряда понятий, далее используемых в статье.

Концептула - это элементарная смыслообразующая единица семантической структуры текста, отражающая роль лексем в значении вопроса и в определенном их сочетании формирующая смысл ответа в контексте, детерминированном заданным вопросом.

Схемы сочетания концептул, соответствующие правильной передаче ожидаемого смысла ответов определенного класса, будем называть *индивидуальными концептуальными грамматиками (ИКГ)*. Таким образом, каждая ИКГ представляет собой некий семантический синтаксис, отображающий ролевую структуру ответного текста. Использование понятия концептуальной грамматики дает возможность сводить семантический анализ содержания ответа к анализу соответствия его ролевой структуры некоторой ИКГ, ожидаемой по заданному вопросу.

Семантическая типизация вопросов позволяет разбить множество ответов обучаемого на *семантические классы*, в каждом из которых требуется раскрытие некоторого смысла, определенного типом вопроса и независимого от формы задания и лексического наполнения вопроса.

В статье раскрываются базовые принципы построения и архитектура системы семантического анализа ответных текстов на естественном языке в диалоговом (вопросно-ответном) контексте. На конкретном примере демонстрируется работа системы, которая на входе получает ответ обучаемого на заданный вопрос и на выходе формирует диагностический вектор ситуаций, характеризующий степень правильности ответа.

1 Архитектура и принципы построения системы

Система семантического анализа ответов предназначена для анализа ответа обучаемого на естественном языке без дополнительных ограничений на форму и объем ответного текста и имеет декларативно-процедурное представление. В процедурную часть входят лексический процессор (ЛексП) и семантический интерпретатор (СемИ). Декларативная часть представлена двухуровневой моделью ответа (МО). Соответственно, системой осуществляется двухуровневый анализ ответов: на первом (поверхностном) уровне - лексический, когда происходит анализ используемых лексем и их канонизация (категоризация), и на втором, глубинном (каноническом) – семантическая интерпретация, когда устанавливается соответствие канонического представления ответа ожидаемой семантической схеме. Анализ производится на основе двухуровневой модели ответа. В результате анализа вырабатывается диагностический вектор ситуаций, представляющий собой последовательность кодов, характеризующих типы ошибок в ответе.

Архитектура системы семантического анализатора ответных ЕЯ-текстов в контексте, управляемом вопросом, показана на рисунке 1.

Обработка ответного текста происходит следующим образом. Ответ обучаемого на конкретный заданный вопрос поступает в ЛексП, который осуществляет полную лексическую обработку текста на основе МО. МО представляет собой двухуровневую базу знаний, включающую таблицу ролей лексем (концептул) в оцениваемом ответе на первом (поверхностном) уровне, и комплекс ИКГ, соответствующих ожидаемому классу ответов, на втором

(глубинном) уровне. Модель ответа строится и заполняется либо специалистом по предметной области (инженером по знаниям, учителем), либо самой системой по задаваемому вопросу на основе информации в базе знаний, когда база знаний включает онтологическую модель предметной области.

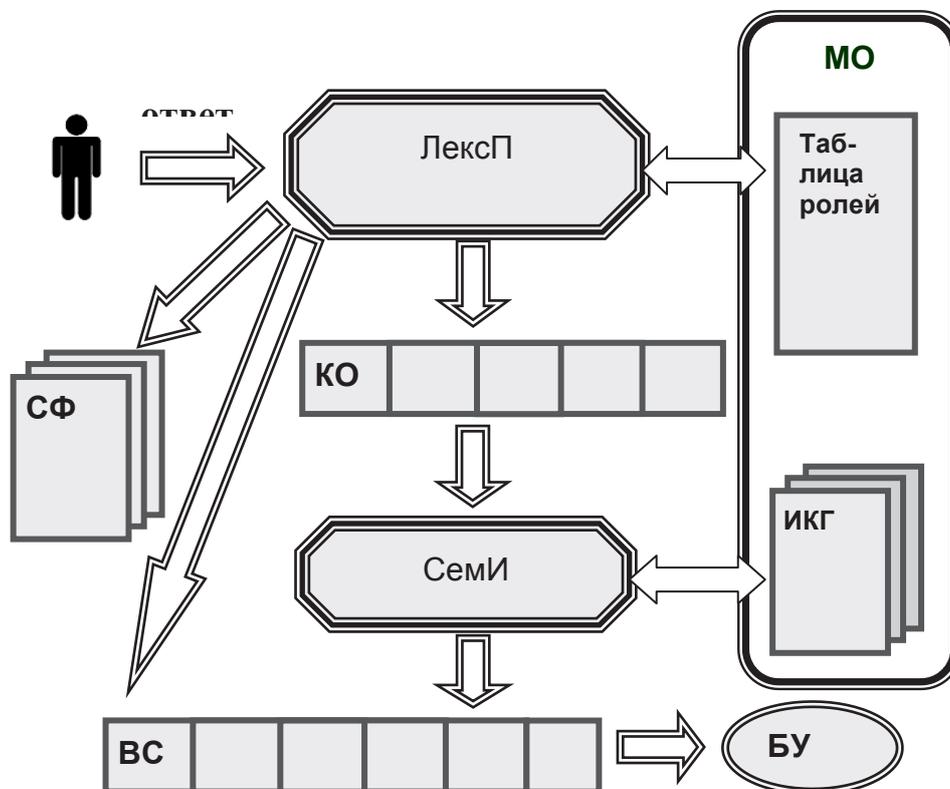


Рисунок 1 – Система семантического анализа ответных ЕЯ-текстов

Последовательно анализируя каждое входное слово на основе таблицы ролей МО на первом уровне, ЛексП переводит лексемы в соответствующие им роли (концептулы) и в итоге получает каноническое описание смысла ответа (КО) в виде последовательности концептул. Те лексемы в ответе, которые, возможно, не будут идентифицированы на основе МО, также могут представлять ценность с точки зрения корректности оценки ответа (например, для дальнейшей проверки их на непротиворечивость с ожидаемым смыслом ответа), поэтому накапливаются в специальных файлах (СФ). Вся информация, получаемая в процессе анализа ответа на уровне ЛексП, регистрируется в векторе ситуации (ВС). Далее, на втором (глубинном) уровне, КО поступает в СемИ и анализируется с привлечением специальных семантических схем – ИКГ, представленных на втором уровне МО. ИКГ реализованы декларативно. Это позволяет изменять (например, дополнять или исправлять, сортировать сочетания концептул по частоте использования их в ответах) и расширять концептуальную грамматику новыми ИКГ без изменения процедурной части системы.

Результат формируется в виде дополнения вектора ситуации, частично заполненного на первом уровне. Полный вектор ситуации, как результат анализа ответа двухуровневым лингвистическим процессором, является той информационной базой, на основе которой принимается решение блоком управления (БУ) по дальнейшему управлению процессом обучения.

Рассмотрим детально ряд утверждений и содержание блоков, приведенных выше и представленных на рисунке 1. Построение системы семантического анализа базируется на следующих двух методологических принципах и шести принципах реализации.

Методологические принципы:

Принцип детерминированности контекста. В силу активности, система «погружает» пользователя в определенный контекст, который определяется заданным вопросом. Соответственно, содержание ответа, его лексикон и даже форма и, отчасти, объем предопределены, и пользователь с необходимостью отвечает на вопрос в определенных рамках.

Принцип ожидаемости смысла ответа. По заданному вопросу система знает пространство значений вопроса, т.е. ей заранее известен контекст, в котором будет происходить интерпретация ответа и достаточно легко может быть сформирована модель текста, адекватная ожидаемому ответу как по лексике, так по форме изложения и семантической конструкции.

Принципы реализации:

Принцип 1. Выделение системы смыслообразующих единиц – концептуал, с целью трансформации проблемы семантического анализа вопросно-ответного текста в проблему синтаксического анализа в условиях использования детерминирующей роли контекста.

Принцип выделения концептуал приводит к необходимости провести типизацию понятий, отношений, грамматических признаков и специальных ролей лексем и установления соответствия между ними и концептуалами в управляемом контексте, т.е. в контексте заданного вопроса. Выделение концептуал производится на основе анализа типов лексем и их ролей в вопросно-ответных текстах.

Принцип 2. Семантическая классификация вопросно-ответных текстов на основе типовых отношений: выделение конкретных типов отношений, типов вопросов и классов ответов для реализации детерминирующей роли контекста.

В условиях определенного контекста существует возможность упростить способы кодирования смысловой информации, а, следовательно, и способы ее декодирования. При анализе текста в процессе общения оказывается важным фиксирование контекста и установление зависимости формального выражения смысла (т.е. грамматической конструкции) от этого контекста. В вопросно-ответном диалоге система функционирует в условиях такого определенного контекста, и она способна четко очертить круг ожидаемых возможных ответов, т.е. значений вопроса, и декодировать ожидаемый смысл из многообразия грамматически правильно построенных фраз в соответствии с этим предварительным знанием. Смысловая типизация вопросов и семантическая классификация значений вопроса дают возможность противопоставить каждому типу вопроса ограниченный набор допустимых ответных формул, т.е. логически правильных смысловых конструкций. Можно рассматривать совокупность этих формул, соответствующих конкретному типу вопроса, как некоторую грамматику, кодирующую конструкции, передающие правильный смысл ответа. Следовательно, при семантическом подходе к типизации вопросов и классификации ответов имеется прямая связь между типом вопроса и классом ответа. Принадлежность ответа к некоторому классу ответов определяется не по его объему и содержанию, и не по форме вопроса, а по типу вопроса системы и по ожидаемому смыслу.

Принцип 3. Разработка ИКГ семантических классов, отражающих смысловые конструкции ответов соответствующих классов и в совокупности составляющих концептуальную грамматику (КГ) как схему реализации принципа трансформации семантики в синтаксис, служащей формальной основой для построения семантического интерпретатора, ориентированного на «слушающего».

