

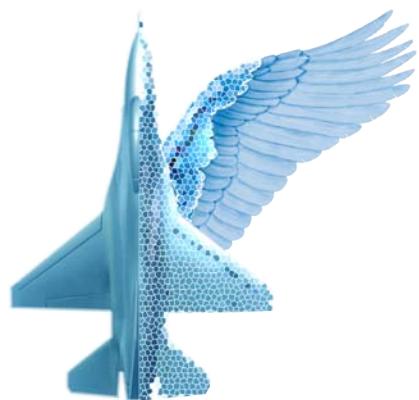
ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ



ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

№ 4(6)



2012

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Белоусов Анатолий Иванович, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
 Боргест Николай Михайлович, к.т.н., профессор СГАУ, член ИАОА, г. Самара
 Голенков Владимир Васильевич, д.т.н., профессор, БГУИР, г. Минск
 Городецкий Владимир Иванович, д.т.н., профессор, СПИИРАН, г. Санкт-Петербург
 Валькман Юрий Роландович, д.т.н., профессор, МНУЦ ИТиС НАН и МОН Украины, г. Киев
 Васильев Станислав Николаевич, академик РАН, ИПУ РАН, г. Москва
 Виттих Владимир Андреевич, д.т.н., профессор, ИПУСС РАН, г. Самара
 Загоруйко Николай Григорьевич, д.т.н., профессор, ИМ СО РАН, г. Новосибирск
 Клещёв Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор, ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток
 Комаров Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
 Крылов Сергей Михайлович, д.т.н., профессор, СамГТУ, г. Самара
 Массель Людмила Васильевна, д.т.н., профессор, ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск
 Пиявский Семен Авраамович, д.т.н., профессор, СГАСУ, г. Самара
 Ржевский Георгий Александрович, проф., Открытый университет, г. Лондон, Великобритания
 Скobelев Петр Олегович, д.т.н., НПК "Разумные решения", г. Самара
 Смирнов Сергей Викторович, д.т.н., ИПУСС РАН, член ИАОА, г. Самара
 Соллогуб Анатолий Владимирович, д.т.н., профессор, ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс", г. Самара
 Сосnin Петр Иванович, д.т.н., профессор, УлГТУ, г. Ульяновск
 Таллер Роберт Израилевич, д.филос.н., профессор СГАУ, г. Самара
 Федунов Борис Евгеньевич, д.т.н., профессор, ГосНИИ Авиационных систем, г. Москва
 Шведин Борис Яковлевич, к.п.н., ООО "Дан Роуз", член ИАОА, г. Ростов-на-Дону

Исполнительная редакция журнала

Главный редактор	Смирнов С.В.	директор ИПУСС РАН
Выпускающий редактор	Боргест Н.М.	директор издательства "Новая техника"
Редактор	Козлов Д.М.	профессор СГАУ
Секретарь	Климакова Е.А.	ИПУСС РАН
Технический редактор	Шустова Д.В.	СГАУ
Литературный редактор	Боргест Д.Н.	издательство "Новая техника"
Дизайнер	Симонова А.Ю.	издательство "Новая техника"

РАБОЧИЕ 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 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"
 Подписано в печать 28.12.12. Тираж 300 экз.

© Все права принадлежат авторам публикуемых статей
 © Издательство "Новая техника", 2011, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции	
Поиск точек отсчета	5
Ахметов Р.Н., Макаров В.П., Соллогуб А.В.	7
ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ РЕФАКТОРИНГА И ОБРАТНОЙ ИНЖЕНЕРИИ	
Бухановский А.В., Иванов С.В., Ковальчук С.В., Нечаев Ю.И.	18
ОНТОЛОГИЯ ИНТЕГРАЦИИ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ IPSE В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ «ОБЛАЧНОЙ» МОДЕЛИ	
Габдрахманов И.Н., Кучуганов В.Н., Медведев Д.В., Мокроусов М.Н., Соболева Н.В..	28
ТЕХНОЛОГИЯ ГЕНЕРАЦИИ ОНТОЛОГИИ БАЗЫ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ТОЛКОВОГО СЛОВАРЯ	
Кретов С.И.	39
МОДЕРНИЗАЦИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ КАК ПРИКЛАДНАЯ ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ	
Пиявский С.А., Ларюхин В.Б.	50
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ. ЧАСТЬ 1	
Денисова И.Ю., Макарычев П.П.	61
ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ	
Боргест Н.М., Громов А.А., Громов А.А., Морено Р.Х., Коровин М.Д., Шустова Д.В., Одинцова С.А., Князихина Ю.Е.	73
РОБОТ-ПРОЕКТАНТ: ФАНТАЗИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ	
ABSTRACTS	95
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИЗДАНИЯ	97
НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ в 2013 году	
III-я Международная конференция OSTIS-2013	98
II-я Международная конференция ИТиС-2013	99
XIII-я Международная конференция ИАИ-2013	100
XXV-я Международная конференция CAiSE'13	101
XV-я Международная конференция ПУМСС-2013	102
XVIII Байкальская Всероссийская конференция ИиМТНиУ-2013	103
ЮБИЛЕИ в 2012	
Профессору Георгию Ржевскому - 80	104
Доктору технических наук Сергею Смирнову - 60	104

CONTENT

From the Editors

Search for points frame of reference	5
--------------------------------------	---

R.N. Akhmetov, V.P. Makarov, A.V. Sollogub	7
---	---

TARGET EFFICIENCY FEATURES OF EARTH OBSERVATION SPACECRAFT
BASED ON REFACTORING AND REVERSE ENGINEERING METHODS

A.V. Boukhanovsky, S.V. Ivanov, S.V. Kovalchuk, Y.I. Nechaev	18
---	----

ONTOLOGY OF INTEGRATION KNOWLEDGE - BASED TECHNOLOGY
IPSE IN THE INTELLECTUAL ENVIRONMENT OF “CLOUD” MODEL

I.N. Gabdrakhmanov, V.N. Kuchuganov, D.V. Medvedev,	28
--	----

M.N. Mokrousov, N.V. Soboleva	28
--------------------------------------	----

TECHNOLOGY OF GENERATION ONTOLOGY OF DATABASE
BY ONTOLOGICAL EXPLANATORY DICTIONARY

S.I. Kretov	39
--------------------	----

TOWARDS SYSTEM ANALYSIS OF THE RUSSIAN INNOVATION
MECHANISM

S.A. Piyavsky, V.B. Larukhin	50
-------------------------------------	----

MATHEMATICAL MODELING CREATION FOR CURRICULUM
BASED ON ONTOLOGY. PART 1

I.Y. Denisova, P.P. Makarychev	61
---------------------------------------	----

ONTOLOGICAL RESEARCH OF E-LEARNING PROCESS AND DESIGN
SUPPORTS

N.M. Borgest, A.A. Gromov, A.A. Gromov, R.H. Moreno, M.D. Korovin,	73
---	----

D.V. Shustova, S.A. Odintsova, Y.E. Knyazihina	73
---	----

ROBOT-DESIGNER: FANTASY AND REALITY

ABSTRACTS	95
------------------	----

RECOMMENDED BOOKS	97
--------------------------	----

SCIENTIFIC CONFERENCES - 2013	
--------------------------------------	--

III International conference OSTIS-2013

98

II International conference IT&S-2013

99

XIII International conference IAI-2013

100

25-th International Conference CAiSE'13

101

XV International conference PC&MCS-2013

102

XVIII International conference I&MTS&C-2013

103

ANNIVERSARIES - 2012	
-----------------------------	--

Prof. George Rzevski - 80

104

Dr.Sc. Sergey Smirnov - 60

104



ОТ РЕДАКЦИИ

ПОИСК ТОЧЕК ОТСЧЕТА

«Быть тому, чтоб сказать и помыслить Бытное.
Ибо есть лишь «Быть», а Ничто — не есть...»
«...мыслить и быть — не одно ли и то же?»

Из главы «Мир истины» поэмы Parmenida «O природе»

«Радуйся! Ибо не злая судьбина тебе указала
Странствовать этим путем, столь дальним от троп человечьих,
А указали Правда и Суд. Познай же как должно
И кругловидную Истину с сердцем незыбким, и вместе -
Мнения смертного люда, которым нет истинной веры;
Нужно, однако, и то изучить, как мнимости эти,
Все проникая насквозь, убедительны виделись людям»

Из Вступления к поэме Parmenida «O природе»

«Быть или не быть, вот в чем вопрос»
У. Шекспир, «Гамлет, принц датский»

**Дорогой наш читатель,
уважаемые авторы и члены редакционной коллегии!**

По традиции мы открываем каждый выпуск нашего журнала с обращения к своему читателю. Формируя тот или иной посыл от редакции, мы стремимся обратить внимание на *истоки*, на важные сущности, на личности ученых, мыслителей. Начав в своих первых выпусках журнала с идеей Сократа, Платона и Аристотеля, мы полагали, что верно указали истоки зарождения интереса к онтологическому конструированию. Ведь многие, в том числе и западные ученые, считают Аристотеля родоначальником¹ метафизики и онтологии в её современном философском понимании.

Однако, не меньший вклад в онтологическое осмысление действительности, в построение модели бытия внесли современники и предшественники Сократа, Платона и Аристотеля.

И сегодня нам хочется вспомнить *Parmenida*, ведь именно он первым сформулировал точное понятие о бытии, именно он обозначил греческим «онтос» само понятие «бытие». Именно знаменитую поэму Parmenida «O природе» принято считать *точкой отсчета* всей античной и европейской метафизики.

Опыт Parmenida, на наш взгляд, ценен для современников не столько результатами проведенных им исследований и принятыми им допущениями, а самим подходом и, в конечном итоге, методом онтологического моделирования и анализа. Ведь Parmenid, например, характеризовал бытие следующими свойствами (фактически допущениями или предположениями): бытие единственно, однородно (гомогенно), безгранично,ечно и неподвижно. Каждое из этих свойств далеко не бесспорно. Но в онтологии, в этой мысленной парадигме важно определить *принципы выделения сущностей* и выработать систему правил формирования отношений между этими сущностями. Бурные дискуссии на этот счет не утихают, а лишь разгораются, в том числе и на форуме ассоциации прикладных онтологов IAOA (The International Association for Ontology and its Applications).

Неизменное, единое бытие - вполне допустимая абстракция, если представить его, говоря современным языком, в виде набора статичных слайдов (фотоснимков), не вдаваясь в само

¹ Родоначальник - не «начальник» рода и не его руководитель, а тот, с чьим именем связывают начало отсчета

содержание бытия. Отсюда и рожденная Парменидом атомистическая модель - это фактически первая онтология, первая попытка представить единое по Пармениду бытие в виде более «мелких» неделимых сущностей с описанием «правил» их соединения. Как известно, принцип Парменида (принцип всеобщей связи) гласит: «ничто не возникает из ничего и не переходит в ничто, но все возникает из другого и переходит в другое». Многие идеи, основанные на этом принципе, получили уже свое развитие: мировые константы, законы сохранения, концепция круговорота, теория вакуума и др.

Великий Рафаэль, сотворивший шедевр по поручению Римского Папы в парадных залах Ватиканского дворца, представил четыре области человеческой деятельности: богословие («Диспут»), философию («Афинская школа»), поэзию («Парнас») и юриспруденцию («Мудрость, Мера, Сила»). Ни Парменид, ни его ученик Зенон не были гражданами Афин, также как и ряд других героев картины «Афинская школа». Но богатство философии - в разнообразии школ и личных мнений. Так формируется человеческое познание, и этому не мешает разобщенность мыслителей в пространстве и времени. Напротив, познание объединяет всех, кто искренне к нему стремится...

На переднем плане этой фрески между сидящим в белом одеянии с книгой могучим Пифагором и опирающимся на куб Гераклитом, стоит и держит книгу Парменид. Рядом с амуром – философ Зенон, ученик Парменида.

Досократики, к коим, бесспорно, относится Парменид, названные так знаменитым Берtrandом Расселом в известной «История западной философии»², во многом определили тот задел научной мысли, который и по сей день является питательной основой для современных философов и инженеров. Именно там черпают и находят истоки формализмов, кластерного и структурного анализа, системного подхода и понятийной чистоты, которые, в конечном итоге, формируют цивилизационную мудрость, трансформирующуюся в знания.

Представленные в 4-ом выпуске нашего журнала за 2012 год статьи, как впрочем, и статьи предыдущих номеров, очередной раз демонстрируют широкую палитру предметных областей, многообразие подходов и многоуровневый характер исследований проектной деятельности. Этот факт подчеркивает важность *созидающего обмена* результатами исследований и насущную потребность в их обобщении с целью внедрения достижений из тех областей, которые оказались более «продвинутыми», в предметные области, в которых успехи исследования проектной деятельности еще не столь впечатляющие.



«Афинская школа» («Философия») Рафаэля Санти, фрагмент, 1509-1511

² <http://philosophy.ru/library/russell/01/00.html>

УДК 629.7.01

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ РЕФАКТОРИНГА И ОБРАТНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Р.Н. Ахметов, В.П. Макаров, А.В. Соллогуб

Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара
sollogubav@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены особенности применения методов рефакторинга и обратной инженерии для обеспечения целевой эффективности космических аппаратов зондирования Земли на этапах жизненного цикла – проектирования, лётно-конструкторских испытаний и эксплуатации. Приведены результаты применения этих методов для космического аппарата дистанционного зондирования Земли «Ресурс-ДК1».

Ключевые слова: рефакторинг, обратная инженерия, зондирование, космический аппарат, жизненный цикл, проектирование, лётно-конструкторские испытания, эксплуатация.

Введение

В практике эксплуатации автоматических космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) возникают ситуации, связанные с отклонением их текущего функционирования от заданного (штатного) процесса, снижающие эффективность применения КА по целевому назначению. Причинами таких отклонений служат нарушения функций отдельных структурных элементов - бортовых систем (БС) КА, вызываемые различными дестабилизирующими факторами, например, сбоями и отказами комплектующих, увеличением темпа деградации их свойств со временем, в том числе, из-за воздействия потоков тяжёлых и высокоэнергетичных заряженных частиц космических излучений [1].

Поскольку непосредственный доступ к БС в автоматических КА ДЗЗ отсутствует, то при появлении аномальных ситуаций (АС) восстановление нарушенного процесса целевого функционирования КА ДЗЗ становится проблемой. В [1-3] показано, что её решение известными методами теории надёжности, в частности, путём резервирования бортовой аппаратуры (БА), не всегда представляется возможным, ввиду ограничений на массу КА, особенно при длительных сроках их активного существования и ограниченных возможностях средств выведения КА на рабочие орбиты. Кроме того, методы теории надёжности предполагают реализацию мероприятий по достижению некоторой заданной вероятности выполнения задачи на определённом интервале полёта в заданных условиях. Они не гарантируют безотказную работу бортовых технических средств на этом интервале, тем более не определяют момент времени, когда произойдёт какой либо отказ в бортовой системе и что предпринять, если на борту отсутствуют структурные резервы, но существуют возможности использования функциональных, информационных и иных ресурсов, которыми обладают другие БС.

В этой связи весьма актуальной становится задача отыскания возможных путей решения рассматриваемой проблемы для низкоорбитальных автоматических КА ДЗЗ длительного активного функционирования (более 5 лет).

По результатам анализа известных методов решения подобных задач наиболее приемлемыми и продуктивными для современных КА ДЗЗ представляются подходы на основе тех-

нологий рефакторинга и обратной инженерии [4, 5]. Рассмотрению их с учётом особенностей реализации в процессе орбитального движения КА Д3З, а также достигнутых при этом результатов для КА Д3З «Ресурс-ДК1» и посвящена настоящая статья.

1 Рефакторинг целевых показателей эффективности КА Д3З

Рефакторинг (*refactoring*, или реорганизация) в общем случае, понимается как процесс частичного или полного преобразования структуры проекта с целью улучшения его функциональности [4].

В основе рефакторинга КА Д3З лежит идея последовательной реконфигурации имеющихся бортовых средств в направлении улучшения целевых показателей эффективности КА, как на проектной стадии, так и при лётно-конструкторских испытаниях и в процессе штатной эксплуатации. Так как каждое преобразование бортовых средств с изменением их свойств затрагивает лишь часть проекта, то разработчику легче проследить влияние всей цепочки преобразований на улучшение функциональности проекта в целом.

Разработка новых крупных проектов ракетно-космической техники (РКТ), в которых принимают участие сотни научных и промышленных коллективов, затягивается порой на десятилетия и нередко становится плохо управляемой. В результате энтропия системы увеличивается, разработка от упорядоченного процесса сползает к хаотическому. В этих условиях методы рефакторинга в совокупности с применением паттернов оказывает наиболее эффективное воздействие на проект. Паттерны представляют собой готовые, проверенные на практике образцы проектных и конструкторско-технологических решений [1], а рефакторинг даёт возможность их быстрой реализации. В ряде случаев (например, для КА Д3З) рефакторинг может включать в себя набор приемов и процедур структурного преобразования существующих аппаратных и программных средств БС, призванных восстановить их функциональную целостность при сохранении «внешнего поведения», т.е. их выходных данных.

В данном случае паттерны могут включать не только заготовки аппаратно-программных блоков, но и отработанные на практике функциональные режимы работы КА, передовые проектно-конструкторские и технологические решения. Паттерны можно рассматривать как набор инструментов для рефакторинга.

Рефакторинг и паттерны эффективны на всех этапах жизненного цикла изделий РКТ. К мероприятиям, улучшающим целевые показатели эффективности КА Д3З в процессе полёта, можно отнести следующие:

- введение калибровочных режимов для бортовых систем, включая целевую аппаратуру (телескопический комплекс);
- устранение расфокусировки оптико-электронного блока целевой аппаратуры в процессе эксплуатации КА;
- решение в реальном масштабе времени задач структурного синтеза новых функциональных режимов, например, в обеспечение живучести КА;
- введение и отработка различных экспериментальных режимов работы КА, например, стереосъёмки наблюдаемых объектов, управление ориентацией КА при отказах датчиков или исполнительных органов и др.

Так, например, применение идей рефакторинга в процессе полёта КА Д3З «Ресурс-ДК1» позволяет поддерживать в течение длительного времени (с июня 2006 года) высокие (близкие к заданным) значения целевых показателей эффективности. И это несмотря на многократные аномальные ситуации, связанные с отказами БС.