Сочетания понятий и отношений в текстах, соответствующих определенным семантическим классам, имеют достаточно устойчивые частотные характеристики. Следовательно, при создании системы семантической интерпретации логично ожидать в анализируемом тексте семантические конструкции, имеющие наиболее высокие частотные характеристики для рас-

смастриваемого контекста. Схемы сочетания концептуал, соответствующие правильной передаче ожидаемого смысла, названы нами ИКГ.

Принцип 4. Сегментация вопросно-ответных текстов по минимальным смысловым конструкциям для рекурсивного применения правил концептуальной грамматики (базовых смысловых формул).

Этот принцип обосновывается тем, что любой осмысленный текст допускает актуальное членение на синтагматические группы, линейные или иерархические, а также очевидным утверждением, что любой осмысленный текст полностью «покрывается» линейной или иерархической последовательностью сегментов, отражающих его глубинное каноническое описание. В проблематике семантического анализа текстов на ЕЯ, особенно для практической реализации разработок, оказывается важной задача членения входного текста на такие части, к которым рекурсивно применимы простые формулы. Сложный текст представляет собой линейную и/или иерархическую последовательность смысловых частей, относящихся к тому или иному семантическому классу ответов. *Сегмент есть часть сложного текста, или полный текст, соотносящийся с определенным семантическим классом.* Следовательно, *сложный текст, с точки зрения структурного образования, является линейно и/или иерархически организованной последовательностью сегментов*, которые рекурсивно распознаются на основе соответствующих ИКГ.

В известных системах понимания ЕЯ практически отсутствуют эффективные механизмы выделения сегментов в анализируемом связном тексте для применения к ним ограниченного набора унифицированных правил анализа. Глубинные причины такого положения лежат в сложности самой проблемы членения входного текста на соответствующие смысловые части. Это посильно только действительно интеллектуальной системе, способной на основе плавающего (уточняющего смысл части текста по месту чтения) контекста выделять смысловые конструкции, рекурсивно идентифицируемые с правилами ИКГ соответствующих классов ответов.

В нашем случае, с одной стороны, из-за требований высокой реактивности семантического анализатора в автоматизированной обучающей системе (АОС), с другой стороны, в силу выгодных особенностей проблемной области, позволяющих использовать два введенных выше методологических принципа - «ожидаемости ответа» и «детерминированности контекста», мы сознательно идем на некоторое упрощение ситуации, допуская, что входной текст, т.е. ответ обучаемого, однозначно попадает в рассматриваемый контекст и фактически содержит ожидаемый смысл (вернее, должен содержать, иначе текст не является ответом на вопрос или не распознается нашей системой). Для применения соответствующих ИКГ, требуется определить, к какому семантическому классу ответов относится вводимый текст. В случае вопросно-ответного текста автор курса способен заранее по задаваемому вопросу предопределить семантический класс ожидаемого ответа, тем самым, предопределяя и соответствующую цепочку ИКГ, применяемую для его смыслового анализа.

Семантическая классификация вопросно-ответных текстов производится от простого к сложному. Вначале определяются простые семантические классы ответов, т.е. ответы, в которых раскрывается смысл вида «понятие-отношение-понятие». Затем из таких конструкций строятся более сложные семантические классы, представляющие собой комбинации простых классов, как линейные, так и иерархические, отражающие существование связных текстов из простых, сложносочиненных и сложноподчиненных предложений. Соответственно, сегментация текстов приводит к построению как линейных, так и иерархических представлений, которые рекурсивно распознаются на основе определенных ИКГ.

Принцип 5. Релевантность представления знаний (модели ответа) по смысловой структуре и лексическому наполнению ожидаемому ответному тексту. Очевидно, что наиболее

эффективный диалог, т.е. достаточно адекватная и реактивная интерпретация входного текста, будет осуществляться при соблюдении принципа релевантности представления знаний (модели ответа) по смысловой структуре и лексическому наполнению ожидаемому ответному тексту. Это является естественным требованием к системе интерпретации, моделирующей человеко-машинный интерфейс, так как в управляемом контексте активный участник диалога всегда имеет возможность заранее построить модель ответа адекватно ожидаемому контексту по своему вопросу.

Принцип 6. Принцип открытости системы, обеспечивающий развитие системы путем накопления новых знаний на основе устойчивых статистических характеристик, в том числе, путем расширения множества обобщенных семантических единиц (концептул), введения новых типов вопросов и классов ответов, сортировки и расширения правил концептуальной грамматики как совокупности всех ИКГ, введения новых ИКГ.

2 Семантическая классификация вопросно-ответных текстов

Любая предметная область (ПрО) содержательно представляет собой совокупность значимых *понятий* и *отношений* между этими понятиями, которая изложена в определенной последовательности. Множество конкретных понятий и отношений по определенным признакам можно разбить на конечное число *типов понятий* и *типов отношений*. Назовем эти типы, семантические единицы, концептулами. Каждое осмысленное предложение ПрО можно перевести в текст, составленный из типов понятий и типов отношений, т.е. семантических единиц, без детального учета грамматических признаков лексем, соотнося каждое понятие или отношение с определенным типом.

Полный отказ от элементов классической грамматики ЕЯ оправдан не во всех случаях. В передаче смысла предложения в определенных ситуациях важную роль играют такие грамматические признаки как падежные окончания слов, предлоги и др., и их учет позволяет существенно упростить семантическую интерпретацию ответного текста. Поэтому нами введена дополнительная семантическая единица (концептула) - *грамматическая роль лексем или их частей* для указания соответствующих *грамматических признаков* естественного языка, значимых для более эффективного контроля правильности ответа.

Смысл анализируемого ответного текста зависит также от специфики проблемной области. Этим вызвано введение третьего типа концептул - *специальных ролей лексем* в ответе пользователя.

Таким образом, в исследуемой модели канонический смысл текста определяется сочетанием концептул четырех указанных типов, соответственно, четырьмя группами концептул.

Первая группа концептул - множество концептул, отражающих различные *типы понятий*. Обозначим, $K_S = \{SS, SS(i), SO, S_{ОП}, SA, SP\}$. Здесь SS - концептула, отражающая *главное понятие* (первая буква S - признак того, что концептула отражает понятие), т.е. понятие/понятия, относительно которого/которых задан вопрос. Сложные тексты могут содержать несколько понятий, связи которых раскрываются в анализируемых предложениях, каждое понятие в процессе анализа определенной части предложения может, в свою очередь, выступать в роли главного понятия. Для их различения в пределах анализируемого текста вводится обозначение: $SS(i)$ - концептула, отражающая *i -е главное понятие*; SO - концептула, отражающая *понятие, состоящее в некотором определенном отношении с главным понятием*; $S_{ОП}$ - концептула, отражающая *обобщенное понятие* (ОП). ОП - это *понятие, находящееся по отношению к главному на более высоком уровне в иерархии понятий предметной области* (т.е. интенционал, например, понятие «человек» есть ОП по отношению к понятию

«студент»); SA - концептула, отражающая *понятие-аргумент*; SP - концептула, отражающая *понятие-результат*.

Вторая группа концептул - множество концептул, отражающих различные типы отношений. Обозначим, $K_R = \{R_C, R_{СОСТ}, R_{ВКЛ}, R_D, R_{ВРО}, R_{ПРО}, R_{КЛО}, R_{КЧО}, R_{SO}, R_{OS}, R_A, R_P\}$. Здесь R_C - это концептула, соответствующая типовому отношению Состояние, $R_{СОСТ}$ - Состав, $R_{ВКЛ}$ - Включение, R_D - Действие, $R_{ВРО}$ - Временное Отношение, $R_{ПРО}$ - Пространственное Отношение, $R_{КЛО}$ - Количественное Отношение, $R_{КЧО}$ - Качественное Отношение, R_{SO} - концептула, отражающая отношение SS к SO , R_{OS} - концептула, отражающая отношение SO к SS , R_A - концептула, отражающая отношение SS к SA , R_P - концептула, отражающая отношение SS к SP .

Третья группа концептул - *Грамматические роли лексем и их частей*, отражает грамматические признаки естественного языка (элементы грамматики, например, суффиксы, союзы, предлоги и др.). Обозначим, $K_G = \{GP_A, GP_P, Gm, Gf_1, Gf_2\}$. Здесь G - признак грамматических ролей; GP_A - *предлог перед SA* (например, для русского языка предлоги *из, от, с* и т.п.); GP_P - *предлог перед SP* (например, предлоги *в, на, к* и т.п.); Gm - *грамматические модификаторы: лексемы типа «чем», «нежели»* и т.п. после лексемы, выражающей отношение, или *надежные окончания слова* после лексемы, выражающей понятие; Gf_1 - *функциональная лексема, обозначающая признак начала причинной части ответа*, в котором раскрывается причинно-следственное отношение. Например, лексемы *«потому что», «так как», «если»* и т.п.; Gf_2 - *функциональная лексема, обозначающая признак начала следственной части ответа*, в котором раскрывается причинно-следственное отношение. Например, лексемы *«то», «тогда», «значит»* и т.п.

Четвертая группа концептул - *специальные роли лексем*, отражающие специфику элементов ответа на конкретный вопрос, т.е. в определенном контексте. Обозначим, $K_L = \{LN, LZ, LNE, LI_S, LI_O, LI_A, LI_P, LI_R\}$. Здесь L - признак ролей специальных лексем, LN - *необязательная лексема*, т.е. лексема, отсутствие или наличие которой в ответе не влияет на смысл ответа; LZ - *запрещенная лексема*, т.е. лексема, наличие которой в ответе недопустимо (рассматривается как ошибка); LNE - *неопределенная лексема*, т.е. лексема, не предусмотренная разработчиком курса; LI - *интервальная лексема*, т.е. лексема, которая накладывает некоторое ограничение на понятие или отношение (указывает область действия, например, *«2K памяти», «все операторы»* и т.д.). Интервальная лексема при SS отражается концептулой LI_S . Аналогично записываются другие концептулы для интервальных лексем: LI_O - при SO , LI_A - при SA , LI_P - при SP , LI_R - при отношениях.

Далее, на основе введенной классификации концептул, проведем семантическую классификацию вопросно-ответных текстов.

На форму задания вопросов не накладываются специальных ограничений. Ограничения естественным образом исходят из того требования, что вопрос должен быть однозначно понят обучаемым (т.е. по тексту вопроса должно быть понятно, раскрытие какого понятия и смысла требуется в ответе). Так, выделяются следующие *типы вопросов и соответствующие им классы ответов*.

I. Вопросы, требующие явного задания в ответе ключевых понятий (отношения явно заданы в вопросе).

Сюда относятся вопросы типа: *«Напишите программу вычисления функции на C++», «Назовите состав компилятора»*.

Этому типу вопросов соответствуют классы ответов, в которых обязательно явно содержатся ключевые понятия. Например, *ответы выборочного типа* (даны несколько ответов, необходимо указать правильный ответ); *ответы типа «ДА/НЕТ»*; *ответы фиксированно-*

конструируемого типа (когда дается часть ответа и необходимо дописать недостающие лексемы); численные ответы и т.п.

II. Вопросы, требующие раскрытия в ответе типового отношения одного главного понятия.

Это вопросы следующего типа: «Что выполняется раньше: компиляция или загрузка?», «Что легче - железо или дерево?» и т.п.

Можно указать следующие классы ответов, раскрывающие одноименные типовые отношения: *Состав, Включение, Действие, Состояние, Временное отношение, Пространственное отношение, Количественное отношение, Качественное отношение* и др.

III. Вопросы, требующие раскрытия в ответе составного отношения одного главного понятия.

Составное отношение может состоять из нескольких простых отношений. Например, таким составным отношением является отношение *Функция*, которая в ответном тексте одно временно отражает отношение главного понятия и к аргументу, и к результату. К этому типу относятся вопросы типа: «Какую функцию выполняет компилятор?», «Назовите предназначение загрузчика», «Что делает мельница» и т.п.

Такому типу вопросов соответствуют классы ответов, в которых главное понятие раскрывается через составное отношение. Например, ответ: «Мельница перемалывает зерно в муку» относится к классу *ответов Функция*, в котором отражено отношение главного понятия «мельница» к понятию-аргументу «зерно», а также и к понятию-результату «мука».

IV. Вопросы, требующие раскрытия в ответе произвольной комбинации простых типовых и/или составных отношений одного главного понятия.

К данному типу относятся вопросы: «Дайте описание химического вещества К», «Что Вы знаете о кибернетике?», «Дайте определение компилятора».

Этим вопросам соответствуют классы ответов, в которых главное понятие раскрывается через его простое типовое отношение и/или составное отношение. Можно выделить, например, следующие классы ответов:

- 1) *Описание* - класс ответов, в которых раскрываются произвольные комбинации типового отношения и/или составного отношения главного понятия с другими понятиями: S_i состоит из S_{i+3} , S_{i+4} , S_{i+5} , переводит S_{i+6} и S_{i+7} и выполняется раньше S_{i+1} , где S_i , S_{i+7} , S_{i+3} , S_{i+4} , S_{i+5} , S_{i+6} – понятия ПрО.
- 2) *Определение* - класс ответов, в которых главное понятие раскрывается через ОП - обобщающее понятие (т.е. понятие на более высоком уровне в иерархии, интенционал) и класс Описание. Например, к этому классу можно отнести ответ: «Студент - это человек, который обучается в ВУЗе».
- 3) *Причина* - класс ответов, в которых раскрывается условие существования некоторых отношений главного понятия с другими понятиями. Предполагается, что главное понятие следствия и его отношения с другими понятиями заданы в вопросе. Например, рассмотрим текст ответа: «Дерево не тонет в воде, потому что удельный вес дерева меньше удельного веса воды». Если это ответ на вопрос: «Почему дерево не тонет в воде?», то ответ относится к классу *Причина*. Здесь главное понятие следствия «дерево» и его отношение с объектом «вода» дается в самом вопросе. Часть ответа «Потому что удельный вес дерева меньше удельного веса воды» раскрывает условие существования указанного следствия.
- 4) *Следствие* - класс ответов, в которых раскрывается следствие от существования некоторых отношений главного понятия с другими понятиями. Тот же пример в этом случае демонстрирует ответ на вопрос: «Что следует из того, что удельный вес дерева меньше удельного веса воды?». Здесь главное понятие причины «удельный вес дерева» и

его отношение «меньше» к другому понятию «удельный вес воды» даются в вопросе. В части ответа: «*Дерево не тонет в воде*» раскрывается следствие от существования указанного условия.

В ответах на вопросы типа I-IV *главное понятие* не меняется в процессе просмотра текста (т.е. предполагается, что ответы содержат информацию только относительно одного *главного понятия*).

V. Вопросы, требующие раскрытия в ответе более чем одного главного понятия.

Например, к ним относятся вопросы следующего типа: «*Расскажите о Казанском федеральном университете*», «*Докажите теорему Пифагора*» и т.п.

Этому типу вопросов могут соответствовать ответы, в которых *главное понятие* меняется в процессе просмотра ответа, т.е. роль главного понятия переходит на то понятие, отношения которого с другими понятиями раскрываются далее в ответном тексте. Нами выделены следующие классы ответов, в которых содержатся *главные понятия*, связанные только общим контекстом. Например, *детализация*. В ответах этого класса происходит *детализация понятий, состоящих в некотором отношении с главным понятием*.

Пример вопроса V типа: «*Какая связь существует между институтом и заводом?*». Ответом может быть следующий текст, относящийся к классу *детализация*: «*В институте разработана САПР, которая используется для проектирования токарных приспособлений, которые внедряются на заводе*». В этом ответе три *главных понятия* – «институт», «САПР», «токарные приспособления». Последовательно раскрываются следующие отношения этих понятий с другими понятиями: разработал – «институт разработал САПР», проектирует – «САПР проектирует токарные приспособления», внедряются – «токарные приспособления внедряются на заводе».

Разбиение текстов на семантические классы осуществляется *по типу отношения главного понятия*, раскрываемого в данном ответе, и не зависит ни от конкретной ПрО, ни от понятий данной ПрО, ни от конкретного языка общения с системой. Это позволяет строить эффективные предметно-независимые анализаторы, ориентированные на раскрытие определенного типа отношения главного понятия в рамках соответствующего класса ответов.

При семантическом подходе к типизации вопросов и классификации ответов имеется прямая связь между типом вопроса и классом ответа. Принадлежность ответа к некоторому классу ответов определяется не по его объему и содержанию, и не по форме вопроса, а по типу вопроса преподавателя и по ожидаемому смыслу.

3 Индивидуальные концептуальные грамматики. Модель ответа. Описание вектора ситуаций. Сегментация ответных тестов

Семантическим классам ответов соответствуют присущие им схемы сочетания концептуал, передающие характерный (обобщенный) смысл ответов данного класса (значений вопросов). Как было определено выше, схемы сочетания концептуал, соответствующие правильной передаче ожидаемого смысла, названы ИКГ. Смысл введения ИКГ заключается в сведении семантического анализа текста к синтаксическому анализу его канонического представления в условиях, определенных некоторым контекстом.

Рассмотрим, например, ИКГ класса ответов *Функция* и технологию ее построения.

Пусть задан вопрос типа III: «*Какую функцию выполняет компилятор?*» Очевидно, значением данного вопроса (т.е. ответами) может быть множество следующих поверхностных форм:

- 1) *переводит исходный текст на языке высокого уровня в объектный текст в машинных кодах,*

- 2) получает ЯМК из ЯВУ,
- 3) компилятор переводит ЯВУ в ЯМК.

Здесь отношение «переводит» есть R_A , отношение «получает» - R_P , понятия «текст на языке высокого уровня», «ЯВУ» - SA , «текст в машинных кодах», «ЯМК» - SP , предлог «из» - GP_A , предлог «в» - GP_P , понятие «компилятор» есть *главное понятие* - SS .

Формализованное представление ответов, соответственно, имеет вид:

- 1) $R_A \rightarrow SA \rightarrow GP_P \rightarrow SP$
- 2) $R_P \rightarrow SP \rightarrow GP_A \rightarrow SA$
- 3) $SS \rightarrow R_A \rightarrow SA \rightarrow GP_P \rightarrow SP$

Исследуя, таким образом, всевозможные варианты поверхностных, а далее и глубинных представлений ответов, в которых ожидается раскрытие составного отношения *Функция* одного главного понятия, мы получаем следующее описание ИКГ классов ответов *ФУНКЦИЯ*:

$\langle \text{ИКГ ФУНКЦИЯ} \rangle ::= [SS^* \rightarrow] ((R_A^* \rightarrow (GP_P \rightarrow SP^* \rightarrow SA^* / SA^* \rightarrow GP_P \rightarrow SP^*) / RP^* \rightarrow (GP_A \rightarrow SA^* \rightarrow SP^* / SP^* \rightarrow GP_A \rightarrow SA^*)) / ((GP_P \rightarrow SP^* \rightarrow R_A^* \rightarrow SA^* / SA^* \rightarrow RA^* \rightarrow GP_P \rightarrow SP^*) / (GP_A \rightarrow SA^* \rightarrow RP^* \rightarrow SP^* / SP^* \rightarrow RP^* \rightarrow GP_A \rightarrow SA^*)))$

Знак «|» обозначает альтернативное вхождение сочетаний концептул. Круглые скобки служат для объединения концептул разных типов. Квадратные скобки означают необязательное вхождение.