В качестве экспериментальных режимов были введены [10]: на этапе проектирования - режим стереосъёмки, а в процессе эксплуатации - режим азимутальной съёмки. Положитель-

ные результаты их отработки в натурных условиях эксплуатации позволили перевести эти режимы в разряд штатных, что стало важным фактором повышения эффективности КА ДЗЗ «Ресурс-ДК1».

При построении системы управления ориентацией (СУО) КА в качестве базовых приборов были приняты: «датчик памяти» типа БИС–ЭГ (бескарданная инерциальная система на электростатических гироскопах) [7], датчик «внешней ориентации» типа БОКЗ–М (бортовой определитель координат звёзд) [6], датчик (измеритель) угловой скорости волоконно–оптического типа (ИУС ВО) [1]. Первые два датчика используются для определения положения связанных осей КА в инерциальном пространстве, последний – для измерения абсолютной угловой скорости КА при его угловых движениях.

Для поддержания штатного режима ориентации предполагалось использовать БИС–ЭГ, а БОКЗ–М, как более точный, но низкодинамичный измеритель, лишь для эпизодической астрокоррекции выходных параметров БИС–ЭГ. Однако в процессе лётно–конструкторских испытаний КА выявились необходимость уточнения математической модели «дрейфа» (ухода осей) БИС–ЭГ, для чего потребовалось проведение калибровочных синхронных измерений углового положения КА с помощью БИС–ЭГ и двух приборов БОКЗ–М. Данные по телеметрии передавались на Землю и после обработки пересыпались на борт в виде соответствующих поправок [7, 9]. Это занимает достаточно много времени, что снижает целевую эффективность КА ДЗЗ. Для исключения этого режима штатной ориентации КА был перепрограммирован на применение другой аппаратной базы, а именно с использованием ИУС ВО и БОКЗ–М. Однако на это ни по ресурсу, ни по динамике не была рассчитана совокупность трёх штатных приборов БОКЗ–М. В работе [8] предложена идея использования виртуального прибора БОКЗ–М. Она позволяет привести точность ориентации КА при работе с одним БОКЗ–М к точности, обеспечиваемой синхронной работой двух приборов, что, помимо прочего, позволяет рациональнее манипулировать их ресурсами в полёте. Учитывая, что частота участков полёта, на которых возможна синхронная работа КА с двумя БОКЗ–М, значительно ниже частоты участков, на которых возможна работа с одиночными приборами, стало возможным организовать режим квазинепрерывного управления КА с использованием измерений с БОКЗ–М. Таким образом, в процессе лётно–конструкторских испытаниях и штатной эксплуатации концепция организации ориентированного полёта претерпела изменения.

Для улучшения разрешающей способности снимков предусмотрено несколько калибровочных режимов: геометрическая и параметрическая калибровки. Они позволяют уточнять взаимное положение чувствительных элементов СУО относительно платформы, на которой они размещаются, положения платформы относительно визирной системы координат оптико–электронного телескопического комплекса (ОЭТК), положения осей БОКЗ–М и ОЭТК [1, 9]. Здесь целесообразно введение двух режимов. Это режим астроконтроля базовых осей БОКЗ–М (и платформы) и ОЭТК, когда положение их измерительных осей определяется по звездам (режим АКСО), и режим контроля текущего положения базовых осей платформы и ОЭТК с помощью автоколлимационных измерений, осуществляемых бортовой автоколлимационной системой согласования осей (режим АССО).

Технология АКСО состоит из двух этапов. Первый из них реализуется непосредственно в полете КА и включает в себя съемку участков звездного неба одновременно с помощью БОКЗ и ОЭТК. Второй этап состоит в совместной наземной обработке данных от БОКЗ и результатов изображений участков звездного неба, полученных с помощью ОЭТК. При такой обработке также учитываются (фиксируются) данные, полученные системой АССО.

Технология АССО обеспечивает согласование осей платформы БА СУО с оптическими осями ОЭТК. Сама платформа может располагаться на опорном шпангоуте ОЭТК, а на ней устанавливается чувствительный элемент АССО, например, в виде прямоугольной отража-

тельной призмы и плоского зеркала. Погрешность такой системы (т.е. ACCO) оценивается на уровне 3 угловых секунд.

Система ACCO работает не только в режиме АКСО, но и на маршрутах съемки. Это дает возможность оценить зависимость измерений, получаемых системой ACCO, от положения КА на орбите, и тем самым оценить температурные деформации конструкции, которые, в основном, определяются интенсивностью освещенности КА Солнцем.

На основании данных, полученных в режимах АКСО, возможно вычислить угловое положение БА СУО (в данном случае посадочных площадок прибора БОКЗ-М) относительно оптических осей телескопа.

Таким образом, в процессе орбитального полета КА возможно решение задачи привязки базисов БА СУО (ИУСВО, БИС-ЭГ), определяющее текущее положение КА, к базисам БОКЗ-М, а также базисов БОКЗ-М и ОЭТК. При штатном функционировании КА осуществляется непрерывный контроль текущего положения баз БА СУО, а с помощью ACCO - изменения текущего положения базисов ОЭТК и БОКЗ-М, которое учитывается при управлении ориентацией КА, что повышает точность наведения ОЭТК на наблюдаемые объекты и обеспечивает высокое качество целевой информации.

Упрощение процедуры калибровки бортовой аппаратуры СУО возможно в случае применения интегрированных приборов, совмещающих в одном моноблоке как БОКЗ, так и измерители угловой скорости.

Рефакторинг целевых показателей эффективности КА тесно связан с мероприятиями по обеспечению живучести КА на всех этапах его жизненного цикла, представленными на рисунке 1, а также с принципами управления живучестью КА в аномальных ситуациях (рисунок 2) [1, 2].

Реализованные мероприятия по рефакторингу, включая управление живучестью КА Д33 «Ресурс-ДК1» в полёте, позволили продлить срок его активного функционирования относительно планового более чем вдвое.

Для рефакторинга целевых показателей эффективности КА представляет интерес использование на борту интегрированной инерциально-спутниковой навигационной системы с формированием единых навигационных данных как для бортовых, так и для наземных потребителей [1, 10]. Кроме того, представляется целесообразным совмещение калибровочных режимов бортовой аппаратуры, выполняемых автономно на борту КА, с режимами штатного функционирования КА. Это, с одной стороны, минимизирует время, затрачиваемое на калибровку, а с другой, позволит учесть в реальном масштабе времени влияние упругих и температурных деформаций элементов конструкции на качество снимков. Однако это связано с разработкой специального бортового управляющего контура с микропроцессорной обработкой результатов измерений, что является задачей для перспективных разработок.

Следует подчеркнуть, что наибольшего эффекта применение технологии рефакторинга достигает для цифровых систем, в которых важным системообразующим элементом является программное обеспечение.

2 Дистанционный рефакторинг бортового программного обеспечения как важный фактор обеспечения целевой эффективности КА Д33

Современные КА Д33 представляют собой цифровые аппаратно-программные комплексы. Эффективность их применения по целевому назначению во многом определяется качеством алгоритмов функционирования бортовых систем, программ бортовых вычислительных средств или, для краткости, бортовой вычислительной системы (БВС). Именно бортовое программное обеспечение (БПО) служит тем интеллектуальным ядром, с помощью которого

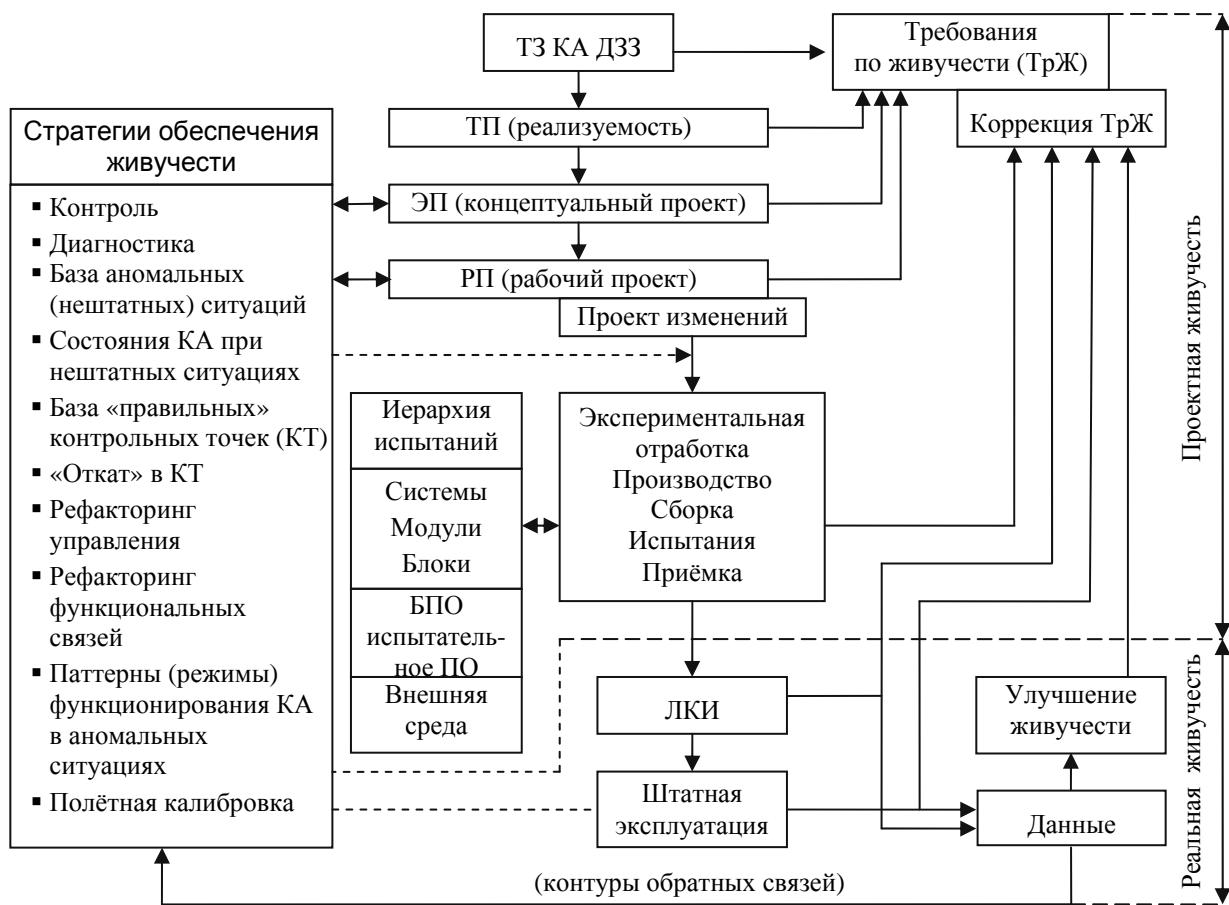
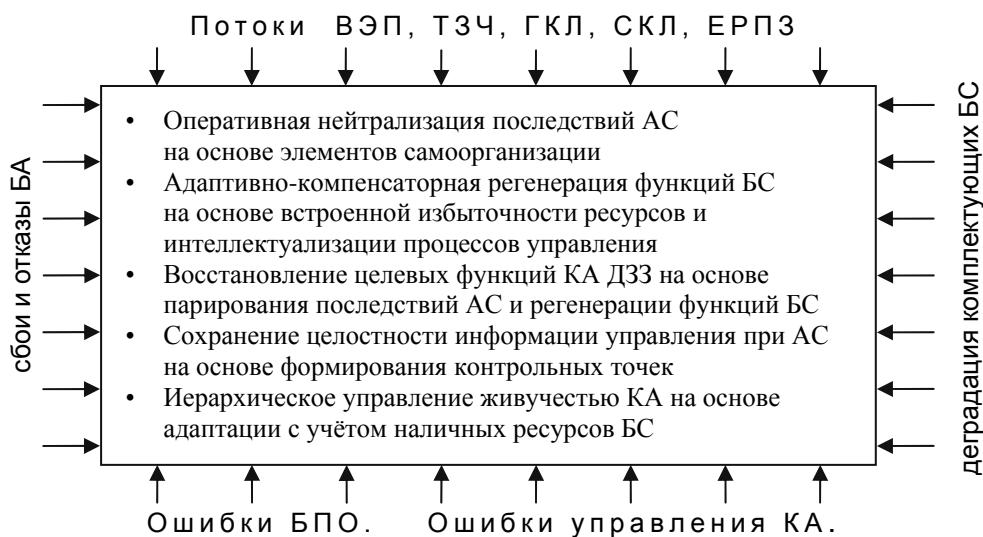


Рисунок 1 - Укрупнённая схема обеспечения живучести КА Д3З на этапах жизненного цикла



ВЭП - высокоэнергетичные протоны;
 ТЗЧ - тяжёлые заряженные частицы;
 ГКЛ и СКЛ – галактические и солнечные космические лучи;
 ЕРПЗ – естественные радиационные поля Земли.

Рисунок 2 - Основные дестабилизирующие факторы и принципы управления их нейтрализацией, положенные в основу системы управления живучестью

обеспечивается требуемый характер частных процессов и показатели БС, а, значит, и потребная целевая эффективность КА ДЗЗ, в различных условиях функционирования, включая аномальные ситуации [1, 2].

Таким образом, качество БПО оказывает непосредственное влияние и на выходные показатели БС, и на эффективность КА ДЗЗ в целом. В то же время известно, что как бы тщательно ни проводилась отладка ПО, нужно всегда помнить о некоторых важных заповедях, выработанных не одним поколением программистов. В частности: «все программы содержат ошибки, просто о некоторых мы не догадываемся», «именно та ошибка, о которой не знаешь, в один прекрасный день загубит твою работу за последние пять лет», «если вы нашли ошибку в программе, то важно понимать, что она предпоследняя».

Всё сказанное относится и к процессу разработки БПО для КА ДЗЗ. Однако здесь сложность в том, что возможен только «дистанционный рефакторинг» БПО в процессе полёта КА. Для его реализации в структуру БПО вводится специализированный паттерн, представляющий собой унифицированный программный инструментарий (УПИН), предназначенный для управления функционированием БС в аномальных или нештатных ситуациях. В УПИН отражается аппаратно-программная структура соответствующих БС, возможные отказы, правила их нейтрализации за счёт управления внутренними ресурсами.

С помощью паттерна УПИН решается задача дистанционной коррекции рабочих программ БС, управляющих как аппаратными средствами, так и встроенными резервами, с целью регенерации функций БС при отказах компонентов, обеспечивая тем самым возможность выполнения целевых задач КА ДЗЗ.

Характер воздействия на бортовые программы БС зависит как от свойств БВС, в частности, вида применяемых постоянных и оперативных запоминающих устройств (ПЗУ и ОЗУ), так и архитектуры БПО [1].

Так, в случае применения БВС с репрограммируемым ПЗУ (РПЗУ) и электронным ОЗУ, технология УПИН, в зависимости от вида отказа БС - программного или аппаратного, обеспечивает следующие мероприятия (рисунок 3):

- замену отказавшей программы БС (или её части) на исправленный вариант;
- замену фрагмента программы, управляющей отказавшим прибором, на новый вариант, учитывающий выведение из контура отказавшей бортовой аппаратуры (БА*) и применение либо аналогичного резервного прибора (при наличии структурного резерва), либо других бортовых ресурсов, например, функциональных [1, 3]. Последний случай связан с необходимостью регенерации аппаратной структуры отказавшей БС, а, следовательно, с разработкой нового БПО для её управления.

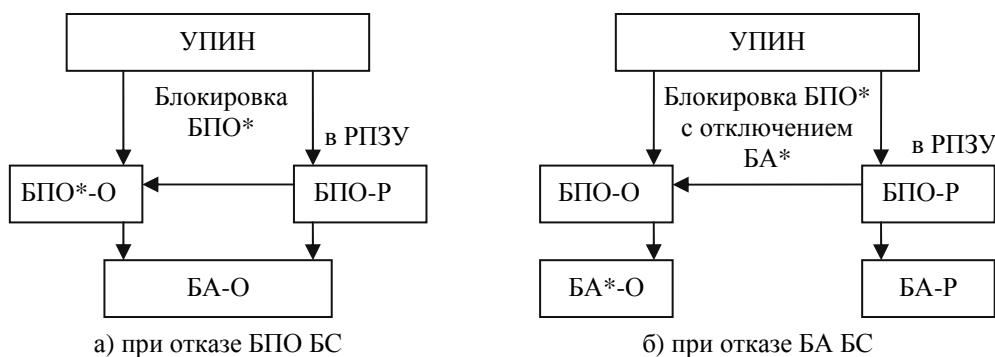


Рисунок 3 - Схема процесса рефакторинга БПО БС для случая применения БВС с РПЗУ

В случае применения в составе КА БВС с прошиваемым ПЗУ, возможность её репрограммирования в полёте КА отсутствует. Кроме того, невозможно остановить работу неправильно работающей «прошитой» программы. В таком случае для решения аналогичной задачи возможно использование так называемого метода «заплаток», когда параллельно с неправильно работающим участком программы из ПЗУ запускается в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) БВС её новый фрагмент, отражающий текущую ситуацию. В момент формирования в ОЗУ БВС ошибочных выходных данных из «отказавшей» программы (для их дальнейшего использования прошитыми участками БПО) они заменяются «правильными» данными, которые вырабатываются работающим в ОЗУ новым фрагментом программы («заплаткой»). При этом в зависимости от вида отказа БС - программного или аппаратного, с помощью технологии УПИН можно реализовывать следующие варианты действий (рисунок 4):

- блокирование на каждом цикле работы отказавшей программы БС (или её части) с помощью «заплатки» (ОЗУ-З), работающей с тем же тактом, заменяющей правильными данными ошибочные выходные параметры, сформированные отказавшей программой;
- блокирование работы фрагмента программы, управляющей отказавшим прибором, с заменой её ошибочных выходных данных на новые, которые вырабатывает вариант «заплатки», учитывающий выведение из структуры БС отказавшего прибора (отключение БА*) и введение в строй либо аналогичного резервного (БА-Р, при наличии структурного резерва), либо применения других ресурсов. Это также связано с необходимостью регенерации аппаратной структуры отказавшей БС, а также с разработкой новых вариантов заплаток БПО для управления её функционированием.