Модель ответа строится на основе задаваемого вопроса и представляет собой пару $\langle F, G \rangle$. G обозначает ИКГ класса ответов, соответствующего заданному вопросу. $F = \langle L, K \rangle$ - представляет собой информационную структуру, содержащую лексемы, отражающие понятия и отношения и их предполагаемые роли в ответе, где L - множество лексем, ожидаемых в ответе, а K - множество концептул. Каждому i -му классу ответов соответствует определенный тип $F(i)$ со своим набором концептул.

Например, МО для класса *Функция* имеет следующее описание:

ФУНКЦИЯ: $SS = \langle LM \rangle$; $SA = \langle LM \rangle$; $SP = \langle LM \rangle$; $R_A = \langle LM \rangle$; $R_P = \langle LM \rangle$;
 $GP_A = \langle LM \rangle$; $GP_P = \langle LM \rangle$; $LI_S = \langle LM \rangle$; $LI_{RA} = \langle LM \rangle$; $LI_{RP} = \langle LM \rangle$;
 $LI_A = \langle LM \rangle$; $LI_P = \langle LM \rangle$; $LZ = \langle LM \rangle$; $LN = \langle LM \rangle$. Здесь $\langle L \rangle ::= \langle \text{лексема} \rangle [\langle \text{синоним} \rangle, \dots, \langle \text{синоним} \rangle]$, $\langle LM \rangle ::= \langle L \rangle / \dots / \langle L \rangle$.

Для вопроса типа III: «Какую функцию выполняет компилятор?» - формируется F(3) по оператору:

ОТВЕТ: КЛАСС = ФУНКЦИЯ;

F : $SS = \&\text{комп}\&$, $\&\text{транс}\&$; $R_A = \text{переводит, преобр}\&t$; $SA = \&\text{ЯВУ}\&$; $R_P = \text{получает}$;
 $SP = \text{пр}^* \&\text{гр}\& + \text{на} + \text{ЯМК}, \&\text{ЯМК}\&$.

G : ИКГ *Функция*

Для каждого класса ответов формируется отдельный *вектор ситуаций* (ВС). Покажем в качестве примера структуру векторов ситуаций для классов ответов на вопросы типов II и III.

ВС для классов ответов на вопросы типа II (BC2) имеет следующее представление: $\text{КЛАСС} = \langle \text{Название класса ответов} \rangle S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7$.

Здесь, $S1$ - это код, характеризующий лексическую полноту ответа. Значением $S1$ является соотношение количества лексем, использованных в ответе, и лексем, предусмотренных моделью ответа.

$S2$ - код, указывающий на наличие в ответе запрещенных лексем. Значением $S2$ является число, характеризующее количество LZ в ответе обучаемого.

$S3$ - код, указывающий на использование в ответе неопределенных лексем, т.е. лексем, непредусмотренных моделью ответа. Значением $S3$ является количество неопределенных лексем.

S4 - код, характеризующий модальность ответа: а) неуверенность, т.е. присутствие в ответе лексем типа «возможно», «наверное» и т.п., улучшающих оценку неверного и понижающих оценку верного ответа; б) категоричность, т.е. присутствие в ответе лексем типа «конечно», «безусловно», «непрерывно» и т.п., усиливающих, подтверждающих правильный или еще более понижающих слабый, неверный ответ; в) нейтральность, т.е. отсутствие в ответе лексем типа а) и б). Таким образом, значением *S4* является 0, 1 или 2, соответственно, для случаев а), б) и в).

S5 - код, характеризующий правильность использования интервальных лексем, т.е. лексем-ограничителей, накладывающих определенные ограничения на другие лексемы в ответе. Например, количественные характеристики или слова типа «не», «нет» и т.п. Значением *S5* является 0 или 1 (верно/неверно).

S6 - код, характеризующий правильность глубинного смысла ответа, т.е. соответствие его канонизированного представления определенной схеме ИКГ. Значением *S6* является: а) 0, если канонизированное представление соответствует ИКГ; б) 1, если в ответе отсутствует отношение; в) 2, если канонизированное представление не соответствует ИКГ, т.е. нарушен глубинный смысл.

S7 - код, характеризующий смысловую полноту ответа, т.е. степень соответствия канонизированного представления ответа определенному сочетанию концептуал в ИКГ по длине: а) полное соответствие; б) канонизированное представление короче; в) канонизированное представление длиннее. Значением *S7* является: 0, для случая (а); 1, для случая (б); 2, для случая (в).

BC для классов ответов на вопросы типа III (BC3) имеет следующий вид (на примере класса *Функция*):

КЛАСС = ФУНКЦИЯ S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7.

BC3 отличается от BC2 содержанием кода *S6*. Код *S6* BC3 характеризуется следующими значениями: а) 0, если канонизированное представление соответствует ИКГ; б) 1, если в ответе отсутствуют отношения; в) 2, если канонизированное представление не соответствует ИКГ; г) 3, если указано только одно отношение; д) 4, если в ответе отсутствует SA; е) 5, если в ответе неверно указан SA; ж) 6, если в ответе отсутствует SP; з) 7, если в ответе неверно указан SP.

Коды *S1*, ..., *S5* и *S7* такие же, что и в BC2.

В соответствии с моделью ответа во входном тексте выявляется главное понятие, определяется либо контекст, либо часть контекста, в котором определено это понятие и его взаимосвязи с другими понятиями. Затем выявляются отношения главного понятия с другими понятиями и далее - сами эти понятия. Таким образом, выделяется сегмент (параллельно происходит канонизация текста). Этот процесс продолжается до завершения входного текста или пока не встретится признак начала другого сегмента. Новый сегмент определяется по следующим признакам.

Первый признак - поверхностный, признак начала сегмента в тексте. Как правило, обозначается в письменном тексте явно: либо знаком и конкретной функциональной лексемой, либо просто знаком пунктуации. Это символы типа «,» - запятая, «.» - точка, «—» - тире и т.п. К функциональным лексемам относятся лексемы типа «который», «что», «такой, что» и т.п.

Второй признак - глубинный, содержательно определяющий новый сегмент. Это лексема, отражающая новое отношение, т.е. отношение между понятиями из другого контекста в модели ответа. Это может быть либо новое отношение главного понятия с другими понятиями (линейная структура), либо отношение между другими понятиями (линейная или иерархическая структура). Таким образом, благодаря принципу «ожидаемости» определенных се-

мантических классов и на основе модели ответа производится сегментация входных текстов, и рекурсивно применяются к ним соответствующие цепочки ИКГ. Очевидно, даже для весьма ограниченной ПрО нереально предопределить все возможные семантические классы для адекватной сегментации текста и применения к ним соответствующих ИКГ. Всегда будут возможны тексты, которые верны по смыслу, но не поддаются корректной сегментации в рамках данной модели ответа. Однако это не приводит к перестройке базовых концепций, так как система является открытой, знания и обрабатываемые процедуры в ней отделены друг от друга и образование нового семантического класса приводит не к пересмотру и изменению всей совокупности ИКГ, а только к изменению схемы ИКГ или дополнению ее новой ИКГ.

Заключение

Известно, что в настоящее время задача построения автоматизированной интеллектуальной системы анализа ответа обучаемого на ЕЯ в произвольной форме далека от своего полного решения. Система автоматизации анализа ответа обучаемого, описанная в данной статье, также не является в полной мере той полноценной интеллектуальной системой, которая способна анализировать и оценивать по смыслу произвольные ответные тексты любой сложности, соответственно, оценивать мыслительные, аналитические способности тестируемого на уровне самого учителя.

Тем не менее, эта разработка является качественным шагом к интеллектуализации автоматизированного контроля ответа обучаемого за счет возможности ввода обучаемым ответа на заданный вопрос на ЕЯ в произвольной форме, без специальных ограничений, и за счет расширения спектра диагностирования ответа, учитывающего также такие характеристики, как семантическая полнота и корректность. Такая возможность обеспечивается за счет реализации двух базовых концептуальных принципов: «детерминированности контекста» и «ожидаемости смысла ответа», описанных в статье.

Данная работа в настоящее время получила развитие в направлении унификации представления концептуальных грамматик на основе математического аппарата алгебры кортежей [3], обеспечивающего использование алгебраических моделей для представления и обработки вопросно-ответных текстов при автоматизации этапа генерации учебных вопросов и соответствующих моделей ответов.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 12-07-00550).

Список источников

- [1] Сулейманов, Д.Ш. Исследование базовых принципов построения семантического интерпретатора вопросно-ответных текстов на естественном языке в АОС / Д.Ш. Сулейманов // Международный журнал «Образовательные технологии и общество». - 2001. - Т.4. - №3. – С.178-193.
http://ifets. ieee.org/russian/periodical/v_43_2001EE.html
- [2] Бухараев, Р.Г. Семантический анализ в вопросно-ответных системах / Р.Г. Бухараев, Д.Ш. Сулейманов - Казань: Изд-во Казан.ун-та, 1990. – 123 с.
- [3] Аюпов, М.М. Подход к построению вопросно-ответных обучающих систем на базе сетей многоместных отношений / М.М. Аюпов, Б.А. Кулик, О.А. Невзорова, Д.Ш. Сулейманов, А.Я. Фридман // Труды тринадцатой нац. конфер. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012 (16-20 октября 2012 г., г. Белгород, Россия). Т.1. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – С. 152-159.

THE SYSTEM OF SEMANTIC ANALYSIS OF RESPONSE TEXTS IN NATURAL LANGUAGE

D.Sh. Suleymanov

*Kazan (Volga region) Federal University, Institute of Applied Semiotics of TAS, Kazan, Russia
dvdtslt@gmail.com*

Abstract

This article describes a two-level model of students answers evaluation, which serves as a basis for the creation of the system of semantic analysis of response texts in natural language in a dialog context. Two important methodological principles that make this system efficient are explained: «determinism of context» and «expectedness of the meaning of the answer». This article outlines the architecture of the system and six basic principles of its implementation: marking out of semantic units system, semantic classification of question-answer texts based on standard relations, development of individual conceptual grammars of semantic classes, segmentation of question-answer texts, relevance of knowledge representation (of the response model), openness of the system. The performance of the system is shown on the example of the analysis of an answer of the «Function» class.

Key words: *semantic analysis, conceptula, individual conceptual grammars, answer model, question type, semantic typology of question-answer texts.*

References

- [1] *Sulejmanov, D.Sh.* Issledovanie bazovyh principov postroeniya semanticheskogo interpretatora voprosno-otvetnyh tekstov na estestvennom jazyke v AOS [The research of basic principles of the semantic question-answer interpreter on the natural language]. *Mezhdunarodnyj zhurnal «Obrazovatel'nye tehnologii i obshhestvo»* [International journal "Educational technology and society"]. 2001. Vol. 4, Issue 3. - pp.178-193. - http://ifets.ieee.org/russian/periodical/v_43_2001EE.html, 2001, pp. 178-193. (In Russian).
- [2] *Buharaev, R.G.* Semanticheskij analiz v voprosno-otvetnyh sistemah [Semantic analysis in question-answer systems] / R.G Buharaev, D.Sh. Sulejmanov. - Kazan: Izd-vo Kazan.un-ta [Kazan university publ.], 1990. – 123 p. (In Russian).
- [3] *Ajupov, M.M.* Podhod k postroeniju voprosno-otvetnyh obuchajushhih sistem na baze setej mnogomestnyh otnoshenij [Approach to the creation of question-answer educational systems based on the networks of multiplace relations] / M.M. Ajupov, B.A. Kulik, O.A. Nevzorova, D.Sh. Sulejmanov, A.Ja. Fridman // *Trudy trinadcatoj nac. konfer. po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem KII-2012* [Proc. of the KII-2012 international conference on artificial intelligence] (16-20 October 2012, Belgorod, Russia). Vol.1. – Belgorod: BGTU publ., 2012. - pp. 152-159. (In Russian).

Сведения об авторе



Сулейманов Джавдет Шевкетович, 1955 г. рождения. Окончил Казанский государственный университет в 1977 г., д.т.н. (2000). Действительный член Академии наук Республики Татарстан, заведующий кафедрой информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета, профессор К(П)ФУ, директор Института прикладной семиотики АН РТ. Вице-президент Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 200 статей, 3 монографии в области прикладной семиотики, математической лингвистики, электронного образования, социальной педагогики.

Dzhavdet Shevketovich Suleymanov (b. 1955) graduated from the Kazan State University in 1977, Dr.Sci.Tech. (2000). Full professor of Kazan (Volga region) Federal University, Full Member of the Tatarstan Academy of Sciences (TAS), Head of the Department of Information Systems of the Kazan (Volga region) Federal University, Director of the Institute of Applied Semiotics of TAS, Vice-president of the Russian Association of Artificial Intelligence. Scientific works list includes more than 200 articles, 3 monographs in the fields of Applied Semiotics, Mathematical Linguistics, e-Learning, Social Pedagogies.

УДК 001.1

СПЕЦИФИКА И НАПРАВЛЕНИЯ МАШИННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБУЧЕНИЯ

В.В. Демиров

*Институт философии НАН Беларуси, Центр управления знаниями и компетенциями, Минск, Белоруссия
vitaly.demirow@gmail.com*

Аннотация

В статье рассматриваются предпосылки и условия возникновения такого направления в рамках искусственного интеллекта как машинное обучение. Раскрываются процедурные моменты реализации машинного обучения на основе алгоритмов, которые при помощи методов теории вероятностей и математической статистики оказываются способными к обучению. Под обучением понимается способность алгоритма работать с данными, которые не входят в обучающую выборку как некую матрицу «признак-объект», элементам которой поставлены в соответствие метки класса или выходы. Раскрываются направления реализации машинного обучения в различных прикладных аспектах компьютерных наук, а также перспективы машинного обучения в рамках понимания реального обучения как ядра интеллектуальной деятельности биологических организмов.

***Ключевые слова:** алгоритм, машинное обучение, обучающая выборка, семантическое содержание, классификация, нейрокомпьютерный интерфейс, нейрон, распределенный код.*

Введение

Все из нас владеют хоть одним естественным языком, кто-то несколькими, а кто-то еще и искусственными языками, используемыми для написания программ. При этом никто не будет отрицать, что ЭВМ не «догадывается» о смысле и назначении написанных человеком программ. Они преимущественно локально-процедурным образом комбинируют символы, которые подчиняются жестким синтаксическим правилам и имеют однозначную семантическую интерпретацию.

В этой связи, первое и ключевое свойство общения на естественном языке, которое бросается в глаза – это то, что мы способны однозначно понять сообщение даже если в нем содержатся неполные, неправильно построенные фразы или же выражения, не имеющие значения (не указывающие на определенные предметы). Очевидно, что такие вольности не допустимы по отношению к ЭВМ, для которых малейшее отклонение от набора жестких правил при построении текста программ делает их «непонятными».

Из этого можно сделать вывод, что человеческий интеллект как продукт эволюции предназначен скорее не для того, чтобы эффективно усваивать определенные знания, состояния событий и положения вещей, но скорее для того, чтобы учиться в условиях неопределенности и неполноты системы событий. И, далее, на основе происходящего обучения вырабатывать новые критерии того, что относить к существенным признакам в рамках данной системы событий.

1 Предпосылки и форма реализации машинного представления процессов обучения

Технические аспекты обучения наиболее полно представлены в таком направлении как машинное обучение (МО). Оформившись на стыке дискретной математики, теории вероятностей, математической статистики и численных методов оптимизации, МО представляет собой направление (подраздел искусственного интеллекта) занимающееся изучением методов построения алгоритмов, способных к обучению, благодаря которым машина способна демонстрировать поведение, незапрограммированное напрямую.

Необходимость в МО вызвана, прежде всего, стремительным ростом знаний, накапливаемых человечеством; знаний, на основе которых экспертам в тех или иных предметных областях (ПрО) приходится принимать решения. Причем, сегодня достаточно редко эксперт принимает решения на основании всего объема, полноты скрытых зависимостей и закономерностей знаний его ПрО.

Известно, что компьютеры обладают колоссальной скоростью вычислений и объемами памяти, которую методы МО стремятся превратить из статического индексированного хранилища файлов в активную информационно-аналитическую систему. Систему, которая на входе получала бы некоторый объем текущих знаний о ПрО, а на выходе бы генерировала ряд гипотез по обнаружению новых для этой ПрО закономерностей.

В качестве необходимых компонентов МО можно назвать появление в 70-х годах символьного вывода, позволяющего осуществлять аналитические преобразования или взаимные преобразования различных логических систем, а также алгоритма построения деревьев решений (Quinlan ID3 – один из алгоритмов для построения дерева принятия решений, разработанный Дж. Р. Квинланом и состоящий из трех шагов: подсчета энтропии всех неиспользованных признаков по отношению к тестовым образцам, выбора признака с минимальной энтропией, создания содержащего этот признак узла дерева) [1]. При этом ключевым явилось появление в 90-х годах алгоритма повторного семплирования¹. Согласно последнему, выборка из некой генеральной совокупности должна делаться с повторениями, за счет чего можно получить большое количество других множеств, на которых можно обучаться. И все эти множества, несмотря на то, что взяты из одной и той же совокупности, будут разные.

Руководствуясь данными методами, фактическое МО начинается с того, что имеется множество X (объектов, примеров, ситуаций, входов) и множество Y (ответов, откликов, меток, элементов класса, выходов), а также некоторая зависимость, позволяющая по $x \in X$ предсказать $y \in Y$. Эта зависимость может быть детерминированной и однозначно по каждому x предсказывать y (допустимы и варианты многозначной детерминации в случае многозначной функции), либо иметь вероятностные характеристики. Эта зависимость известна только на объектах обучающей выборки:

$$\{(x^{(i)}, y^{(i)}): x^{(i)} \in X, y^{(i)} \in Y (i = 1, \dots, N)\}$$

Конечное множество упорядоченных пар обучающей выборки «признак \rightarrow выход» $(x^{(i)}, y^{(i)}) \in X \times Y$ называется прецедентом обучающей выборки. Признак в данной паре появляется исходя из того, что объект $x \in X$ всегда берется с некоторым j -м признаком или атрибутом и поэтому объект x представляется как вектор признаков $x = (x_1, x_2, \dots, x_d)$, где $x_j \in Q_j$ ($j = 1, 2, \dots, d$). Таким образом,

$$X = Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_d.$$

На основе прецедентов обучающей выборки необходимо восстановить зависимость или функцию $y = f(x)$, которая для каждого вектора признаков x определяет y , представляющий

¹ От английского *sample* - относительно небольшой оцифрованный звуковой фрагмент.

класс, к которому принадлежит объект x . В зависимости от того, какие значения может принимать ответ y , различают разные классы задач. Например, если множество Y состоит из вещественных чисел, то говорят о задачах восстановления регрессии, конечность множества Y определяет задачи классификации и т.д. Необходимая функция восстанавливается на основе матрицы обучающих примеров (Data Set) из множества возможных моделей F и экстраполируется на новые объекты ПрО как генеральной совокупности. Математической основой, определяющей существенные критерии во взаимосвязи данных в Data Set, являются целевые функции (Target – целевая функция, минимум или максимум которой требуется найти), над которыми надстраиваются решающие функции как методы принятия решения.