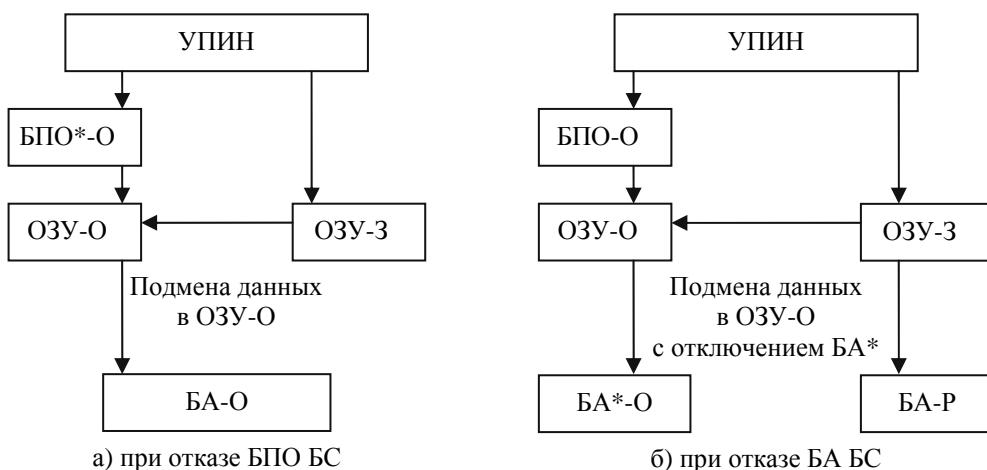


Рисунок 4 - Схема процесса рефакторинга БПО БС для случая применения БВС с прошиваемым ПЗУ

Следует отметить, что в разработке, отладке и сопровождении БПО участвуют, как правило, большое количество специалистов с разным уровнем подготовки, работающих в десятках территориально распределённых организаций, на различном оборудовании и в разных программных средах. Важно, чтобы при этом обеспечивалась поддержка технологий рефакторинга у всех соисполнителей.

Пример. Для КА Д33 разработки ГНП РКЦ «ЦСКБ–Прогресс», где используются БВС с прошиваемым ПЗУ, в качестве УПИН введён специализированный паттерн, называемый ПрОЗУ («программы, выполняемые из ОЗУ»), который предназначен для изменения штатной организации выполнения прошитых в ПЗУ БВС программ. Программы для ПрОЗУ передаются на борт КА с Земли по радиоканалу, размещаются в ОЗУ БВС с последующим авто-

матическим включением их по временной уставке. Такие программы работают параллельно со штатными (прошитыми) программами, которые формируют в ОЗУ «неправильные» результаты. В этот момент правильно работающая программа (ПрОЗУ) подменяет неверные результаты на правильные данные, которые затем используются по предписанной логике (то есть либо штатной, либо заданной в ПрОЗУ).

Это позволяет эффективно парировать негативное влияние отказов бортовых аппаратно–программных средств на целевое функционирование КА.

Программы ПрОЗУ могут разрабатываться заранее, представляя собой арсенал дополнительных потенциальных возможностей по обеспечению живучести КА, или разрабатываться в оперативном порядке для парирования последствий возникших в процессе полёта КА аномальных ситуаций.

По внедрённой технологии дистанционного рефакторинга КА ДЗЗ, ПрОЗУ после проведения соответствующей отладки на наземном отладочном комплексе, передаётся по радиоканалу в бортовой комплекс управления для исполнения. Кроме того, для эффективного применения ПрОЗУ, предусмотрено введение в тело каждой прошиваемой штатной бортовой программы специальных меток, располагаемых по границам её функционально завершённых участков, по которым возможен выход в ОЗУ БВС, а значит и возможность организации взаимодействия с ПрОЗУ [1].

Таким образом, оперативное изменение функционирования любых программ БПО достигается за счёт использования в БС, засыпаемых с Земли, отдельных программ или их частей, располагаемых и исполняемых из ОЗУ БВС.

3 Методы обратной инженерии в обеспечении целевой эффективности КА ДЗЗ

Обратная инженерия (*reverse engineering* – анализ, разбор, расшифровка структуры) – понимается в технике как процесс, обратный процессу проектирования какого либо объекта или системы, который заключается в восстановлении их структуры, устройства и логики работы либо по готовому образцу, либо по выходным данным на некотором интервале функционирования (например, по параметрам телеметрического контроля) [5].

В компьютерной технике, программировании, криптографии концепция обратной инженерии развилась в один из самых мощных методов исследования текущего состояния систем.

При разработке трансляторов, компиляторов, ассемблеров, дизассемблеров и др. систем необходимо разрабатывать эффективные методы синтаксического, семантического, морфологического анализа и разбора предложений на разных языках. К сожалению методы обратной инженерии, находят также применение и в областях человеческой деятельности, которые преследуются законом (хакерство, взлом систем защиты банковских структур и военных систем).

В практике разработки изделий РКТ методы обратной инженерии играют очень важную роль. В разработке и эксплуатации изделий на различных этапах жизненного цикла участвуют многие тысячи специалистов. Очень часто эти специалисты, выполняя свою конкретную работу, не являются непосредственными разработчиками тех систем, с которыми они работают, то есть для них это готовое изделие. Например, в цехе электрических испытаний приходится работать с десятками систем и приборов, которые созданы на других предприятиях и которые (системы, приборы) впервые «встретились» в этом цехе. Поэтому при нахождении тех или иных неисправностей работникам цеха приходится глубоко изучать испытываемые системы, их взаимодействие с другими системами.

Аналогичные ситуации возникают и в центре управления полётом (ЦУП) КА ДЗ3, когда возникает аномальное функционирование БС. Персонал ЦУП, не являясь разработчиком КА и не зная тонкостей работы БС КА, должен по телеметрическим данным с учётом имеющейся документации (в основном по управлению) представить себе глубину аномальной ситуации, ее последствия, реконструировать состояние и поведение систем КА, а также определить порядок восстановления их работоспособности.

Для КА ДЗ3 «Ресурс-ДК1», наряду с управлением полётом средствами наземного комплекса управления, широко используются автономные средства бортового комплекса управления. Для этого в БПО систем КА введены различного рода автоматические «решатели» в виде когнитивных матриц (для определения состояния параметров «норма/не норма»), решающие правила (классификаторы) на основе последовательного критерия Вальда (для проверки гипотез о состоянии параметров) [1].

Возможность применения методов «обратной инженерии» при эксплуатации КА предусматривается на проектной стадии. Одним из действенных методов обратной инженерии является анализ «снизу–вверх», который позволяет локализовать место и возможные причины возникновения АС с целью дальнейшего восстановления нарушенных информационных, управляющих, структурных и временных связей. Этот анализ составляет основу бортовой распределённой системы управления живучестью (СУЖ) КА и является результатом глубокой семантической проработки материалов по логике управления бортовыми системами. Метод анализа «снизу–вверх» комбинируется с анализом «сверху–вниз». Это достигается использованием на борту набора паттернов тестирующих воздействий и сравнением получаемых результатов с ожидаемыми результатами.

К обратной инженерии относятся также методы обеспечения информационной устойчивости или информационной безопасности КА, которые основываются на процедурах получения «снимков параметров состояния» КА, и «отката», в случае необходимости к «правильным» состояниям БС.

Концепция СУЖ основывается на двух важных принципах. При нахождении неравновесной системы (КА–внешняя среда) в стационарном состоянии (когда система способна отрабатывать небольшие возмущения самостоятельно в автономном режиме) реализуется принцип Бьесиота, идея которого состоит в том, что «скорость реагирования на угрозу (т.е. АС) должна быть выше скорости её распространения».

При нахождении неравновесной системы в нестационарном состоянии (система не способна отрабатывать возмущения самостоятельно в автономном режиме), реализуется принцип «самоорганизованной критичности». В этом случае для каждой АС определяются состояния, которые характеризуются двумя точками: точкой сингулярности, в которую БС не должна попадать из-за возможности неуправляемого катастрофического для КА развития ситуации, и точкой бифуркации, в которой СУЖ в автоматическом режиме переводит БС или КА в целом в состояние, которое предотвращает катастрофическое развитие ситуации. Для КА ДЗ3 в целом предусмотрены два таких состояния: «ориентированный дежурный полёт» и «неуправляемый полёт». В случаях обнаружения дефицита энергии на борту используется перевод КА в «режим дежурной ориентации фотоэлектрических панелей на Солнце».

Приведенные выше процедуры, как элементы рефакторинга, позволяют реализовать основные свойства, определяющие качество целевого функционирования [10, 11], а также характеризующие живучесть КА ДЗ3 [1, 2]:

- безопасность КА при АС;
- адаптивность КА к АС;
- восстановление функций БС после воздействия АС;
- готовность КА к решению функциональных задач.

Заключение

Рассмотренные подходы к повышению эффективности КА Д33 в полёте позволяют заключить следующее.

Технологии рефакторинга в совокупности с паттернами эффективны для поддержания функциональности КА Д33 с длительными сроками активного существования.

Поскольку в разработке КА Д33 принимает участие большое количество территориально распределённых организаций, головным разработчикам необходимо реализовывать организационный механизм, обеспечивающий поддержку технологий рефакторинга на всех этапах жизненного цикла изделия, включая разработку, отладку и сопровождение БПО.

Оперативное изменение функционирования программ БПО достигается за счёт использования в бортовых системах КА отдельных программ или их частей, засыпаемых с Земли по радиоканалу в БВС (дистанционный рефакторинг БПО), которые в ряде случаев могут располагаться и исполняться непосредственно из ОЗУ БВС (ПрОЗУ), либо служить основой для перепрограммирования фрагментов ПЗУ штатного БПО.

Применение идей рефакторинга в процессе летно-конструкторских испытаний и при штатной эксплуатации КА Д33 «Ресурс-ДК1» позволили поддерживать в течение длительного времени (за пределами удвоенного ресурса БС) целевые показатели эффективности КА.

Список источников

- [1] Кирилин, А.Н. Методы обеспечения живучести низкоорбитальных автоматических КА зондирования Земли: математические модели, компьютерные технологии / А.Н. Кирилин, Р.Н. Ахметов, А.В. Соллогуб, В.П. Макаров. - М.: Машиностроение, 2010. – 384 с.
- [2] Ахметов, Р.Н. Принципы управления космическими аппаратами мониторинга Земли в аномальных ситуациях / Р.Н. Ахметов, В.П. Макаров, А.В. Соллогуб // Информационно-управляющие системы. - 2012. - №1. - С. 16-22.
- [3] Ахметов, Р.Н. Методы управления живучестью низкоорбитальных автоматических КА Д33 / Р.Н. Ахметов, В.П. Макаров, А.В. Соллогуб // Материалы XVII международной конференции по интегрированным навигационным системам, Санкт-Петербург, 2010. - С. 120-126.
- [4] Фаулер, М. Рефакторинг. Улучшение существующего кода / М. Фаулер; пер. с англ. - М.: Символ Плюс, 2008. – 432 с.
- [5] Лаврищев, Е.М. Методы и средства инженерии программного обеспечения: Учебник / Е.М. Лаврищев, В.А. Петрухин. - М.: МФТИ (ГУ), 2006. – 304 с.
- [6] Аванесов, Г.А. Звёздный координатор БОКЗ-М и перспективы его развития / Г.А. Аванесов, А.А. Форш, Р.В. Бессонов и др. // Материалы XVII международной конференции по интегрированным навигационным системам, Санкт-Петербург, 2010. - С.199-205.
- [7] Ландау, Б.Е. Основные результаты разработки и испытаний системы определения ориентации на электростатических гироскопах для низкоорбитальных космических аппаратов / Б.Е. Ландау, Г.И. Емельянцев // Гироэлектроника и навигация. - 2007. - №2. - С. 3-12.
- [8] Аншаков, Г.П. Квазинепрерывная астрокоррекция инерциальных датчиков памяти спутников дистанционного зондирования Земли / Г.П. Аншаков, Р.Г. Залялова, Я.А. Мостовой, В.А. Типухов // Материалы XV международной конференции по интегрированным навигационным системам, Санкт-Петербург, 2008. - С. 304-311.
- [9] Ахметов, Р.Н. Особенности полетной калибровки бортовой аппаратуры космических аппаратов дистанционного зондирования Земли / Р.Н. Ахметов, А.А. Головченко, В.П. Макаров, А.В. Соллогуб // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2009. - №7. - С. 69-75.
- [10] Ахметов, Р.Н. Автономное программное управление угловым движением современных КА Д33 / Р.Н. Ахметов, Г.П. Аншаков, А.И. Мантуров и др. // Аэрокосмический курьер. - 2008. - №6. - С. 20-22.
- [11] Ахметов, Р.Н. Статистическая оценка качества снимков КА «Ресурс-ДК1», приведенного к зачётным условиям съёмки / Р.Н. Ахметов, А.Ю. Богатов, В.Ф. Петрищев // Полет. - 2010. - №7. - С. 30 -36.

Сведения об авторах



Ахметов Равиль Нургалиевич, 1948 г. рождения. Окончил Куйбышевский политехнический институт в 1971 г., к.т.н. (1981), докторская диссертация защищена в 2012 году. Генеральный конструктор ГНП РКЦ «ЦСКБ–Прогресс». В списке научных трудов более 80 работ в области проектирования и испытаний ракетно-космической техники.

Ravid Nurgaliyevich Akhmetov (b. 1948) graduated from Kuibyshevsky Polytechnic Institute in 1971. Ph.D. (1981), D.Sc. (2012). General Designer of SRP SC “TsSKB-Progress”. The scope of his scientific studies includes more than 80 papers in the sphere of space equipment designing and testing.



Макаров Валентин Павлович, 1938 г. рождения. Окончил Куйбышевский политехнический институт в 1965 г., д.т.н. (1986). Научный советник ГНП РКЦ «ЦСКБ–Прогресс». В списке научных трудов более 70 работ в области проектирования систем управления движением КА дистанционного зондирования Земли с обеспечением их живучести при отказах компонентов.

Valentin Pavlovich Makarov (b. 1938) graduated from Kuibyshevsky Polytechnic Institute in 1965. Doctor of Engineering (1986). Scientific Adviser of SRP SC “TsSKB-Progress”. The scope of his scientific studies includes more

than 70 papers in the sphere of ERS satellites motion control system designing with provision of their survivability at components failures.



Соллогуб Анатолий Владимирович, 1937 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт в 1960 г., д.т.н. (1988). Главный научный сотрудник ГНП РКЦ «ЦСКБ–Прогресс». В списке научных трудов более 90 работ, включая 5 монографий в области моделирования и автоматизации проектирования ракетно-космической техники.

Anatoly Vladimirovich Sologub (b. 1937) graduated from Kuibyshevsky Aircraft Institute in 1960. Doctor of Engineering (1988). Chief Research Assistant of SRP SC “TsSKB-Progress”. He is co-author of more than 90 publications in the sphere of space equipment modeling and computer-aided design.

УДК 519.711.3

ОНТОЛОГИЯ ИНТЕГРАЦИИ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ IPSE В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ «ОБЛАЧНОЙ» МОДЕЛИ

А.В. Бухановский¹, С.В. Иванов², С.В. Ковальчук³, Ю.И. Нечаев⁴

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики

¹avb_mail@mail.ru, ²svivanov@mail.ifmo.ru, ³kovalchuk@mail.ifmo.ru, ⁴nechaev@mail.ifmo.ru

Аннотация

Рассматривается формализованная модель онтологической системы интеграции знаний на основе технологии iPSE (*Intelligent Problem Solving Environment – iPSE*). Модель реализована в рамках концепции открытых систем в интеллектуальной среде «облачных» вычислений. Разработанная модель онтологии учитывает расширение функциональных возможностей технологии iPSE за счет модификации потока событий (*WorkFlow*). Указаны направления практических приложений разработанной онтологической системы знаний при реализации концепции представления и обработки информации в задачах контроля экстремальных ситуаций в сложной динамической среде.

Ключевые слова: онтология интеграции знаний, интеллектуальная технология, «облачная» модель, поток событий, экстремальная ситуация, сложная динамическая среда.

Введение

Разработка интеллектуальных приложений на базе высокопроизводительных вычислений представляет собой одно из перспективных направлений при создании систем поддержки принятия решений (ППР) [1-5]. Концепция iPSE (*Intelligent Problem Solving Environment*) [1] определяет принципы построения инструментальных технологических платформ для разработки композитных приложений в форме интеллектуальной оболочки управления параллельными вычислительными процессами в распределенной иерархической среде, включающей в себя вычислительные системы различных архитектур [2]. Такой подход расширяет достоинства традиционных проблемно-ориентированных инструментальных оболочек (PSE, *Problem Solving Environment*) [4] обеспечения эффективного (с точки зрения производительности) исполнения композитных приложений за счет использования для управления распределенными вычислениями интегрированных баз знаний об особенностях предметной области и специфике вычислительного процесса.

В рамках iPSE на основе программных кодов формализуются не только методы и вычислительные алгоритмы, но и экспертные знания об организации процесса вычислений применительно к специфике предметной области. Технология iPSE реализует функции интеллектуальной системы (ИС) ППР при разработке композитных приложений, предоставляя единый интерфейс взаимодействия для предметно-ориентированных программных модулей и компонентов, которые могут разрабатываться различными коллективами на разных языках и иметь различные условия распространения и использования. Реализация технологии iPSE ориентирована не только на поддержку высокопроизводительных вычислений для суперкомпьютерных систем с традиционной (клUSTERной) архитектурой, но и для неоднородных систем, включая гиперклUSTERы (в рамках модели метакомпьютинга) и Грид. При этом управление эффективностью выполнения сценария вычислений, задаваемого потоком дан-

ных (*WorkFlow*), позволяет избежать конфликтных ситуаций при разделении ресурсов между различными вычислительными модулями и пользователями.

1 Концептуальная модель онтологии iPSE

Концептуальные основы создания платформ класса iPSE базируются на теоретических принципах, определяющих архитектуру системы и уровни ее управления. Наряду с традиционными математическими методами построения расписаний здесь широко применяются достижения искусственного интеллекта (ИИ), определяющие принципы функционирования систем, основанных на знаниях. Среди них важная роль принадлежит принципу открытости, позволяющему обеспечить наиболее сложные уровни иерархической структуры системы – самоорганизацию и самообучение. В результате открываются возможности интерпретации сложных процессов при принятии решений, а также при моделировании действий системы в процессе решения задачи и «обучении» на своем опыте. На рисунке 1 приведена концептуальная схема онтологии iPSE, определяющая основные принципы функционирования.

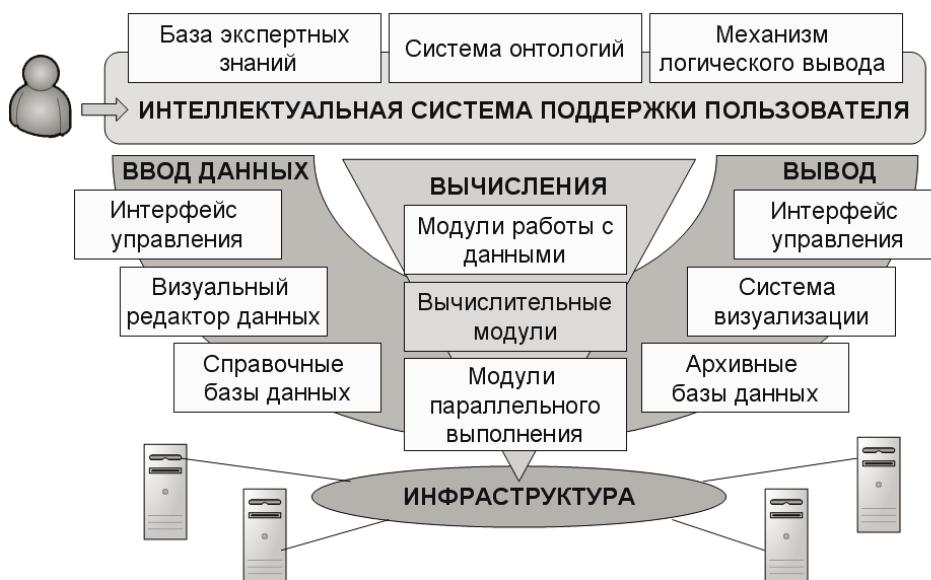


Рисунок 1 – Концептуальная модель онтологии iPSE

Из рисунка 1 видно, что пользователь взаимодействует с многопрофильной интеллектуальной технологической платформой разработки интеллектуальных приложений через ИС ППР, которая обеспечивает возможность формирования приложения на языке предметной области, а также рациональное использование инструментария ввода и вывода данных, визуализации, хранения и пр. Предметно-ориентированные вычислительные модули, представленные соответствующим репозиторием, являются основной частью системы, однако построение композитных приложений и параллельного исполнения на распределенной вычислительной инфраструктуре реализованы независимо и являются прерогативой самой системы, гибко учитывающей возможности внутреннего распараллеливания, заложенные в каждом из компонентов.

2 Архитектура и онтология информационных потоков в iPSE

На рисунке 2 приведена онтология основных информационных потоков в iPSE. Структура содержит подсистемы логического вывода, управления знаниями, человеко-

компьютерного взаимодействия (ЧКВ), оболочку параллельного исполнения вычислительных модулей, хранилище данных, информационный портал.

Подсистема ЧКВ предоставляет пользователю диалоговый интерфейс, который включает в себя модуль интервьюирования пользователя, конструктор сценариев разрабатываемых композитных приложений и интеллектуальный редактор данных, посредством которого формируется входная информация для расчетов с использованием понятийной базы и справочной информации предметной области. В состав интерфейса входит интеллектуальный инструмент – модуль, отслеживающий и анализирующий действия пользователя с целью возможной коррекции или оптимизации. Модуль научной визуализации и модуль валидации и верификации результатов расчетов на основе знаний предметной области формируют тестовые задания для оценки работоспособности композитных приложений.

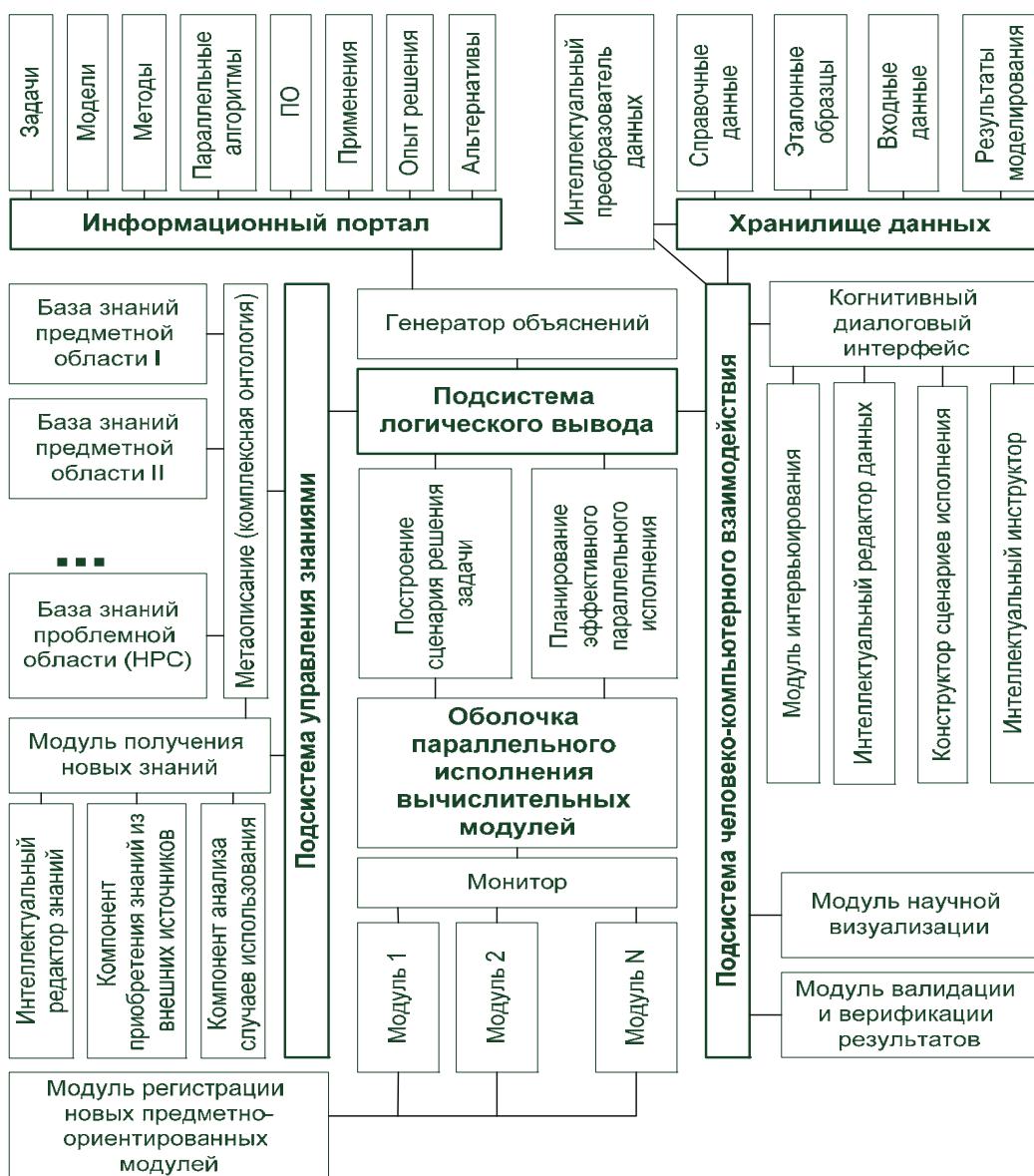


Рисунок 2 – Онтология программной архитектуры инstrumentальной технологической платформы iPSE

Подсистема управления знаниями включает в себя набор баз знаний предметной и проблемной области. Взаимоотношения между понятиями из разных баз знаний регламентиру-

ются посредством метаописания их структуры и состава в форме комплексной онтологии. В рамках онтологии определены формы представления параметров, включая вид и структуру моделей параллельной производительности. Адаптивные функции данной подсистемы реализуются посредством модуля получения новых знаний.

Подсистема логического вывода является основным механизмом интеллектуальной оболочки, реализующей вывод на знаниях, ассоциированных с основными программными компонентами в составе управляющего ядра программного комплекса. Она включает в себя компоненты построения сценариев решения задачи на основе знаний предметной области и планировщик параллельного исполнения, использующий знания о производительности. На основе этих знаний подсистема интерпретирует задание (метаописание, предоставленное пользователем через систему ЧКВ) и путем формирования активных фактов предметной области определяет набор вычислительных сервисов и сценарий их взаимодействия.

Оболочка параллельного исполнения вычислительных модулей является основным содержательным элементом инструментальной платформы. Она представляет собой самостоятельную систему распределенных вычислений, которая обеспечивает распределенный запуск и мониторинг исполнения заданий в распределенной среде. В ходе работы компонентов блока транслируются управляющие команды, поступающие от ИС конструирования заданий. Оболочка параллельного исполнения осуществляет унифицированный доступ к вычислительным предметно-ориентированным модулям в составе комплекса. Каждый такой модуль помимо процедурной части (программного модуля) имеет декларативную составляющую, содержащую информацию о математических моделях, методах, алгоритмах и условиях применения, как фрагмент соответствующей базы знаний. Процедурная, и декларативная составляющие компонента могут храниться на разных узлах распределенной вычислительной системы.

Хранилище данных связано с остальными подсистемами посредством преобразователя данных. Интеллектуальная функция этого модуля реализуется путем преобразования форматов входных и выходных файлов для различных модулей и обеспечения их эквивалентности на уровне решаемых задач. Хранилище данных содержит собственно входные и выходные данные (результаты моделирования), справочные данные, а также эталонные образцы, необходимые для решения задач верификации и валидации.

Информационный портал является специфической подсистемой iPSE, которая заменяет собой традиционное «Руководство пользователя». Портал представляет собой динамическую гипертекстовую информационную систему с перекрестной классификацией содержания по следующим категориям понятий: задачи, модели, методы, алгоритмы, программное обеспечение, применение, опыт использования и альтернативы. Пользователь может осуществлять навигацию в различных направлениях, в итоге получая рекомендации по конкретным возможностям комплекса для решения собственной задачи. Дополнительным компонентом является генератор объяснений, который связывает действия, выполняемые в процессе логического вывода, с содержимым информационного портала, что позволяет представить пользователю аргументированную информацию обо всем процессе рассуждений системы.

3 Формальная модель и уровни описания онтологии предметно-ориентированных сервисов

Формально слой классов онтологии определяется как граф

$$(1) \quad O = \langle C, R \rangle,$$

где C – множество классов, R – множество абстрактных отношений, связывающих классы. Аналогично слой индивидов онтологии определяется как граф

$$(2) \quad \tilde{O} = \langle \tilde{C}, \tilde{R} \rangle,$$

где \tilde{C} – множество индивидов, а \tilde{R} – множество отношений между индивидами. При этом для каждого элемента слоя индивидов определены:

а) отношение генерализации

$$(3) \quad gn^{(C)} : \tilde{C} \rightarrow C, \quad gn^{(R)} : \tilde{R} \rightarrow R,$$

определяющее связь индивидов и связей между ними с соответствующими классами и связями классов;

б) «сторожевые условия» (*guard condition*), определяющие применимость элементов в данных условиях

$$(4) \quad gc^{(C)}(F) : \tilde{C} \rightarrow \{0,1\}, \quad gc^{(R)}(F) : \tilde{R} \rightarrow \{0,1\},$$

где F – множество активных фактов, определенных для текущей задачи;

в) функция критериальной оценки

$$(5) \quad k^{(C)}(F) : \left\{ \tilde{c} \in \tilde{C} \mid gc^{(C)}(\tilde{c}) = 1 \right\} \rightarrow \Psi^{(C)},$$

$$(6) \quad k^{(R)}(F) : \left\{ \tilde{r} \in \tilde{R} \mid gc^{(R)}(\tilde{r}) = 1 \right\} \rightarrow \Psi^{(R)},$$

где $\Psi^{(C)}$ и $\Psi^{(R)}$ - пространство критериев оценки индивидов и отношений между ними.

Следует отметить, что в общем случае «сторожевые условия» могут рассматриваться как один из критериев оценки. Тем не менее, в данном документе они выделены в отдельный класс в целях упрощения работы критериальной оценки, оперирующей множествами \tilde{C} и \tilde{R} .

Целью работы блока логического вывода является определение способа решения поставленной задачи. При этом способ решения определяется как кортеж

$$(7) \quad S = (s_1, s_2, \dots, s_N)$$

фиксированной структуры, i -м элементом которого являются множества вида

$$(8) \quad s_i = \left\{ \tilde{c} \in \tilde{C} \mid gn^{(C)}(\tilde{c}) = c_i \right\},$$

где последовательность классов $c_i \in C$ и требований к множествам s_i определяет общую структуру решения. Для оценки построенного решения по системе критериев применяется анализ графа

$$(9) \quad \tilde{O}' = \langle \tilde{C}', \tilde{R}' \rangle : \quad \tilde{C}' = \bigcup_i s_i \cup \tilde{C}_S,$$

где \tilde{C}_S – присоединенная система классов

$$(10) \quad \tilde{C}_S = \left\{ \tilde{c}_S \mid \tilde{c}_S \notin \bigcup_i s_i, \exists \tilde{c}_1 \in \bigcup_i s_i : rch(\tilde{c}_S, \tilde{c}_1) \right\},$$

где $rch(\tilde{c}_1, \tilde{c}_2)$ – отношение достижимости на графе \tilde{O}' . Оценка \tilde{O}' осуществляется в пространстве критериев Ψ , определяемом пересечением множеств критериев, описывающих пространства $\Psi^{(C)}$ и $\Psi^{(R)}$. Задача ранжирования способов запуска требует определения отображения $\psi : \Psi \rightarrow R$, для вычисления интегрального критерия качества решения.

На практике принципы реализации онтологий в соответствии с рассмотренным формализмом базируются на подходах и методологии проектирования систем, основанных на знаниях. Среди принципов онтологии выделяют ясность, согласованность, расширяемость. Жизненный цикл онтологий включает процедуры управления приложениями, их разработку

и поддержание. Процесс построения онтологий распадается на серию подпроцессов. Сначала строится глоссарий терминов, затем деревья классификации концептов и диаграмма бинарных отношений и только после этого – остальные промежуточные представления. Формируя структуру онтологии, необходимо учитывать ряд особенностей, проистекающих как из требований объекта исследования (композитными приложениями с динамической компонентной архитектурой на основе прикладных сервисов), так и определяемых необходимостью универсализации структуры онтологии в предположении о возможности ее адаптации для задач произвольной предметной области. При этом производится декомпозиция онтологии на несколько базовых уровней, различающихся по степени абстракции, с которой рассматривают анализируемое композитное приложение.

4 Онтологии семантического описания прикладных сервисов в распределенной среде iPSE

Композитное приложение состоит из отдельных сервисов, отчуждаемых в процессе исполнения от своих разработчиков. Потому для их использования необходимо также приобретать и формализовывать знания об их использовании в предметной области. Для представления знаний о предметно-ориентированных сервисах в составе композитных приложений, формируемых в рамках концепции iPSE, используется модель комплексной онтологии. Являясь аналогом понятия «модель», онтология обеспечивает взаимодействие между программными компонентами и служит средством коммуникации между специалистами, имеющими различный взгляд на одни и те же проблемы. Благодаря формальной спецификации, унификации представления различных моделей и автоматизации проверки корректности, онтологии уже зарекомендовали себя в качестве интеллектуальной основы средств инструментальной поддержки разработки информационных систем. При использовании онтологического подхода в рамках iPSE строится нормативная база (формальная система), концепция которой учитывает принципы системного подхода и средства описания системных отношений (рисунок 3).



Рисунок 3 – Концептуальная модель представления знаний в рамках онтологии iPSE

Расширение семантики онтологической системы достигается на основе использования адаптивного алфавита, знакам которого ставятся в соответствие понятия на основе некоторого правила. В рамках iPSE онтология играет роль не только инструмента для структурирования знаний о предметной области, но и предоставляет основу для реализации логического вывода в рамках гибридного подхода, модифицированного с учетом рассматриваемой проблемы и поставленной цели – автоматизации построения эффективных высокопроизводительных композитных приложений сервисной архитектуры.

Специфичность задач разработки приложений требует проведения работ по адаптации онтологии к условиям использования в составе систем разработки и управления приложениями в распределенной среде «облачных» вычислений. При этом основными направлениями развития являются:

- 1) Реализация работы с «неидеальными» (нечеткими, вероятностными, неоднозначными, субъективными) знаниями. Такая структура знаний учитывается как при взаимодействии с пользователем, так и при построении логического вывода. Алгоритм взаимодействия реализуется таким образом, чтобы по возможности устраниить неоднозначность высказываний при описании проблематики задачи, так и ответных сообщений системы. Все знания в рамках системы, полученные от субъективных экспертов, обладают мерой неопределенности, субъективности и взаимной противоречивостью.
- 2) Четкое логическое и функциональное разграничение знаний на базовые, предметно-независимые и определенные предметной областью. При этом должна сохраняться унифицированность представления знаний, обеспечивающая активное использование всей базы знаний в процессе логического вывода. Указанный подход ориентирован на реализацию универсального механизма адаптации базы знаний к произвольной предметной области и соответствующей ей группе задач.
- 3) Междисциплинарный характер онтологической структуры, ориентированный на совмещение точек зрения отдельных групп экспертов, знания которых положены в основу реализуемой базы. При этом, с одной стороны, должны учитываться знания, позволяющие составлять суждения относительно решаемых задач предметной области, а с другой стороны, осуществляться анализ состояния распределенной среды как системы взаимосвязанных программно-аппаратных вычислительных сервисов.
- 4) Нацеленность онтологической структуры на поддержку определения оптимального процесса решения задачи, стоящей перед пользователем (целеориентированный подход).

Таким образом, допустимыми считаются модификации канонических требований к онтологии, направленные на повышение удобства представления знаний с точки зрения их использования в процессе достижения цели. На рисунке 4 приведена структура предлагаемой онтологии, применимой для описания совокупности экспертных знаний, используемых в процессе создания и исполнения композитного приложения. В составе онтологии можно выделить два основных слоя: описание концептов (классов) и описание индивидов, реализующих концепты. При этом индивиды могут быть связаны отношениями, определенными на уровне концептов. Кроме того, допустимы отношения между отдельными концептами (отношение генерализации). В простейшем случае множество отношений может быть ограничено двуместными отношениями. Тем не менее, этот вариант часто приводит к необоснованному усложнению структуры множества отношений за счет декомпозиции семантически связанных многомерных отношений на совокупность двуместных отношений. Еще одним элементом онтологии являются атрибуты (характеристики) индивидов, детализирующие их описание. Одним из возможных расширений является ассоциация характеристик не только с

индивидуами (как реализациями классов), но и со связями между ними (как реализации классов допустимых связей). Такое расширение применимо при введении операций 2-го порядка.