Таким образом, специалист по МО набирает большое количество признаков, для которых известен ответ (принадлежность к множеству Y) и на основании которых машине необходимо обучиться. Далее, определяется множество всех возможных потенциальных моделей, которые могут объяснить новые данные тестовой выборки, не входящие в обучающую выборку. Поскольку универсальных методов МО не существует, то в зависимости от количества ошибок на тестовой выборке можно говорить об успешности алгоритма обучения. Но появляется вопрос: как понять, насколько сильно ошибается алгоритм, если для новых объектов неясна их зависимость от элементов множества Y как неких решений, классифицирующих меток или выходов? Какие элементы ПрО наиболее рационально взять в качестве элементов тестовой выборки?

Известно, что получения ответов на подобные вопросы целесообразно обучающую выборку искусственно разделить на новую обучающую выборку и тестовую выборку, называемую еще контрольной. При этом на первой можно обучаться, а на второй получать оценку качества этого обучения. Для преодоления того, что эта оценка получена на ограниченном объеме данных, следует осуществлять дальнейшее деление обучающей выборки на N равных частей и осуществлять скользящий контроль, попеременно выбрасывая каждую из частей, на которой обучились, и, далее, производить контроль и усреднение результатов на остальных. В процессе данного обучения необходимо восстановить или аппроксимировать зависимость (функцию), которая есть между элементами множеств X и Y . Поскольку алгоритм – это метод вычисления функции, то построение функции по заданной обучающей выборке называется алгоритмом или методом обучения. Поскольку функция f выбирается из некоторого множества возможных моделей F , то алгоритм обучения является процессом построения функции по заданной обучающей выборке, возникающим вследствие подгонки (fitting) под нее модели. Наиболее общим способом данной подгонки является описанный метод скользящего контроля и метод потенциальных функций, являющийся частным случаем метода k ближайших соседей - kNN (от англ. *k-nearest neighbor algorithm*). Данный метод реализуется при помощи метрического классификатора, позволяющего оценить вес или важность объекта обучающей выборки для классификации на основе формализации сходства посредством функции расстояния между объектами. При этом следует отметить, что выбор формального представления такого расстояния – это основная проблема метода kNN , которая является предметом бурных обсуждений и эвристических поисков. Используется и ряд других методов, такие как метод минимизации эмпирического риска, метод группового учета аргументов, байесовский информационный критерий и т.д.²

Таким образом, при помощи данных методов обучения происходит выделение из множества моделей F единственной f , которой на вход можно подавать признаки, которые она никогда «не видела», а она будет выдавать для них решения. Сами алгоритмы обучения, таким образом, можно определить как способы выбора по обучающей выборке и потенциальному

² По затронутым вопросам рекомендуем читателям обратиться к новой книге члена нашей редакции: Загоруйко, Н.Г. Когнитивный анализ данных / Н.Г. Загоруйко. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. – 186 с. (Примеч. ред.)

множеству моделей одной единственной модели, устанавливающей далее функциональное соответствие между «признаком и выходом» [1].

Описанные выше методы или алгоритмы обучения в наиболее общем смысле относятся к обучению с «учителем». В случае искусственных нейросетей (ИНС) для данного типа обучения при предъявлении входного вектора признаков, заранее имеется некоторый эталон в качестве вектора целевых выходных значений, в соответствии с которым сравниваются результирующие выходы и корректируются веса связей. Настройка весов на начальном этапе перед подачей входного вектора признаков осуществляется произвольно. Затем, после подачи на вход учебных примеров, в каждом узле происходит вычисление ошибки для учебного примера. Функция ошибки E выглядит следующим образом:

$$E = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p (d_i - y_i)^2,$$

где p – количество примеров, которые обработала ИНС; y_i – реальный выход ИНС; d_i – идеальный или определяемый эталоном выход ИНС.

Соответственно главное назначение коррекции весов состоит в минимизации функции ошибки E . Данная функция реализуется за счет алгоритма обратного распространения ошибки, приближающего выходной сигнал сети к идеальному за счет того, что реальный выход сети y_i вычитается из идеального d_i во время повторного входа настраивающего веса в соответствии с правилом коррекции ошибок.

В случае обучения без «учителя» при предъявлении входного вектора сеть самоорганизуется посредством настройки своих весов согласно определенному алгоритму. Классическим в данном случае является алгоритм обучения Хэбба [2], выражающий то, что синаптическое соединение двух нейронов усиливается, если оба эти нейрона возбуждены. Это можно представить как корреляционный алгоритм, отражающий усиление синапса в соответствии с корреляцией уровней возбужденных нейронов, соединяемых данным синапсом. Данное соотношение выражается следующим равенством:

$$w_{ij}(t + 1) = w_{ij}(t) + NET_i \times NET_j,$$

где $w_{ij}(t)$ – сила синапса от нейрона i к нейрону j в момент времени t ; NET_i (сокращение от Network – сеть) – уровень возбуждения предсинаптического нейрона; NET_j – уровень возбуждения постсинаптического нейрона. Заряд нейрона (разность потенциалов по отношению к внеклеточной среде) в состоянии покоя (поляризация) отрицателен: -70 мВ (милливольт), - порог возбуждения равен -30 мВ, после его заряд нейрона резко возрастает (деполяризация) до +40 мВ, а затем падает (гиперполяризация) примерно до -80 мВ.

Математические преобразования, осуществляемые в процессе обучения, не ставят своей целью наиболее полно отразить обучающую выборку. Необходимо выявить только общую закономерность данных в этой выборке, при этом сами данные могут либо быть сильно зашумлены, либо иметь стохастическую природу. Принцип простоты выбираемой модели, воплощающей указанную закономерность, очень важен, т.к. если «модель будет сложнее, чем выборка», на которой она обучается, это приведет к так называемой проблеме переобучения – когда система нашла такие зависимости в данных, которых там на самом деле нет. Борьба с данным обстоятельством происходит по двум направлениям: с одной стороны, можно увеличить обучающую выборку так, чтобы число данных было бы адекватно сложности используемой модели, что часто бывает дорого и замедляет действие системы; а с другой стороны, можно следовать так называемому принципу бритвы Оккама по отношению к МО. Этот принцип заключается в том, что нужно найти оптимальный баланс между тем насколько хорошо модель работает на обучающей выборке и тем насколько она проста [3].

2 Направления реализации машинного представления процессов обучения

Особую необходимость в МО испытывают разработчики антивирусных программ. Для того, чтобы написать антивирусную программу, до того как пользователь успел заразиться вирусом, необходимо иметь образцы вредоносного файла. При этом стоит очевидная трудность: откуда взять эти образцы? Ежедневно разработчикам приходится анализировать огромный поток новых файлов, относительно которых неизвестно к какому классу их отнести: к классу чистых файлов или классу вредоносных. Большое количество действий по классификации являются стандартными и соответственно могут являться автоматизированным компонентом МО, для которого файлы, подлежащие классификации, могут служить в качестве обучающей выборки. В итоге, программный робот знает огромную базу чистых файлов. Роботу даётся семейство похожих вирусов (группа файлов с похожим функционалом), и в результате обучения он должен дать программу, уничтожающую все вирусы определенного семейства и не задевающую ни один чистый файл. Но задача МО в данном случае состоит в том, что программа должна распознавать вирусы не только из предъявленного семейства, но и другие схожие с этим семейством, но не представленные в выборке. Сложность здесь заключается в разделении на классы, каждый из которых существенно неоднороден в выборе информативных признаков: бинарная структура (опкоды, PE-структура – название от «Portable Executable», т.е. «портативная», допускающая перенос программ, откомпилированных для Windows, на другие платформы); лог эмулятора (последовательность API – название от «Application Programming Interface», т.е. интерфейс программирования приложений, содержащий набор готовых инструментов для написания различных приложений); связанная статистическая информация в большом потоке новых файлов.

Другой достаточно большой сферой применения МО являются поисковые системы в сети Интернет. На любой даже достаточно нетривиальный запрос пользователь получает большое количество ответов. Но поисковой системе нужно в определенном порядке показать пользователю всё это множество ответов. При этом необходимо в первую очередь показать те ответы, которые с наибольшей вероятностью удовлетворят потребность пользователя в информации по этому запросу. И, соответственно, относительно каждой найденной странички нужно иметь некоторое понимание, насколько она интересна пользователю. На заре Интернета вычисляли несколько простых численных характеристик запроса, странички или их совокупности – насколько и как часто слова запроса встречаются на странице и каково качество этой страницы (Page Rank – статическая характеристика качества страницы в Интернете без привязки к запросу). МО обучение в данном случае заключается в том, что поисковые системы учатся ранжировать сайты по запросам пользователей. Обучающей выборкой, таким образом, является множество запросов и множество результатов по этим запросам. Для каждого из них нужна некоторая оценка – насколько некоторый документ релевантен по определенному запросу. С одной стороны, данная оценка может определяться ассессорами (т.е. специалистами, оценивающими релевантность страницы тому запросу, по которому она была представлена в результатах поиска). Ассессоры смотрят на результаты поиска по некоторым предлагаемым запросам и ставят им оценку. В итоге ассессорская разметка служит в качестве обучающей выборки. Негативной составляющей здесь является то, что ассессорам нужно много платить и к тому же имеет место элемент субъективизма. С другой стороны, можно брать выборку на основании количества «кликов» пользователей по определенным запросам. Но последние далеко не всегда выбирают релевантные результаты запросов.