Заключение

Таким образом, на основе комплексной онтологии разработан подход, методы и модели концепции iPSE, обеспечивающей построение проблемно-ориентированных сред распределенных вычислений, а также интеллектуальных технологий создания и управления композитными приложениями. В рамках данной концепции обосновано использование онтологических представлений знаний для описания композитных приложений, формализации структуры приложений на основе языка EasyFlow, построения оптимального расписания исполнения композитного приложения и визуализации больших объемов данных в распределенной среде. Разработана структурная схема и алгоритм функционирования интеллектуальной модели, осуществляющий преобразование композитного приложения с последующим его исполнением на распределенной инфраструктуре «облачных» вычислений. На основе концепции iPSE реализован ряд проблемно-ориентированных программных систем, в частности, высокопроизводительный программный комплекс для квантово-механических расчетов и моделирования наноразмерных систем HPC-NASIS и высокопроизводительный программный комплекс моделирования динамики корабля в экстремальных условиях эксплуатации ShipX-DS [1].

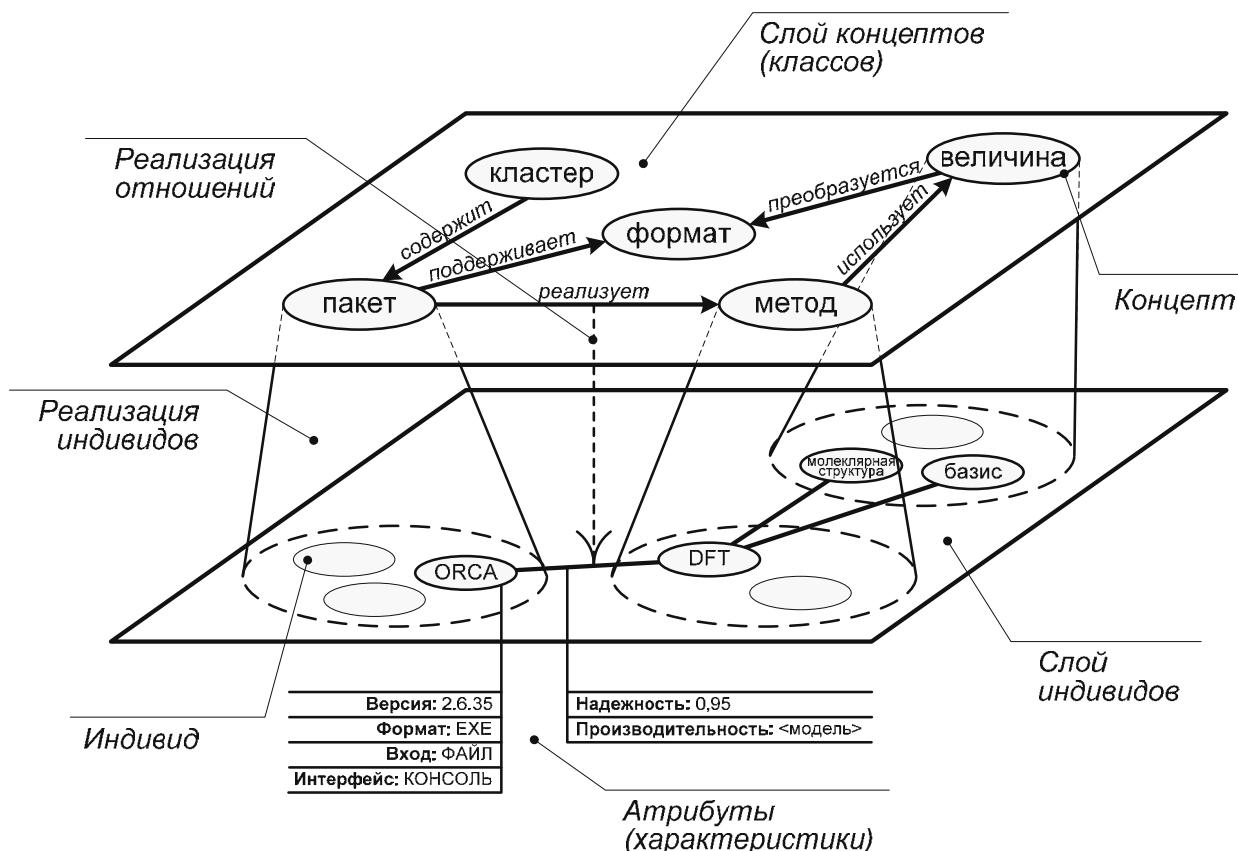


Рисунок 4 – Типовая структура онтологии представления априорных знаний о предметно-ориентированных сервисах, доступных в распределенной среде «облачных» вычислений

Работа выполнена в рамках комплексных НИОКР:

- «Создание распределенной вычислительной среды на базе облачной архитектуры для построения и эксплуатации высокопроизводительных композитных приложений», выполняемого в рамках реализации постановления Правительства РФ №218 (платформа облачных вычислений на базе концепции iPSE);
- «Распределенные экстренные вычисления для поддержки принятия решений в критических ситуациях», выполняемого в рамках реализации постановления Правительства РФ №220 (интеллектуальные технологии ППР с использованием баз знаний).

Список источников

- [1] Бухановский, А.В. Интеллектуальные высокопроизводительные программные комплексы моделирования сложных систем: концепция, архитектура и примеры реализации / А.В. Бухановский, С.В. Ковальчук, С.В. Марьин // Известия вузов. Приборостроение. - 2009. - Т. 52, №10. - С. 5–24.
 - [2] Всероссийская суперкомпьютерная конференция «Научный сервис в сети Интернет: решение больших задач» [Электронный ресурс] <<http://agora.guru.ru/display.php?conf=abrau2008>>.
 - [3] Нечаев, Ю.И. Искусственный интеллект: концепции и приложения / Ю.И. Нечаев. - СПб: ГМТУ, 2002.
 - [4] Rice, J. R. From Scientific Software Libraries to Problem-Solving Environments / J.R. Rice, R. Boisvert // IEEE Computational Science & Engineering. - 1996. - Vol.3. N 3. - P. 44-53.
 - [5] Urgent Computing Workshop 2007. Argonne National Lab, University of Chicago, April 25-26, 2007 [Электронный ресурс]: <<http://spruce.teragrid.org/workshop/urgent07.php>>.
-

Сведения об авторах



Бухановский Александр Валерьевич, доктор технических наук, профессор, директор НИИ научноемких компьютерных технологий Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Boukhanovsky Alexandre Valerievich, D. Sc., professor, director of scientific research institute of the high computer technology of the St.-Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics.



Иванов Сергей Владимирович, к.т.н., старший научный сотрудник НИИ научноемких компьютерных технологий Санкт-Петербургского национального университета информационных технологий, механики и оптики.

Ivanov Sergei Vladimirovich, Ph.D., main scientific employee of scientific research institute of the high computer technology of the St.-Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics.



Ковальчук Сергей Владимирович, к.т.н., старший научный сотрудник НИИ научноемких компьютерных технологий Санкт-Петербургского национального университета информационных технологий, механики и оптики.

Kovalchuk Sergei Vladimirovich, Ph.D., main scientific employee of scientific research institute of the high computer technology of the St.-Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics.



Нечаев Юрий Иванович, заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИ наукоемких компьютерных технологий Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, Международный эксперт в области высокопроизводительных вычислений и интеллектуальных систем.

Nechaev Yury Ivanovich, Academician of RANS, Russian Federation Science Honoured Figure, the main scientific employee of scientific research Institute of the high technology computer technologies of the St.-Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics. International expert in the field of high-performance computing and intelligence systems.

OXFORD · 2012

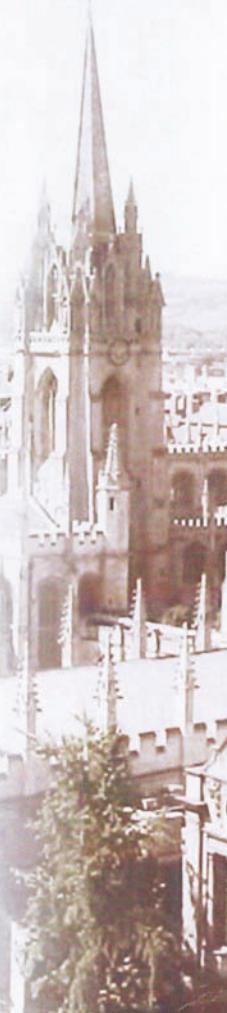
Дорогой Николай Михайлович!

Выражаю Вам глубокое признание за большой вклад в развитие проблемы интерпретации знаний и возможность публикации статей в престижном журнале «Онтология проектирования» по вопросам теории и практики интеллектуальных систем новых поколений. Методы и модели онтологии позволяют формализовать структуры данных и построить алгоритм преобразования информации при взаимодействии объектов в сложных динамических средах.

Я недавно вернулся из Оксфорда (Англия), где меня награждали орденом за вклад развитие международных отношений и в связи с присуждением престижной премии имени Альберта Эйнштейна за разработку современной теории катастроф. От имени моих английских и американских друзей и коллег передаю Вам и членам редакколлегии журнала «Онтология проектирования» пожелание успехов в научной работе.



Искренне Ваш Ю.И.Нечаев,
Выдающийся ученый ХХI века:
Кэмбридж (Великобритания),
Международный эксперт:
Вашингтон (США) – Лондон
(Великобритания),
Заслуженный деятель науки РФ,
академик РАН, д.т.н., профессор,
Лауреат премии имени
Альберта Эйнштейна(США)



УДК 81.322(075.8)

ТЕХНОЛОГИЯ ГЕНЕРАЦИИ ОНТОЛОГИИ БАЗЫ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ТОЛКОВОГО СЛОВАРЯ

И.Н. Габдрахманов, В.Н. Кучуганов, Д.В. Медведев, М.Н. Мокроусов, Н.В. Соболева

*Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова
kuchuganov@istu.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются возможности использования ранее созданных реляционных баз данных для формирования онтологии предметной области с целью её применения при построении интерфейсов, основанных на знаниях. Разрабатываемая онтология предметной области включает концепты, описывающие свойства, предметы, отношения, процессы, ситуации, сюжеты. За основу сценария построения онтологии предлагается взять отображение реляционной базы данных с использованием известных алгоритмов получения RDF-дампа базы данных и автоматизированного метода извлечения знаний об отношениях между понятиями на основе анализа схемы базы данных с использованием онтологического толкового словаря. Приводится описание базового набора инструментов интерфейса менеджера, и даются примеры применения инструментария.

Ключевые слова: онтология, база данных, извлечение знаний, RDF, R2RML, онтологический словарь.

Введение

Базы данных (БД) современных информационных систем (ИС) хранят огромные объемы фактов, доступ к которым реализуется на основе соответствующего программного обеспечения, использующего технологии транзакционного доступа и технологии аналитической обработки информации (On-line analytical processing - OLAP). В рамках транзакционных систем, как правило, реализуются типовые сценарии обработки информации, обеспечивающие сбор и хранение информации по текущей ситуации в предметной области (ПрО) и поддержку принятия управлений решений с учётом сложившейся ситуации. Технологии OLAP используются для решения задач прогнозирования и стратегического планирования, позволяют извлекать знания из данных, но не являются инструментом поддержки принятия решений в повседневной практике менеджеров. Модели ПрО и знания, скрытые в базах данных, в случае их явного представления на уровне интерфейса менеджера позволяют решать, как минимум, следующие задачи: принимать нестандартные решения в нестандартных ситуациях; передавать накопленный опыт; объединять знания из разных источников.

Учитывая современные тенденции в разработке интеллектуальных систем, в качестве модели знаний системы поддержки принятия решений целесообразно использовать онтологию ПрО. В качестве первого шага по созданию онтологии рассматривается автоматизированное извлечение знаний из существующих реляционных баз данных.

Предлагаемое решение основано на методах отображения реляционных баз данных в онтологии, которые применяются в рамках концепции семантического веба, и методах “Knowledge Discovery in Databases” (KDD) [1]. В дополнение к известным алгоритмам KDD предлагается сценарий извлечения знаний о ПрО, основанный на интерактивном взаимодействии с экспертом ПрО и методах реинжиниринга реляционных БД. В специализированный интерфейс разработчика онтологии на основе БД встроен онтологический толковый словарь (OTC) терминов и определений ПрО.

1 Структура онтологии знаний о предметной области базы данных

Рассмотрим задачу извлечения знаний о ПрО из физической модели данных и представления их в онтологии более подробно, для чего определим некоторую целевую метаонтологию, в рамках которой предполагается построить онтологию предметной области на основании существующей реляционной БД.

В структуре метаонтологии [2] рассматриваются следующие категории концептов: свойства; предметы; процессы; отношения; ситуации; сюжеты. Структура описания каждой категории концептов предопределена и представляет собой некоторый набор атрибутов, в том числе системных.

Концепт-свойство описывается именем, типом значения и методом измерения, если он есть. Допустимыми типами атрибутов могут быть как классические типы данных, так и ссылки на концепты или экземпляры разных категорий, что позволяет описывать отношения между понятиями ПрО. Экземпляры концептов данной категории используются в качестве атрибутов концептов других категорий и, по сути, являются пользовательскими типами данных. Концепты-свойства образуют иерархии, которые позволяют судить о мере близости понятий, например, при осуществлении логического вывода на неточных и неполных данных. В терминологии RDF (Resource Description Framework) концепты-свойства соответствуют предикатам.

Концепты-предметы описываются именем, списком собственных атрибутов и могут иметь состав и геометрическую модель. Атрибут предмета наследует описание некоторого экземпляра концепта-свойства и может иметь дополнительные ограничения в виде указания диапазона, значения по умолчанию и уточнённого экземпляра метода вычисления. В RDF концептам-предметам соответствуют субъекты триплетов.

Концепты-процессы имеют имя, собственные атрибуты, среди которых входные и выходные параметры, а также вычислительная модель. В RDF процесс может рассматриваться как субъект. С точки зрения менеджера в категорию «процессы» должны попасть те понятия, атрибуты которых описывают, в общем случае, агента (исполнителя), бенефицианта (заказчика), реципиента (приёмника действия), предмет воздействия, сцену действия, инструменты, коагентов, эффект и т.д. Другими словами, процессы описываются атрибутами, отвечающими на вопросы: «что?»; «как?»; «где?»; «кто?»; «когда?»; «почему?» и т.д. (по аналогии с моделью Захмана [3]).

Концепты-отношения используются для отображения в онтологии бинарных отношений между понятиями предметной области. Структура описания позволяет задать участников отношения и описать атрибуты отношения, в том числе, возможный метод вычисления. В RDF отношениям будут соответствовать предикаты, но с условием, что объект в соответствующем триплете будет иметь значение в виде IRI (Internationalized Resource Identifier).

Ситуация - это совокупность состояний (значений атрибутов) предметов, процессов и отношений в некоторый момент или отрезок времени. Как и в RDF, ситуация описывается графом.

Сюжет - это упорядоченная во времени последовательность ситуаций, имеющих пересекающиеся множества предметов и(или) процессов. Сюжет может быть представлен в виде сценария, сетевого графика, диаграммы Ганта и т.п.

Для построения графовых моделей процессов, ситуаций, сюжетов используется специальный графический язык, основанный на падежной грамматике Ч. Филлмора и идеях других школ и направлений порождающей семантики [4]. Графический язык основан на плекс-грамматике [5], где символы грамматических конструкций имеют N точек примыкания (рисунок 1).

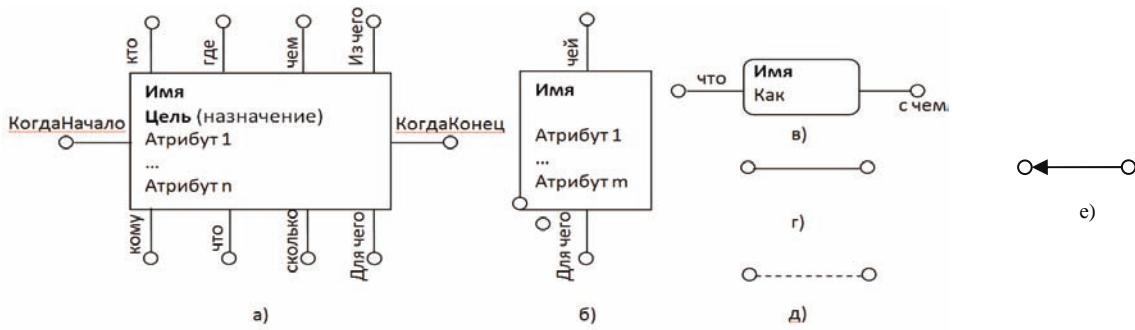


Рисунок 1 – Символы графического языка семантических моделей: а) процесс; б) предмет; в) отношение; г) связь; д) ссылка; е) возврат

Процессы в точках примыкания соединяются с элементами, отвечающими на вопросы:

(кто), {из чего}, {чем}, (где), (как), (что), (сколько), (кому), (для чего), (когда),

где фигурные скобки обозначают, что несколько символов одного сорта может быть связано с одним символом. Например, для процесса может потребоваться несколько наименований материалов («из чего»), инструментов («чем»).

Предмет характеризуется свойствами, различными по физической природе («какой») и имеет несколько предназначений («для чего») – процессов, в которых он может быть использован.

Свойство связывается с одной сущностью, которую оно характеризует.

Отношение связывает формулой две или более сущности.

Такой графический язык удобен не только в режиме визуального семантического моделирования и контроля корректности знаний, но и для компьютерной интерпретации, поскольку правила плекс-грамматики рекурсивно собирают модель сценария из деталей – основных и производных символов (более подробно показано в [6]).

Для всех категорий концептов поддерживается возможность построения отношений «класс-подкласс» и «целое-часть» без представления этих отношений в явном виде в качестве концепта-отношения.

2 Онтологический толковый словарь

Извлечение знаний из БД должно основываться на понимании семантики ПрО. В качестве первичного источника семантических знаний предлагается использовать онтологический толковый словарь [7].

Онтологический толковый словарь (ОТС) – это толковый словарь, в котором каждое слово или устойчивое словосочетание имеет несколько определений (толкований) таких, что каждое ключевое слово определения содержит гиперссылку на определение в этом же словаре и, возможно, на понятия в онтологической модели ПрО. Для хранения словарных статей, как и в онтологии, используется родовидовая таксономия. Каждое определение в ОТС обладает атрибутами, в некоторых случаях – составом, граф-схемой, пиктограммой (изображением), а также вариантами использования.

Для отображения вариантов толкования используется текстовое описание и, возможно, графовая модель на основе плекс-грамматики (см. рисунок 1).

ОТС содержит понятия ПрО, рассматриваемые с точки зрения их смысла (по аналогии с толковыми словарями естественного языка). ОТС служит для устранения семантической неоднозначности как в ходе общения между специалистами, так и при человеко-машинном диалоге, поскольку представляет собой не просто тезаурус ПрО, но и человеко-машинный

словарь, интерпретирующий термины ограниченного естественного языка в конструкции, используемые для обработки информации.

3 Технология построения онтологии на основе базы данных

БД как источник знаний представляет собой множество структурированных данных, накопленных за определённый период времени, и множество метаданных, содержащих информацию об объектах БД (таблицах, индексах, схеме данных и т.д.).

Структура и состав метаданных определяются особенностями СУБД и теми методами проектирования БД, которые были использованы в каждом конкретном случае.

Идеальная реляционная БД – это нормализованная БД, построенная на основании семантической модели данных ПрО (ER-диаграммы). Семантическая модель данных – это хороший источник для построения онтологии, т.к. содержит знания о сущностях ПрО и отношениях между ними. Проблема в том, что большинство существующих проектов БД не документирует эту часть проекта на естественном для менеджера языке, или в документации к ИС семантическая модель данных вообще отсутствует, а сама БД далека от идеала. В таких условиях решение задачи проектирования онтологии по физической модели требует использования методов интеллектуального анализа, основанных на знаниях технологии проектирования реляционных БД, шаблонах концептов онтологии и знании терминов подмножества естественного языка для рассматриваемой ПрО.

Задачу проектирования онтологии по БД необходимо отличать от задачи отображения БД в онтологию. В первом случае речь идёт о выявлении понятий, которые явно не описываются в физической модели данных, таких как, например, процессы, ситуации и сюжеты. Во втором случае таблицы и связи между ними напрямую переносятся в существующую онтологию, что позволяет видеть схему БД на уровне онтологии и работать с БД из онтологии. В то же время в этих задачах есть общая цель: преобразовать реляционную модель данных в объектную модель.

Отображение БД в онтологию можно использовать в качестве одного из инструментов общего сценария извлечения знаний из БД. В настоящее время наиболее известны две платформы, предназначенные для преобразования реляционных данных в RDF-формат или в OWL-онтологии: D2RQ [8]; Virtuoso [9]. В рамках W3C разрабатывается спецификация языка отображения баз данных “R2RML: RDB to RDF Mapping Language” [10].

Преобразование основано на следующих особенностях реляционных БД:

- как правило, каждый объект ПрО представлен отдельной таблицей БД;
- каждое свойство объекта представлено столбцом таблицы;
- каждый экземпляр объекта идентифицируется первичным ключом и представлен строкой таблицы;
- отношения между объектами задаются с помощью внешних ключей.

Такое преобразование позволяет хранить описание структуры данных в формате онтологии, что обеспечивает доступ к данным из модели знаний, но не позволяет классифицировать понятия ПрО с учётом их семантики. Только эксперт может определить, какому понятию онтологии соответствует та или иная таблица БД или некоторый фрагмент схемы данных.

Решение задачи автоматизированного извлечения семантических понятий из физической модели данных (схемы данных) в онтологию предполагает учёт следующих обстоятельств:

- как правило, отсутствие семантики (с точки зрения ПрО) в используемых идентификаторах;
- отсутствие явных классификаций;
- использование суррогатных первичных ключей;

- бизнес-правила «защиты» в программный код;
- другое.

Задача становится ещё более сложной, если для рассматриваемой ПрО не существует готовой онтологии или её шаблона. Подход, основанный на извлечении знаний из БД, позволяет сформировать некоторый прототип онтологии ПрО, назовём его онтологией на основе БД, который в дальнейшем может быть уточнён. Процедура проектирования такой онтологии предполагает непосредственное участие менеджера, который в этом случае будет рассматриваться как эксперт предметной области.

На рисунке 2 представлены основные этапы проектирования онтологии на основе БД.

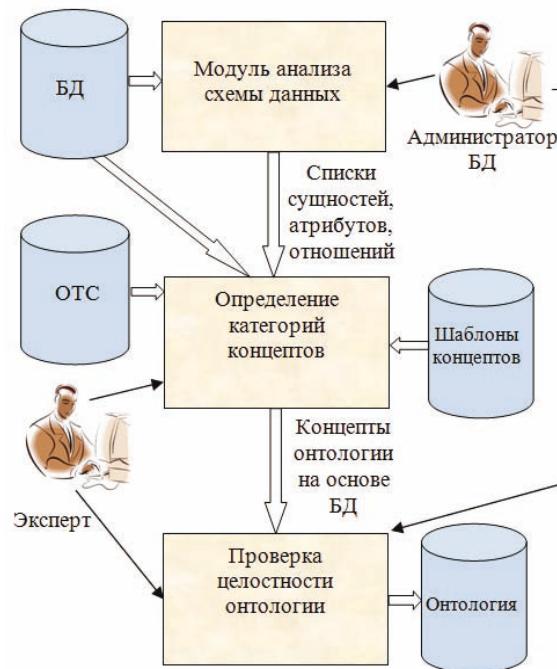


Рисунок 2 – Основные этапы проектирования онтологии на основе базы данных

Формирование списков сущностей, атрибутов и отношений может быть реализовано на основе алгоритмов отображения БД, адаптированных для ситуации отсутствия готовой онтологии ПрО. На этом этапе можно не рассматривать лингвистические аспекты отображения, связанные с именами физических объектов БД.

Рассмотрим более подробно этап определения категорий концептов.

Для решения задачи определения имени понятия, под которым это понятие будет представлено в онтологии, используются автоматизированные методы, основанные на сопоставлении терминов из ОТС и образцов экземпляров понятий, извлекаемых непосредственно из БД по запросу эксперта. При наличии в схеме БД описаний полей таблиц на естественном языке возможен подход [11], основанный на сопоставлении терминов из ОТС и описаний из БД.

Для выявления сущностей, которые соответствуют, например, такой категории концептов как процесс, производится сопоставление шаблонов описания концепта и сущности по следующему сценарию:

- для анализируемой сущности выявляются отношения с другими сущностями (подсхема БД);
- подсхема БД сопоставляется с шаблонами концептов;

- эксперт оценивает соответствие роли атрибута или отношения, приписываемой на основании шаблона, его представлениям о реальных процессах ПрО;
- в процессе анализа возможна работа с экземплярами данных.

Рассмотрим фрагмент схемы БД (рисунок 3), предназначенный для хранения учётных данных по поставкам товарно-материальных ценностей (ТМЦ).

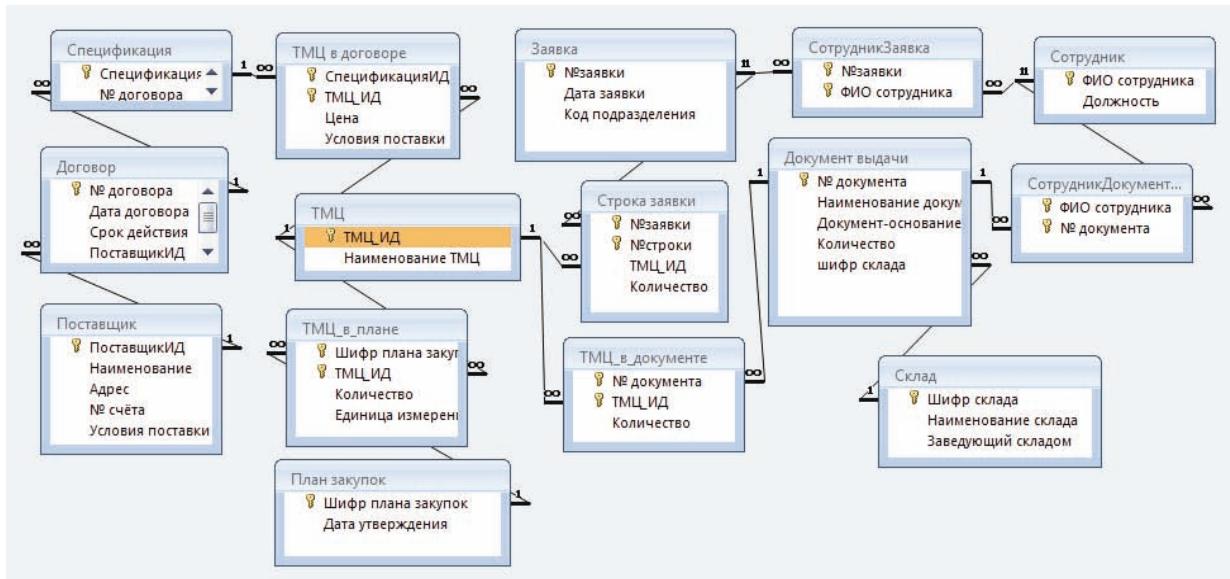


Рисунок 3 – Фрагмент схемы базы данных «Закупка товарно-материальных ценностей»

В результате применения методов обратного проектирования БД, основанных на правилах построения реляционной модели данных, можно восстановить семантическую модель данных в виде сущностей предметной области и бинарных связей между ними. Эксперт может определить смысл связей и дать им соответствующие названия (рисунок 4) с учётом собственных представлений о ПрО и подсказок, извлекаемых из ОТС.

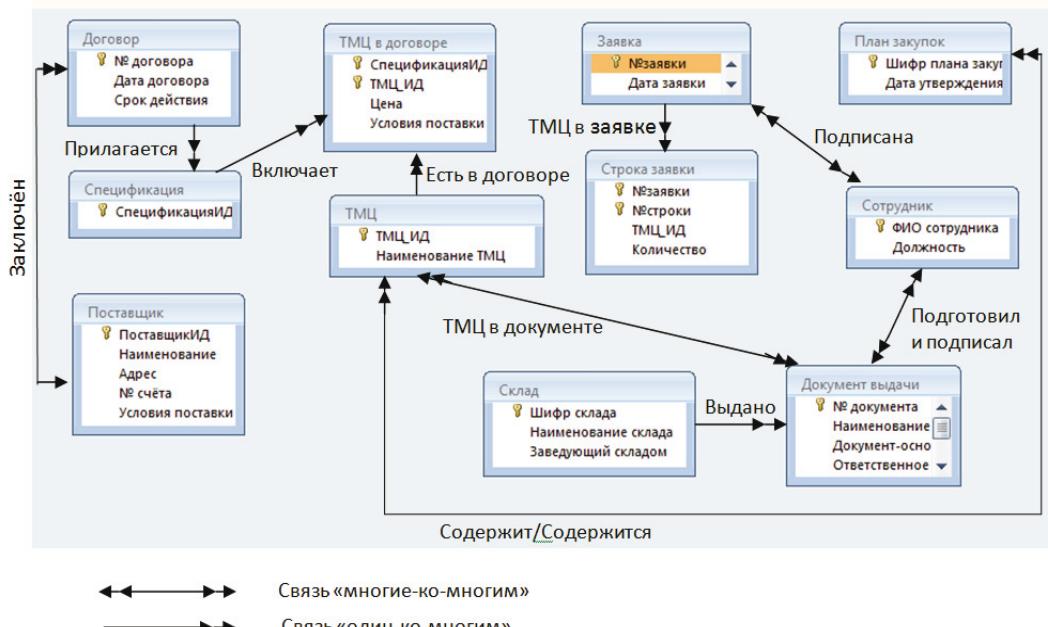


Рисунок 4 – Фрагмент semanticской модели данных «Закупка товарно-материальных ценностей»

Следующий шаг предполагает распознавание основных категорий концептов. Наиболее сложной проблемой является выявление процессов, так как они явно в семантической модели данных не представлены.

Каждая словарная статья в ОТС сопровождается соответствующим плекс-символом и ссылками на другие словарные статьи, описывающие те сущности, которые могут быть присоединены в точках примыкания этих символов. В результате, для терминов, обозначающих составные (сложные) работы, могут быть построены семантические модели сценариев (СеМС). На рисунке 5 показан пример СеМС для понятия «Закупка ТМЦ». В качестве терминальных символов здесь использованы символы графического языка (см. рисунок 1) и символы перекрестков из стандарта IDEF3.

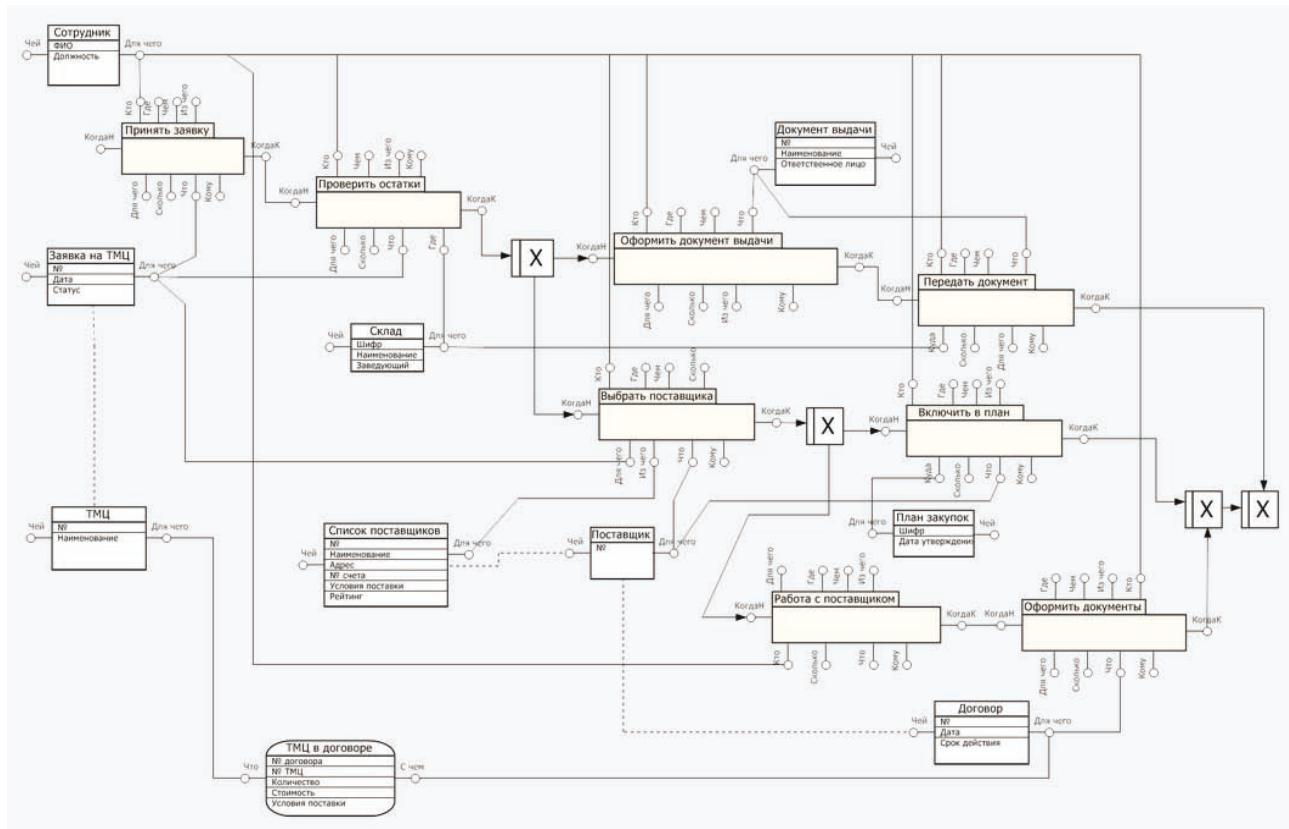


Рисунок 5 – Семантическая модель сценария «Закупка»

ОТС позволяет построить несколько вариантов модели. Предпочтение отдаётся варианту, максимально охватывающему термины, извлекаемые из БД. Окончательное решение о включении соответствующей модели в онтологию принимает эксперт.

Между графическими символами в СеМС и БД устанавливается связь, позволяющая в дальнейшем извлекать экземпляры понятий путём выбора соответствующего понятия непосредственно на схеме.

Помимо правил плекс-грамматики, на которых основаны шаблоны описания процессов, сюжетов и ситуаций, в процессе синтеза онтологии БД используются продукционные правила «ЕСЛИ–ТО», опирающиеся на метаданные БД и принципы проектирования реляционных БД. Например, «*Если сущность среди своих атрибутов не содержит внешних ключей, то она может быть отнесена к категории предметов*». Часть правил предполагает анализ не только метаданных, но и самих данных, хранимых в таблицах. В частности, использование суррогатных первичных ключей в БД не даёт ответ на вопрос об атрибуатах концептов, зна-

чения которых гарантируют уникальность экземпляров концептов. Поиск естественных ключей при отсутствии соответствующих индексов возможен путём анализа текущего состояния БД. Такого рода анализ может потребовать значительных вычислительных ресурсов и гарантирует результат только на текущий момент времени. Аналогичный подход потребуется при автоматическом поиске отношений «класс–подкласс» на сущностях БД. Для решения подобных задач возможен альтернативный сценарий, основанный на непосредственном участии экспертов в принятии соответствующих решений.

Таким образом, автоматизированная система разработчика онтологической модели на основе БД должна включать:

- графический редактор семантических шаблонов;
- модуль логического вывода, осуществляющий автоматическое извлечение сущностей ПрО и связей между ними;
- модуль автоматизированного определения категорий концептов на основе шаблонов концептов и ОТС;
- модуль визуального отображения онтологии.

На рисунке 6 показан браузер системы управления знаниями KG - Knowledge Guide, (Ижевск, ИжГТУ), где можно проверить и, при необходимости, отредактировать полученную онтологию.