Огромные перспективы МО связаны с разработкой нейрокомпьютерных интерфейсов, которая в значительной степени зависит от понимания специфики биологических аспектов обучения. Эти аспекты достаточно тесным образом связаны со спецификой функционирования памяти как на уровне синаптического контакта между нейронами (оперативная память),

так и на уровне изменений в ДНК нейрона (долговременная память). Существенным для первого случая является изменение электрического потенциала (полярности) воспринимающего дендрита на основе выделения из пресинаптического аксонного окончания нейромедиатора. Последний, проходя через синаптическую щель, соединяется со специализированными рецепторами, что приводит к открытию ионных каналов, через которые под действием сил диффузии и электростатических сил из клетки выходят ионы Ka^+ , а внутрь заходят ионы Na^+ (деполяризация). Активация долговременной памяти связана с работой внутриклеточных посредников и протеинкиназ, фосфорилирующих определенные белки и сигнализирующих об активации групп генов клеточной ДНК. В данном случае активация генов включает стандартный путь синтеза белковых и гликопротеиновых молекул, являющихся важной частью синаптических мембран. Эти молекулы транспортируются к мембране, включаются в нее, в результате чего происходит увеличение постсинаптических шипиков на дендритах и изменяется их форма [4].

На первый взгляд может показаться, что физиологические аспекты памяти не имеют существенных свойств для МО, задачей которого является абстрактное воспроизведение функций, реализующих процесс обучения в той или иной ПрО. Но следует понимать, что в данном случае мы ведем речь о реконструкции универсальных аспектов обучения за счет построения модели его осуществления в биологическом интеллекте. В связи с этим следует учитывать, что «архитектурная» реализация памяти и способ обращения к ней команд могут существенно влиять на то, какие алгоритмы выполнимы в данном случае, а какие нет.

Исследования в области ЭЭГ (электроэнцефалографии) и спектральный анализ показали, что «гибкие связи» в мозге образованы посредством синхронизации на частотах мозговых волн, т.е. определенная частота нейронной активности образует связи между некоторыми популяциями клеток. В свою очередь эти связи сходятся к определенным точкам коры, где осуществляются «жесткие связи» посредством выделения нейромедиаторов в синаптических щелях [5]. К сожалению, на данный момент в рамках МО достаточно сложно предложить единую модель, которая бы учитывала как электрохимические принципы реализации «гибких связей», так и биохимические принципы реализации «жестких связей». Во многом это обусловлено тем, что нет специфической формы кодирования как для тех, так и для других связей. Элементы нейросети управляются распределенным кодом, а не единым для всех элементов системы. Это значит, что каждая из подсетей в отдельности не является носителем, кодирующим выполнение определенной функции. «Буквы» и «слова», кодирующие выполнение определенной функции, не содержатся в определенных локальных сетях, которые, в свою очередь, не воплощают законченные и связанные «произведения» мозга. Произведение и его компоненты («буквы», «слова» и «выражения»), возникают путем синергичного взаимодействия большого количества сетей. В этой синергичности как частотном синхронизаторе распределенного кода, возможно, заключается первостепенный аспект семантического кодирования мозгом (ведь объединять семантически нейтральные элементы необходимо на основе некоторого представления о значении как единого в одновременном существовании его частей), на моделировании которого должно сосредоточиться МО для того, чтобы стать подлинным методом создания искусственного интеллекта.

На данный момент практическое применение МО в рамках создания нейрокомпьютерных интерфейсов основано на когнитивной нейробиологии, раскрывающей связь активности нейронов головного мозга с различными формами когнитивной активности: мышлением, обучением, поведением и т.д., - и ее связью с нейрокриптологией, задачей которой является научить компьютер воспринимать содержательную сторону работы мозга. МО в указанной сфере исследования реализуется на основе определенной последовательности действий:

- 1) испытуемым предлагается к решению два типа задач: пространственные и вербально-логические;

- 2) в процессе решения испытуемыми задач записывается их ЭЭГ;
- 3) производится спектральный анализ ЭЭГ;
- 4) полученная информация поступает на искусственную нейронную сеть, которая формирует статистическую погрешность, обучаясь на выборках;
- 5) нейронная сеть выделяет категорирующие паттерны ритмов мозга человека по ЭЭГ.

Нейронная сеть в результате распознает по ЭЭГ, какая задача из указанных типов решается испытуемым в конкретный момент с точностью 85-90%, распознавание внутри этих типов происходит с вероятностью 66% [6].

Таким образом, основываясь на указанных методах и методе биологической обратной связи, реализуемой мозгом, МО приводит к серьезным результатам в области создания нейрокомпьютерных интерфейсов. С их помощью, с одной стороны, расширяются возможности управления человеком компьютерными системами (непосредственного управления компьютерными системами посредством нервной активности), а, с другой стороны, углубляется понимание структуры процессов управления и обучения, реализуемой самой биологической системой. Методы МО позволяют компьютеру научиться распознавать семантическое содержание информационных процессов в психике человека, а человеку - использовать эти процессы в качестве фактора управления компьютерными системами.

Заключение

Таким образом, МО является на сегодняшний день динамично развивающимся направлением в области искусственного интеллекта, позволяющим решать достаточно широкий класс задач, таких как совершенствование алгоритмов поисковых систем Интернета, алгоритмов антивирусных программ, создания нейрокомпьютерных интерфейсов, различных моделей когнитивной деятельности и ряда других систем.

Реализация принципа бритвы Оккама по отношению к МО позволяет понять обучение не как отражение специфических закономерностей определенных положений вещей и событий, на которых мы обучаемся, но как оптимизацию между результативностью работы обучающей модели и ее простотой. Акцент на результативность, возникающей вследствие приближающего отражения модели к выборке, приводит к переобученности и обнаружению тех закономерностей, которые изначально в выборке не содержались.

На этой основе специфическая роль обучения, как некой меры между сложностью выборки и простотой модели, показывает свое значение и для биологических систем. В данном случае нейросеть, реализуя гибридный дискретно-аналоговый способ кодирования, основанный на взаимосвязи «жестких» и «гибких» связей, реализует обучение как способ частотной синхронизации распределенного между этими связями кода.

Список источников

- [1] *Harrington, P.* Machine Learning in Action / P. Harrington. – Manning Publications, 2012. – 384 p.
- [2] *Hebb, D.O.* The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory / D.O. Hebb - Wiley, New York, 1949. – 408 p.
- [3] *Wang, L., Li Cheng, Guoying Zhao* Machine Learning for Human Motion Analysis / L. Wang, , L. Cheng, G. Zhao – IGI Global, 2009. – 318 p.
- [4] *Прибрам, К.* Языки мозга. Экспериментальные парадоксы и принципы нейропсихологии / К. Прибрам. – Пер. с англ. Я. Н. Даниловой и Е. Д. Хомской/ Под ред. и с пред. А. Р. Лурия. - М.: Прогресс, 1975. – 464 с.
- [5] *Дойдж, Н.* Пластичность мозга. Потрясающие факты о том, как мысли способны менять структуру и функции нашего мозга / Пер. с англ. Е. Виноградовой. – М.: ЭКСМО, 2009. – 544 с.
- [6] *Комашинский, В.И.* Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В.И. Комашинский, Д.А. Смирнов – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 94 с.

SPECIFICITY AND DIRECTION OF THE MACHINE LEARNING PROCESS PRESENTATION

V.V. Demirov

Institute of Philosophy NAS, Management Centre knowledge and competencies, Minsk, Belarus
vitaly.demirov@gmail.com

Abstract

In the article discusses the prerequisites and conditions of such direction of the artificial intelligence as a machine learning. Procedural aspects of the implementation of machine learning, based on the algorithms that capable to learning by using methods of probability theory and mathematical statistics are disclosed. This learning is the ability of the algorithm to work with the data that are not come in to the learning sample as what we know about a certain subject area. Directions of realization of machine learning in various application aspects of computer science, as well as prospects of machine learning in the framework of the understanding of the real learning as the core of intellectual activity of biological organisms are revealed.

Key words: *algorithm; machine learning; training sample; semantic content; classification; neurocomputing interface; neuron; distributed code.*

References

- [1] *Harrington, P.* Machine Learning in Action / P. Harrington. – Manning Publications, 2012. – 384 p.
- [2] *Hebb, D.O.* The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory / D.O. Hebb - Wiley, New York, 1949. – 408 p.
- [3] *Wang, L., Li Cheng, Guoying Zhao* Machine Learning for Human Motion Analysis / L. Wang, , L. Cheng, G. Zhao – IGI Global, 2009. – 318 p.
- [4] *Pribram, Karl H.* Stanford university. Languages Of The Brain. Experimental paradoxes and principles in neuropsychology. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall. ISBN 0-13-522730-5 New Jersey. 1971
Pribram K. Языки мозга. Экспериментальные парадоксы и принципы нейропсихологии/ Перевод с англ. – М.: Progress, 1975. –464 p. (In Russia).
- [5] *Doidge, Norman.* Пластичность мозга. Потрясающие факты о том, как мысли способны менять структуру и функции нашего мозга. [Plasticity of the brain. Amazing facts about how the thoughts can influence structure and functions of our brain]. – М.: EKSMO, 2009. –544 p. (In Russia).
<http://www.normandoidge.com/normandoidge.com/MAIN.html>
- [6] *Komashinskiy, V. I., Smirnov D. A.* Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. [Neuro grids and their applications in the field of management and communication] – М.: Goryachaya liniya-Telekom, 2003. – 94 p. (In Russia).

Сведения об авторе



Демиров Виталий Викторович, 1983 г. рождения. Окончил Белорусский государственный университет в 2006 г. Младший научный сотрудник Центра управления знаниями и компетенциями Института философии НАН Беларуси. В списке научных трудов одна монография и 7 статей в области философии сознания, когнитивной и компьютерной семантики.

Demirov Vitaliy, (b.1983). Graduated from the Belarusian State University in 2006, Junior researcher at the Center for knowledge management and competence of the Institute of Philosophy of NAS of Belarus. List of publications includes a monograph and seven articles in the field of philosophy of mind and cognitive computer semantic.