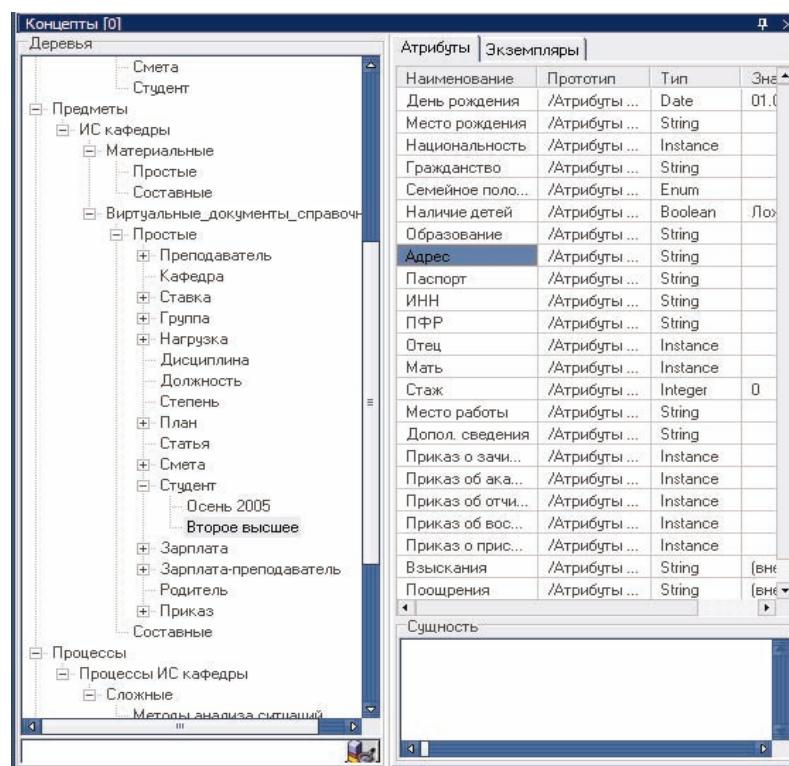


Рисунок 6 – Браузер системы управления знаниями KG

4 Примеры использования онтологии

Используемые для проектирования онтологии инструменты могут быть полезны и на этапе эксплуатации онтологии. Поэтому в состав системы, предоставляющей менеджеру интерфейс, основанный на знаниях, предлагается включить:

- онтологический толковый словарь - ОТС;

- онтологию ПрО;
- библиотеку запросов о состояниях ПрО;
- графический редактор нерегламентированных запросов к источникам данных;
- поисковую машину с использованием технологий гипертекста и гиперграфики;
- модуль логического вывода;
- модуль оценки эффективности решений.

Поисковая машина обеспечивает работу непосредственно с документами. Поисковый запрос позволяет находить фрагменты документа, обращаться к связанным с этим фрагментом статьям ОТС и понятиям онтологии.

Пример интерфейса, основанного на онтологии, представлен на рисунке 7. Здесь менеджеру предоставляется возможность выборки информации из БД с помощью дерева онтологии или путём выделения, например, некоторого помещения непосредственно на планах производственных площадей. Сценарий извлечения данных позволяет использовать различные фильтры.

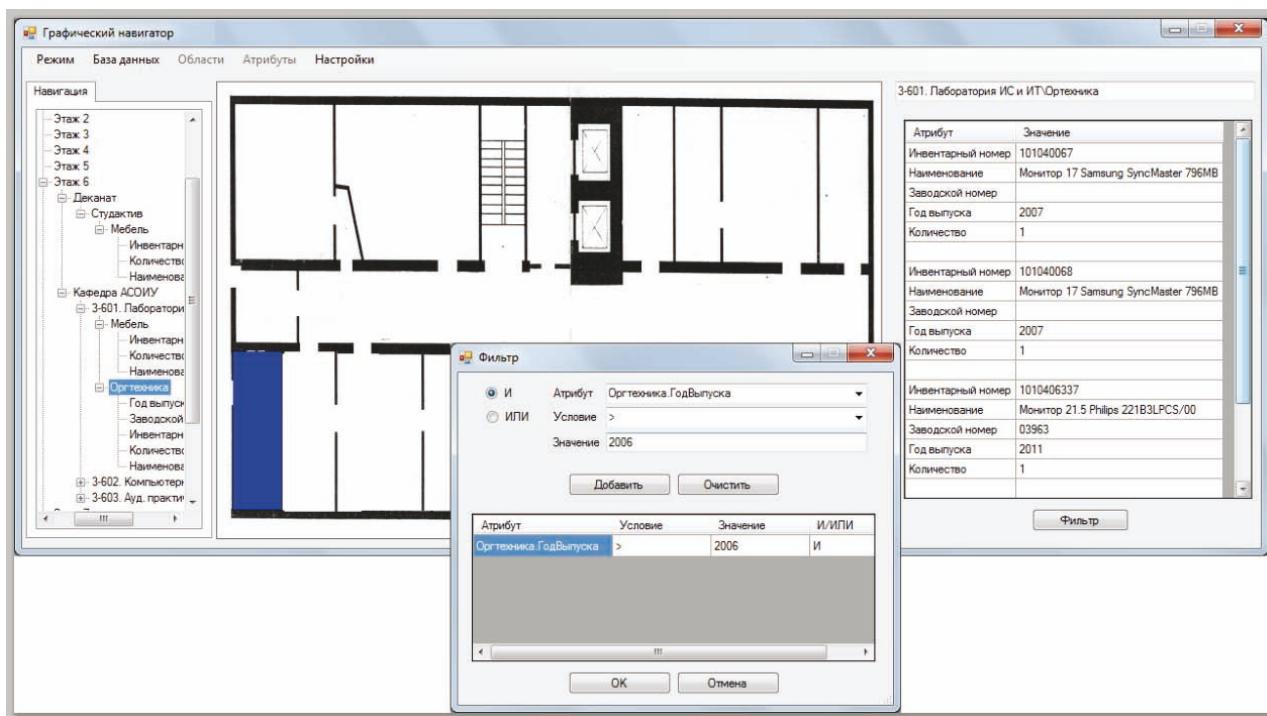


Рисунок 7 – Интерфейс менеджера отдела материально-технического обеспечения

Модуль логического вывода – это часть редактора онтологии, для которой возможны разные варианты реализации в зависимости от того, какие знания и данные будут использованы в качестве средства описания исходной и целевой ситуации. Способ реализации вывода может быть определён из контекста или выбран явно пользователем. В модуле логического вывода предусмотрены следующие варианты решателей задач:

- прямой вызов внешней процедуры для решения поставленной задачи, например, обращение к инструменту OLAP внешнего производителя (сценарий: конвертирование данных и вызов процедуры);
- логический вывод на основе чётких правил продукционного типа;
- нечёткий вывод на правилах;
- «коркестровка» как вариант реализации архитектуры (программные сервисы взаимодействуют друг с другом по заранее определённому сценарию в виде графа решения задачи);

- тренажёр для проведения имитационного моделирования в процессе поиска и анализа решений.

Заключение

Сценарий формирования онтологии, основанный только на системных таблицах БД и самой БД, не позволяет ответить на все вопросы, которые стоят перед разработчиками онтологий в силу того, что любая база данных создаётся с учётом гипотезы закрытости мира [12], согласно которой любая не включённая в базу данных информация считается неверной. В онтологиях же делается предположение о том, что некоторая информация может просто отсутствовать и выводы, которые следуют из сиюминутного снимка базы данных, могут быть просто ошибочными. Таким образом, окончательное решение о структуре онтологии должно приниматься человеком.

Рассмотренный подход основан на использовании инструментов онтологического толкового словаря, которые помогают менеджеру (эксперту) принять решения по структуре онтологии. ОТС играет при этом роль человека-машинного словаря. С одной стороны, семантическая модель сценария служит менеджеру в качестве когнитивной карты (Mind Map) и инструментария для генерации запросов к базе данных, с другой, благодаря плекс-грамматике графического языка, – система осуществляет контроль корректности получаемой онтологии и ее связей с базой данных.

Список источников

- [1] Fayyad, U. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases / U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth // AI Magazine. – 1996. - 17(3). – Р. 37-54.
- [2] Кучуганов, В.Н. Вербализация реальности и виртуальности. Ассоциативная семантика / В.Н. Кучуганов // – Искусственный интеллект и принятие решений. - 2011. - №1. – С. 95-106.
- [3] John A. Zachman, J. The Zachman Framework™: The Official Concise Definition / J.A. Zachman // <http://test.zachmaninternational.com/index.php/home-article/13#maincol>. (Дата публикации: 2008; дата обращения: 12.01.2012).
- [4] Chomsky, N. Three Factors in Language Design / N. Chomsky // Linguistic Inquiry - Winter 2005. – Vol. 36, N 1. - Р. 1-22.
- [5] Feder, J. Languages of Encoded Line Patterns / J. Feder // Presented at Information and Control. – 1968. - Р. 230-244.
- [6] Кучуганов, В.Н. Элементы теории ассоциативной семантики / В.Н. Кучуганов // Управление большими системами. Выпуск 40. – М.: ИПУ РАН, 2012. - С. 30-48.
- [7] Кучуганов, В.Н. Автоматизированная система обучения английскому языку на основе онтологического толкового словаря / В.Н. Кучуганов, М.Н. Мокроусов // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'07) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2007). Т. 3. – М.: Физматлит, 2007. – С. 343-350.
- [8] The D2RQ Platform v0.7 - Treating Non-RDF Relational Databases as Virtual RDF Graphs. User Manual and Language Specification // <http://www4.wiwiiss.fu-berlin.de/bizer/d2rq/spec/> (Дата публикации: 10.08.2010; дата обращения 8.01.2012).
- [9] Mapping Relational Data to RDFwith Virtuoso's RDF Views // <http://virtuoso.openlinksw.com/whitepapers/relational%20rdf%20views%20mapping.html> (Дата публикации: 22.09.2010; дата обращения 8.01.2012).
- [10] R2RML: RDB to RDF Mapping Language. W3C Working Draft 20 September 2011 // <http://www.w3.org/TR/2011/WD-r2rml-20110920/> (Дата публикации: 20.09.2011; дата обращения: 8.01.2012).
- [11] Биряльцев, Е.В. Онтологии реляционных баз данных. Лингвистический аспект / Е.В. Биряльцев, А.М. Гусенков. // <http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2007/materials/html/08.htm> (Дата публикации: 2007; дата обращения: 15.12.2011).
- [12] Левшин, Д. Базы данных в Семантической паутине // Д. Левшин // Открытые системы. - 2009. - №7. - <http://www.osp.ru/os/2009/07/10464695/> (Дата публикации: 2009; дата обращения: 14.12.2011).

Сведения об авторах

Габдрахманов Ильшат Накипович, к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления» Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова. Область научных интересов: искусственный интеллект, интеллектуальное планирование.

Ilsat Nakipovich Gabdrakhmanov, PhD, Associate Professor of the Department of Automated Systems of Information Processing and Control at M.T. Kalashnikov Izhevsk State Technical University. Artificial Intelligence and intelligent planning are area of his interests.



Кучуганов Валерий Никонорович, доктор технических наук, профессор. Заведующий кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления» Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова. Область интересов: информационные технологии проектирования, исследования и управления.

Valery Nikonorovich Kuchuganov, DSc, Professor. Hi is the head of the Department of Automated Systems of Information Processing and Control at M.T. Kalashnikov Izhevsk State Technical University. Research interests: information technologies of design, research and management.



Медведев Дмитрий Валерьевич, 1987 года рождения. Окончил Вятско-Полянский механический техникум в 2007 г. по специальности «Автоматизированные системы управления», в 2012 г. Ижевский государственный технический университет по специальности «Автоматизированные системы управления и обработки информации». В настоящее время учится в магистратуре по программе «Информационно-управляющие системы» направления «Информатика и вычислительная техника».

Dmitry Valerievich Medvedev (b. 1987) graduated from the Vyatskiye Polani Technical School in 2007. Major is «Automated Management Systems». Graduated from the Izhevsk State Technical University in 2012. Major is «Automated Information Processing and Management». Now he is getting Master's degree in «Information and Management Systems».



Мокроусов Максим Николаевич, 1983 г. рождения. Окончил Ижевский государственный технический университет в 2006 г., к.т.н. (2010). Доцент кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Области научных интересов: автоматизированная обработка естественного языка, семантический анализ текста, онтологии.

Maksim Nikolaevich Mokrousov, born in 1983. He graduated from the Izhevsk State Technical University in 2006, PhD (2010). He is associate professor at the Department of Automated Systems of Information Processing and Control. Research interests: natural language processing, semantic analysis of the text, ontology.

Соболева Наталья Владимировна, 1955 г. рождения. Окончила Ижевский механический институт в 1976 г. Работает старшим преподавателем кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления». Области научных интересов: базы данных, онтологии.

Natalia Vladimirovna Soboleva, born in 1955. She graduated from the Izhevsk Mechanical Institute in 1976, a senior lecturer at the Department of Automated Systems of Information Processing and Control. Research interests: a database and ontology.

УДК 658.5.011

МОДЕРНИЗАЦИЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ КАК ПРИКЛАДНАЯ ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

С.И. Кретов

Научно-исследовательский центр Российской академии предпринимательства, г. Москва
kretsi@org.ru

Аннотация

Статья представляет идеи, развиваемые в книге «Инновации как форма эволюции сознания. В свете теории сложности», вышедшей в конце 2012 г. в издательстве LAP LAMBERT Academic Publishing (Германия). Анализируемые категории «паттерн организации», «структура системы» и «процесс функционирования системы» являются различительными, но неотделимыми характеристиками любой сложной системы. Раздельное исследование каждого из этих сложных аспектов системы делает невозможным понять сущность социально-экономических явлений, идентифицировать ее теоретическую структуру и осуществлять процесс ее проектирования и усовершенствования. Паттерн организации инновационной системы – объективная категория, отражаемая практикой финансового управления прикладными исследованиями и разработками в России. Его следует рассматривать наравне с другими существенными объективными законами экономики и природы в целом. В самой общей форме паттерн организации инновационной системы одинаков для всех типов экономик. Структура инновационной системы и фактический процесс ее функционирования могут быть описаны понятиями, которые присущи иным объективным социально-экономическим законам. Эти законы формируют инновационную систему как объект, способный к аутопоэзису.

Ключевые слова: модернизация, инновации, паттерн организации системы, структура системы, процесс функционирования системы, аутопоэзис, точка бифуркации.

Введение

Любая сложная система обычными людьми рассматривается, во-первых, как совокупность ее чувственно воспринимаемых статических состояний и, во-вторых, как визуально оцениваемое движение ее составных частей из одного статического состояния в другое. Например, рассмотрение взаимодействия Солнца и Земли на этом уровне восприятия свидетельствует, что Солнце вращается вокруг Земли с определенным периодом обращения. Так сейчас думает значительная часть населения нашей планеты¹.

Теоретическое исследование явлений и процессов позволяет преодолеть чувственные, эмпирические заблуждения и сформулировать представление об объекте профессионального изучения, которое, по мере развития научного инструментария в самом широком смысле,

¹ Например, по данным, опубликованным 9 февраля 2011 г. на сайте <http://www.newizv.ru>, «треть россиян (32%) считают, что Солнце – это спутник Земли. Таковы результаты опроса ВЦИОМ, проведенного ко Дню российской науки (8 февраля). Социологи отмечают, что по сравнению с 2007 г. количество россиян, считающих, что Солнце вращается вокруг нашей планеты, лишь возросло – в прошлый раз такой ответ дали 28% респондентов». Однако это не предел. На сайте http://www.metacafe.com/watch/332156/qui_veut_gagner_des_millions/ в конце января начале февраля 2011 г. некоторое время висел видеоролик, в котором французу, участнику игры «Кто хочет стать миллионером» был задан вопрос: «Что вращается вокруг Земли?» На выбор ему было предоставлено 4 варианта ответов: 1) Солнце, 2) Луна, 3) Сатурн, 4) Юпитер. Потенциальный миллионер и эрудит, не зная ответа, попросил помочь зала. Зал проголосовал, и 53% присутствующих утверждали, что Солнце вращается вокруг Земли. Это мнение самой «эрудированной» части французского общества, стремящейся заработать с помощью своих знаний!

движется от теоретической модели (исторической интерпретации) к самому факту, явлению, процессу, в чистом виде, как они есть сами по себе. Так учеными было доказано прямо противоположное утверждение о Солнце и Земле.

Для доказательства адекватности теоретической модели (исторической интерпретации) и самого исследуемого явления необходимо вскрыть сущность как явления, так и самой методологии научного моделирования (формирования исторической интерпретации). Иными словами, человечество из комнаты эмпирических, бытовых интерпретаций постепенно перебирается в комнату, так называемых, научных исторических интерпретаций, стараясь приблизиться к комнате фактов. Рассмотренные примеры исследования человеком сложных систем иллюстрируют историческое развитие процессов познания. Изучением процессов познания, мышления и принятия сложных решений отдельными индивидуумами или их структурированной совокупностью для достижения поставленных целей занимается наука эпистемология [1, 2]. Эта классическая наука выступает в роли методологической основы любого научного исследования и является важнейшим инструментом при исследовании сложных систем, когда сам наблюдатель является участником той или иной научной исторической интерпретации.

1 Тезаурус для описания инновационной системы

Для каждого из этажей научного познания - эмпирического наблюдения, теоретического моделирования и сущностного, философского препарирования родовой формы любого явления, представляющего собой сложную систему, - выработан научный тезаурус. Следующие категории можно отнести к наиболее значимым, исходным в теории сложных систем.

Паттерн организации сложной системы, который в наиболее общем виде можно определить как минимальную конфигурацию внутренних взаимоотношений - компонент, синергетически определяющих существенные, сущностные характеристики сложной системы, способной к аутопоэзу. Это базовый уровень исследования фундаментальных свойств любого изучаемого явления, его «родовая форма» в терминологии, применявшейся Аристотелем.

Структура системы - это допустимая, физическая материализация паттерна организации системы.

Исследование структуры любой сложной системы опирается на теоретический уровень обобщения бесконечного многообразия эмпирических наблюдений. Оно включает в себя процедуру множественного сравнения по двум базовым критериям. С одной стороны, исследователь должен все время проверять, является ли та или иная изучаемая структура системы физической материализацией именно данного паттерна организации системы. С другой стороны, необходимо каждое эмпирическое наблюдение проверять на его соответствие именно данной структуре системы.

Процесс функционирования системы – это практическая, конкретная деятельность, направленная на применение допустимой структуры системы в реальных условиях жизнедеятельности (в самом широком смысле) и воспроизведение паттерна организации системы. Например, генезис биологической жизни на Земле непрерывно воспроизводит паттерн организации биологической жизни и при этом переходит от одной допустимой структуры к другой в течение более чем 2 млрд. лет.

Главными факторами сложной, динамически развивающейся системы являются *необратимость* и *неопределенность*. Переход от простой системы к сложной проще всего проиллюстрировать следующим фактом. Человек является относительно простой системой, у которой всегда есть даты рождения и смерти. Каждый человек состоит из множества взаимосвязанных и довольно сложных подсистем, но он не способен к самосозиданию на проме-

жутке времени более 100 лет или, используя заявленный тезаурус, к аутопоэзу. Синергетическим свойством человеческого сообщества является его «бессмертие», то есть способность к аутопоэзу.

Аутопоэз, или *самосозидание*, в современной научной литературе применяется для многогранного, системного понимания объективно самовоспроизводящегося развития сложных систем на бесконечном, по сравнению с продолжительностью жизни человека, промежутке времени.