**XVI Международная конференция
ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ
В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ (ПУМСС-2014)
30 июня – 3 июля 2014 г., Самара, Россия**

ОРГАНИЗАТОР

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук (ИПУСС РАН)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- теория оптимального управления и её применения;
- интеллектуальные технологии в сложных системах;
- процессы управления в обществе (в социальных, экономических и политических системах);
- перспективные методы и средства управления космическими полётами;
- управление в сложных технических системах;
- эргатические системы;
- измерения, контроль и диагностика в экстремальных условиях.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

443020, Самара, ул. Садовая, 61, ИПУСС РАН, E-mail cscmp@iccs.ru,
тел. (846) 333-26-77 – Боровик Сергей Юрьевич, ученый секретарь программного комитета,
тел/факс (846) 333-27-70 – Моисеева Татьяна Владимировна, ученый секретарь оргкомитета.

**XIX Байкальская Всероссийская конференция с международным участием
ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ
28 июня - 7 июля 2014 г., Иркутск–Байкал**

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Президиум Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
- Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН
- Институт динамики систем и теории управления СО РАН
- Иркутский государственный технический университет
- Иркутский государственный университет путей сообщения
- Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- теоретические и методологические аспекты информационных и математических технологий;
- математическое моделирование в научных исследованиях, вычислительная математика, оптимизация;
- информационное и семантическое моделирование;
- параллельные и распределенные вычисления, GRID-технологии, облачные вычисления;
- интеллектуальные вычисления (Intelligent computing) и интеллектуальная поддержка принятия решений;
- ситуационные центры и системы поддержки принятия решений в управлении;
- корпоративные информационные, геоинформационные, интеллектуальные системы;
- методы, технологии и инструментальные средства создания Smart Grid;
- кибербезопасность (защита информационных систем объектов критически важных инфраструктур).

Адрес оргкомитета: 664033 Иркутск, Лермонтова, 130, ИСЭМ СО РАН, e-mail: imt@isem.sei.irk.ru, www.sei.irk.ru/sei34
Телефон: (3952) 500-646 доп. 406. Макагонова Надежда Николаевна, Курганская Ольга Викторовна



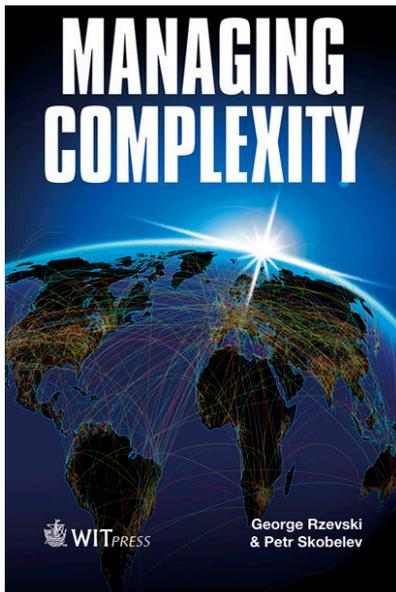
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени С.П. КОРОЛЕВА
кафедра конструкции и проектирования летательных аппаратов
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ РАН
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

тема прошедшего в СГАУ 18 февраля 2014 года семинара
НАУКА О СОЗНАНИИ: нерешённые проблемы

докладчик Агафонов Андрей Юрьевич
заведующий кафедрой общей психологии Самарского государственного университета,
профессор, доктор психологических наук

Присутствующая на семинаре в большинстве своём «техническая» аудитория (СГАУ, СамГТУ, ИПУСС и др.) выразила большую заинтересованность и участие в обсуждении обозначенных в докладе проблем, а также подходов к их осмыслению и решению. Некоторые положения доклада и результаты прошедшей на семинаре дискуссии будут представлены в статье профессора А.Ю. Агафонова в ближайшем выпуске нашего журнала.





Managing Complexity

G. Rzevski, The Open University, UK and

P. Skobelev, Software Engineering Company «Smart Solutions» Ltd., Russia

Book Description

Managing Complexity is the first book that clearly defines the concept of Complexity, explains how Complexity can be measured and tuned, and describes the seven key features of Complex Systems:

1. Connectivity
2. Autonomy
3. Emergency
4. Nonequilibrium
5. Non-linearity
6. Self-organisation
7. Co-evolution

The thesis of the book is that complexity of the environment in which we work and live offers new opportunities and that the best strategy for surviving and prospering under conditions of complexity is to develop adaptability to perpetually

changing conditions. An effective method for designing adaptability into business processes using multi-agent technology is presented and illustrated by several extensive examples, including adaptive, real-time scheduling of taxis, sea-going tankers, road transport, supply chains, railway trains, production processes and swarms of small space satellites. Additional case studies include adaptive servicing of the International Space Station; adaptive processing of design changes of large structures such as wings of the largest airliner in the world; dynamic data mining, knowledge discovery and distributed semantic processing.

Finally, the book provides a foretaste of the next generation of complex issues, notably, The Internet of Things, Smart Cities, Digital Enterprises and Smart Logistics

Contents

PART 1 Fundamentals

1 What is complexity?

Defining Complexity
Complex Versus Complicated
Complexity and Uncertainty
The Seven Criteria of Complexity
Negative and Positive Aspects of Complexity
Evolution Favours Complexity
Co-Evolution of Technology, Economy and Society
Complexity and Information Society
Complexity and Philosophy

2 A method for managing complexity

Coping with External Complexity
Tuning Internal Complexity
Modelling Complexity
Adaptability
Designing Adaptive Business Processes

3 Multi-agent technology

Fundamentals
MAS for Adaptive Resource Allocation
Knowledge Base
Virtual World
Decision-Making
Agent Negotiations
Architecture
Multi-Agent Platform
Main Features of Our MAS
Multi-Agent Software as a Complex Adaptive System
Comparing Multi-Agent Software with Conventional Programs

4 Emergent intelligence

Fundamentals
Evidence of Intelligent Behaviour
Thermodynamics of the Virtual World

PART 2 Commercial applications

5 Adaptive scheduling of seagoing tankers

The Problem
The Solution
Results

6 Adaptive scheduling of taxis

7 Adaptive scheduling of car rentals

8 Adaptive scheduling of road transport

9 Adaptive data mining

10 Adaptive semantic processing

11 Adaptive detection of clashes caused by design changes

12 Adaptive scheduling of supply networks

13 Adaptive scheduling of services for the international space station

14 Adaptive scheduling of a fleet of satellites

15 Adaptive scheduling of high-speed railways

16 Adaptive scheduling of manufacturing

17 Adaptive management of service teams

18 Adaptive project management

PART 3 A roadmap into the future

19 A vision and ideas

A Shift from Personal to Business Applications
The I o T
Digital Enterprise
Smart City
Smart Logistics
The story of managing complexity

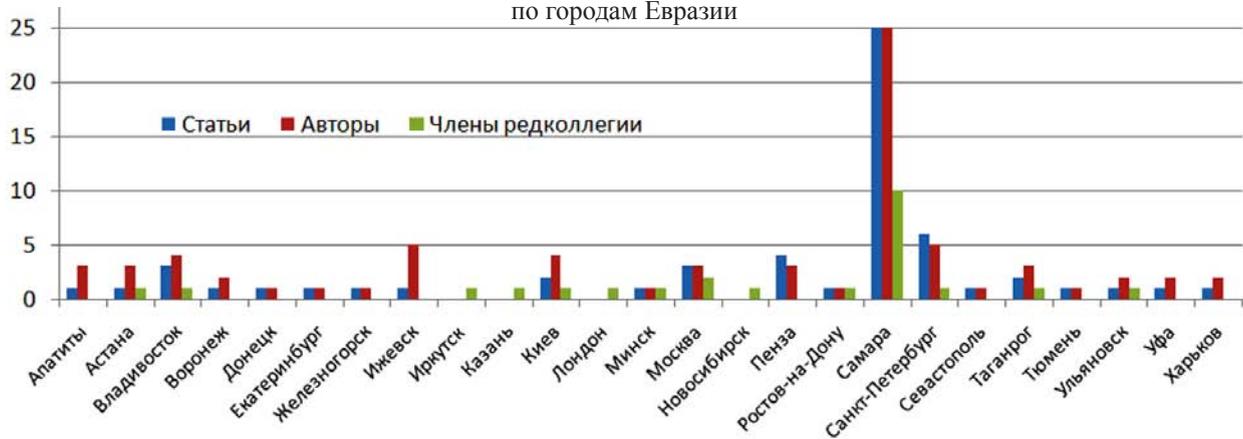
References

Индекс 29151

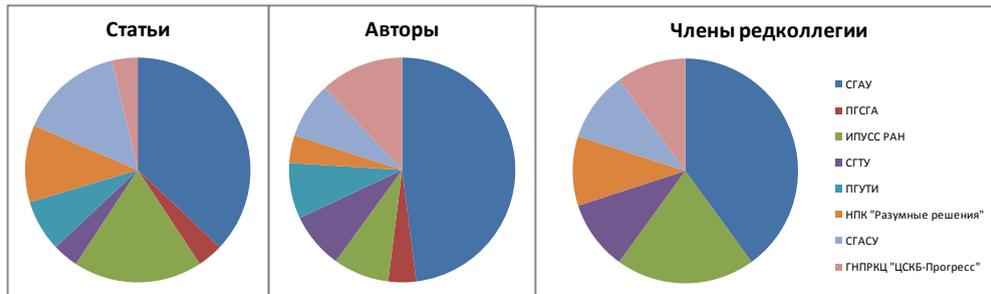
JOURNAL SUBSCRIPTION 2014 CONTINUES



Гистограмма публикаций, авторов и членов редколлегии журнала за 2011-2013 годы по городам Евразии



Диаграммы публикаций, авторов и членов редколлегии журнала за 2011-2013 годы по университетам, предприятиям и организациям города Самары



Ontologists and designers of all countries and subject areas, join us!



Издательство "Новая техника" - Publisher «New Engineering» Ltd
 Россия, 443010, Самара, ул.Фрунзе 145 - 145, Frunze Str., Samara, 443010, Russia

Ontology of Designing - 1(11) 2014 - Организация и проектирование