Аутопоэтическая система представляет собою взаимосвязанную и взаимообусловленную сеть взаимодействий на некотором множестве компонентов. В такой сети каждый компонент непосредственно зависит от каждого компонента. В качестве компонентов социально-экономической сложной системы-сети выступают процессы, реализуемые в условиях не обратимости и неопределенности и «закольцованные» цепочками обратных связей.

Физические процессы взаимодействия компонент структуры могут быть как регистрируемыми существующими методами измерений, так и неизвестными нам в силу исторического уровня развития науки и ее инструментария.

Естественное и объективное самовоспроизведение сложной системы в целом и ее отдельных компонент осуществляется без субъективного «принуждения» извне. Результатом этих процессов является постоянное воссоздание паттерна организации системы и возможное изменение структуры или отдельных компонент под воздействием информации от цепочек обратных связей в допустимых форматах.

Граница сложной системы, как некая аналогия мембранны с регулируемыми свойствами, позволяющими управлять проникновением внутрь ресурсов и выбросом наружу отходов, также является неотъемлемой компонентой сложной аутопоэтической системы. Граница сложной системы находится в сетевом взаимодействии со всеми остальными компонентами.

Преимущественно в естественнонаучных исследованиях «...возник новый язык для понимания и описания высоко-интегрированных сложных систем. Ученые называют его по разному - теория динамических систем, теория сложных систем, нелинейная динамика, сетевая динамика и т.д. Хаотические атTRACTоры, фракталы, диссипативные структуры, самоорганизация, сети аутопоэза - вот лишь некоторые ключевые понятия этого языка» [3, с. 19]. Чтобы выйти на качественно, принципиально новый уровень научной исторической интерпретации развития материальной жизни людей в исследовании социально-экономических и политических явлений необходимо применять эту принципиально новую методологию исследования сложных систем. *Стройную современную интерпретацию сложной системы производительных сил, производственных отношений и надстройки предстоит только создать, используя зародившийся научный язык.*

Следует также подчеркнуть, что свойства неопределенности и не обратимости придают сложным системам качество неуловимости для статистического исследования. Это также как художник, который никогда не может отразить на холсте природу в ее многообразии, а лишь может запечатлеть свою интерпретацию неуловимого мгновения в непрерывном изменении природы. Классические методологические подходы к исследованию сложных систем все еще применяются, но, как показывает практика, они оказываются малопродуктивными. Для изучения сложных систем наиболее эффективным является *метод множественного сравнения*, который позволяет совместить многомерность существования и динамики сложных систем с трехмерным бытием материального мира. В обществоведении еще предстоит много сделать, чтобы методологический инструментарий новой политэкономии соответствовал не обратимой изменчивости и апостериорной познаваемости сложных социально-экономических систем.

2 Классические истоки исследования человеческого социума

Первое научное вычленение паттерна организации биологической жизни на Земле, как самодостаточной и самовоспроизводящейся сложной системы, приведено в «Диалектике природы» у Ф. Энгельса [4, с. 213-215]. В тексте своего произведения он не использует этот современный термин, но детально исследует три необходимые и достаточные компоненты паттерна организации биологической жизни на Земле.

Во-первых, это материя, вещество и способы различных естественных преобразований энергии по пути к тепловому равновесию - хаосу. Эта компонента исследуется всеми естественными науками, включая физику, химию и др.

Во-вторых, это клетка, как сложная микрокомпонента, способная самоорганизовываться и саморазвиваться в противодействие второму началу термодинамики. Клетка, удаляясь от состояния теплового равновесия, повышает степень своей упорядоченности, то есть уменьшает энтропию. Это является предметом исследования естественных наук о живых системах.

В-третьих, это макропроцесс эволюции видов, который представляет собой ключ к целостному пониманию паттерна организации и развития биологической жизни на Земле в ее ныне существующем виде. Естественнонаучные исследования данных процессов ограничиваются всеми живыми существами за исключением *Homo Sapiens*.

Паттерн биологической жизни состоит из 3-х компонент: материи, клетки и эволюции.

История развития человека, который одновременно является биологическим видом и социальным феноменом, не вписывается в данный паттерн. Глобализация в самом широком смысле ведет социальное устройство человеческого социума, в конечном счете, к созданию суперкорporаций в масштабе крупнейших государств или объединений государств с единым централизованным управлением, основанном на планировании макро- и микроэкономических пропорций, как это сейчас происходит в каждой транснациональной корпорации. Движение человечества по ступеням общественно-экономических формаций показало, что частный характер присвоения в определенных исторических условиях вступает в противоречие с объективным общественным характером производства и происходит смена рабовладения феодализмом, а последнего - рыночной экономикой. Современный кризис обострил данное противоречие уже в общемировом, глобальном масштабе. Развитие рынка привело человечество к прямо противоположному результату – фундаментальному кризису всей системы производственных отношений, что является наглядной иллюстрацией того, что *социально-экономические законы осуществляются путем не осуществления*.

Известные исторические факты позволяют сделать теоретическое обобщение. В условиях биологической жизни никаких «бумажных законов» не существует. Именно существование искусственно созданных «бумажных законов» в наиболее общем виде выделяет человеческое сообщество из всего остального биологического многообразия.

Многомерного противоречия между объективными законами развития жизни на Земле (далее – законами Природы) в течение 2 млрд. лет и «бумажными законами», генерируемыми социумом, пока никто из современных исследователей не заметил. «Бумажные законы» создают видимость «власти» человека в условиях специфической формы сакрального признания их приоритета над законами Природы. На практическом уровне все понимают различие между формой и сущностью биологической природы, с одной стороны, и социально-экономической и политической жизни – с другой. Совокупность биологического и социального устройства является краеугольным камнем и формой существования индивидуумов на Земле, поэтому в паттерн организации жизни человеческого общества необходимо включить четвертую компоненту.

Четвертая компонента паттерна организации человеческого бытия, характерная для социально-экономического и политического устройства жизни индивидуумов, опирается на

естественный процесс сознательного формирования комплекса искусственно созданных и возведенных в исторический абсолют законов социально-экономического и политического развития («бумажных законов»), которые позволяют фетишизировать процессы нарушения законов Природы в интересах правящей элиты в рамках исторически коротких пространственных и временных периодов.

Нарушение объективных законов Природы на основе принимаемых индивидуумами субъективных «бумажных законов» может осуществляться на ограниченной территории, например в пределах того или иного государства, и на конечном промежутке времени. Кроме «вечных законов», перечисленных, например, в Священном Писании, все остальные «бумажные законы» с легкостью меняются каждым новым элитным классом, пришедшим к власти, в своих интересах. Исторический опыт свидетельствует, что законы Природы время от времени восстанавливают свое объективное верховенство. Периодически проходя через точки бифуркации, система «бумажных законов» (исторических интерпретаций субъективного понимания законов Природы) развивается в сторону их гармонизации с законами Природы.

Так были сметены «бумажные законы», обожествлявшие физическое доминирование одних индивидуумов над другими: рабство и феодальная зависимость. Сейчас начался процесс уничтожения «законов товарного фетишизма», и запущен механизм общественного характера присвоения создаваемого продукта, то есть восстановления доминирующего положения законов Природы. *Именно в этом сущность современного кризиса цивилизации, сформулированного в категориях теории сложных систем.* Поэтому усилия апологетов современной исторической формы социально-экономического и политического устройства, опирающегося на совокупность фетишизованных «бумажных законов» частного присвоения, не имеют решения в парадигме рыночного хозяйства в широком понимании этой категории.

На коротком промежутке времени жизни того или иного сообщества индивидуумов, элитные группы конструируют свои «бумажные законы» для закрепления своего доминирующего положения и реализации своих интересов частного присвоения общественного продукта, ущемляя интересы других членов общества. Это делается для того, чтобы была видимость «законного» нарушения ими объективных законов Природы. Закрепление доминирующего положения любых групп в сообществе индивидуумов не в понимании биологического вида Homo Sapience, а в виде бумажно-правового принуждения в форме рабства, крепостничества или товарного фетишизма, есть лишь исторические формы циклического движения человеческого социума через точки бифуркации к объективному торжеству объективных законов Природы.

Иными словами, четвертая компонента социально-экономической и политической жизни на Земле представляет собой сознательное, но научно и теоретически неосознанное, создание «удобных» для самих создателей «бумажных законов», которые удаляют такую искусственную конструкцию от сущности объективных законов Природы и, в конце концов, приводят все сообщество индивидуумов к очистительной точке бифуркации. Как сейчас принято говорить, приводит к системному кризису.

История показывает, что жизнь до и после системного кризиса имеет мало общего, как, например, темное, многовековое средневековье и предшествовавшая ему блестящая и высоко развитая греко-римская цивилизация. Один из выводов состоит в том, что период расцвета цивилизаций чередуется с упадком [5]. Наше современное общество А. Фурсов сравнивает с греко-римской цивилизацией на последней стадии его существования и задается вопросом, является ли «возврат к современной редакции средневековья» неизбежным?

Есть у этого явления и более очевидная визуализация. Сообщество индивидуумов за время существования социально-экономической и политической жизни на Земле разработало и приняло более 30 миллионов «бумажных законов», чтобы исполнять 10 заповедей Свя-

щенного Писания. Например, в данном аспекте естественный закон Природы «Не укради» позволил Прудону [6], вслед за Гейстербахом² сформулировать знаменитый афоризм «Собственность есть кража». Прочий живой мир развивается миллионы лет без юридически оформленных прав собственности и, может быть поэтому, не устраивает постоянно войн за передел этой воровской собственности.

Итог понятен любому. Вся законотворческая деятельность специально обученных этому людей-правоведов только удаляет человечество от объективных законов Природы и создает видимость успешного покорения Природы (целого) ее частью (человеком). Аксиома невозможности покорения целого его частью очевидна математикам, философам и мыслителям. Но юристам и законодателям, которые пишут законы здесь и сейчас, для сиюминутных нужд правящей элиты, кажется, что, например, закон об акционерном праве столь же естественен, как и закон всемирного тяготения. Факт бескризисного существования всех прочих биологических видов на Земле без акционерного закона, как и всех прочих без исключения «бумажных законов», а также исторический опыт и его молодой росток, в виде «первого блина» под названием СССР, свидетельствует, что «бумажные законы», фетишизирующие доминирование прав акционеров перед правами создателей реальных потребительных стоимостей, являются антиприродными и будут сметены в очередной точке бифуркации.

На современном языке это звучит очень понятно. Деньги и все прочие денежные сурrogаты каждого государства – это лишь акции этого государства. Владельцы этих денег – суть акционеры государства. Но, если все развитые государства, кроме России и Китая являются нетто должниками, а сумма процентов по долгам превышает реально создаваемый этими государствами национальный доход, то они являются банкротами. Никто не устраивал заговора и умышленно не создавал неоплатных долгов всем, так называемым, рыночным странам. Это произошло объективно в силу реализации совокупности «бумажных законов» рыночной экономики. Согласно этим законам товарного фетишизма владельцы бумажных фантиков, именуемых долларами, евро и т.п. считались и пока считаются «повелителями» предприятий, стран и всего населения Земли. Но, как выяснилось в ходе кризиса, за евродолларовыми фантиками ничего не стоит, поэтому набирает силу неотвратимый объективный процесс восстановления исконных прав создателей материальных ценностей современной цивилизации, то есть восстановления приоритета общественного потребления над исторически исчерпавшей себя формой частного присвоения результатов общественного производства.

Научной аксиомой является то, что биологическая жизнь на Земле построена на принципах симбиоза, коллективизма и сотрудничества. Это блестяще показал в своей книге «Паутина жизни» Ф. Капра. Катализатором, ускорившим процессы «покорения» целого – Природы, его частью – социально-экономически и политически организованной общностью конкурирующих и разобщенных индивидуумов, явились в первую очередь научно-технические достижения, создавшие иллюзию о человеке, как о царе природы. Это лишь канва «паутины жизни», но она привела человечество к очередной точке бифуркации, которая может разрешиться лишь в форме приведения «бумажных законов» общества в соответствие с законами существования и развития Природы. Причем это есть, не что иное, как восстановление доминанты законов Природы над «бумажными законами», создающими видимость возможности и допустимости их локально нарушать без исторических последствий.

3 Место модернизации в современной глобализации

Переходя от исследования глобальной системы к анализу ее составной части – сложной инновационной системы, надо еще раз повторить, что именно техническая и технологиче-

² Формула Гейстербаха была намного жестче: «Всякий богатый есть вор или наследник вора».

ская модернизация, которая в разные исторические периоды именовалась по разному, явилась тем решающим звеном, которое создало у человечества иллюзию возможности покорения Природы. С учетом всего выше сказанного можно согласиться со следующим тезисом. Если паттерн организации инновационной системы на каждом историческом этапе развития цивилизации един, то структура инновационной системы принципиально отличается на Западе и на Востоке. При этом результаты и достижения, полученные в рамках разных структурных материализаций единого паттерна, позволяют им успешно конкурировать.

Мы исходим из научной гипотезы, что компонентами паттерна организации инновационной системы, по меньшей мере, являются:

- *регуляторы инновационной системы*, в том числе система выравнивания экономических условий – *межотраслевой фактор*, и система отбора инновационных проектов для целей модернизации – *внутриотраслевой фактор*;
- *консенсус экономических интересов субъектов модернизации: ученых, предпринимателей и государства*;
- *расширенное воспроизведение финансовых источников модернизации*.

Структура так называемой инновационной системы России, имеющая родовые формы азиатского способа производства и силой «бумажных законов» вовлекаемая в рыночно ориентированную экономику, отличается крайним своеобразием. Она поступательно деградирует и разрушается, так как, по существу, целостной системой, после уничтожения СССР, уже не является.

Эту ситуацию можно проиллюстрировать образно. Инновационная система, способная к аутопоэзу, аналогична живому человеку. Российский же хозяйствственный комплекс «наука-производство» условно можно представить как труп, поддерживаемый системами искусственного дыхания и кровообращения в виде «бумажных законов». Он не способен не только к аутопоэзу, но и к долгому пребыванию в таком виде. Руководители всех рангов под сакральные заклинания о сколковах и заботе об отечественной науке и образовании в ручном режиме налагают на аппараты искусственного дыхания и кровообращения, но... Нам не только не удастся на этом пути восстановить аутопоэзну составляющую, можно сказать «детородную функцию» инновационной системы, но даже реанимировать «труп» хозяйственного комплекса «наука-производство». Единственно верный и при этом безальтернативный путь - это познать сущность, родовую форму инновационной системы, вычленить ее паттерн, потом сформировать допустимую структуру (теоретическую модель), которая не будет противоречить паттерну и будет максимально соответствовать реальным процессам функционирования нашей экономики. Только после этого на уровне экономики в целом, приоритетных отраслей, критических технологий, Правительства, Думы и т.п. можно начинать переформирование органов управления и перестановку людей.

На уровне «практической экономической политики», которая в теории сложных систем относится к «процессу функционирования системы», уровень и скорость деградации отечественной инновационной системы не обсуждается по понятным причинам. На языке дипломатии крах экономической политики последних 20 лет преподносится в форме назревших условий для модернизации экономики России или ее перевода на инновационные рельсы. О модернизации мечтает одна ветвь власти, об инновациях – другая. Но их мечты имеют единую историческую базу – очевидный крах всей предыдущей экономической политики. Причем этот крах был заложен не в 90-е годы, а в начале хрущевских 60-х годов, когда в ходе реформирования науки она была «бумажно» поделена на академическую и отраслевую. Классификационно все было сделано разумно, но возводить непреодолимую «берлинскую» стену посередине единого научного сообщества в виде принципиально различных процедур управления и финансирования было большой ошибкой, заложившей фундаментальную при-

чину краха прикладной науки в связи с изменением общественно-политического устройства в России, на основе очередного, исторически преходящего, набора «бумажных законов».

Каковы общие черты и различия категорий «модернизация» и «инновации» на уровне паттерна организации системы и структуры системы? Без ответа на данный вопрос любые решения будут иметь бесконечное количество субъективных интерпретаций и представлять собой скорее Вавилонское столпотворение на площади 1-2% ВВП, направляемого государством на инновации, нежели ясный план модернизации российской экономики с опорой на уроки прошлого, оценку шансов и рисков будущего.

Отдавая приоритет научной методологии над политической демагогией, хотелось бы начать с сущностного анализа более общих категорий.

В журналистском, легком подходе к категоризации, где форма важнее содержания, в едином ряду стоят бизнес и предпринимательство. До 1991 г., когда Верховный Совет СССР принял Закон «Об общих началах предпринимательства граждан в СССР» действовала 153 статья уголовного кодекса «Частное предпринимательство и коммерческое посредничество», и более 1500 человек по этой статье сидели в колониях, то есть бизнес и предпринимательство были преступлением. Может быть, в силу незначительного исторического опыта позитивного применения данных понятий мало кто задумывается об их сущностных отличиях.

Бизнесом, в наиболее общем научном понимании данной категории, следует называть регулярную, медленно эволюционирующую деятельность, главной, отличительной особенностью которой является получение в пределе средней нормы прибыли на равный вложенный капитал. При этом доходность, равно как и риски, в бизнесе минимальны.

Предпринимательство – это инновационная деятельность, которая нацеливает субъектов реального сектора экономики на принятие неординарных действий с целью модернизации производительных сил и производственных отношений для того, чтобы за счет конкуренции с бизнесом получить более высокую норму прибыли при интегральном снижении расходов на единицу полезного общественного результата.

Данные общие определения, безусловно, опираются на существующую сейчас совокупность «бумажных законов». Если предпринимательство в самом широком понимании можно сопоставить с природным чувством и стремлением любого биологического вида к познанию нового в своих интересах, то бизнес – это чистое порождение «бумажных законов».

Сложные системы называются сложными, потому что в них все компоненты находятся в непрерывном синергетическом взаимодействии. Россия уже более двух десятилетий слышит из уст руководителей, начиная с Гайдара и Чубайса, заклинания о том, что бизнес сам модернизирует экономику. Но результат отрицательный по всем без исключения параметрам. Можно сравнить результаты 20-ти лет перестройки, стабилизации и модернизации с достижениями, например первой пятилетки. Тогда, естественно, бизнеса не было, но введенный общественный характер потребления позволил мобилизовать все общество на непревзойденные в истории результаты преобразования производительных сил и производственных отношений. Наиболее значимые итоги первой пятилетки были опубликованы в газете «Правда» от 1 января 1933 г. Всего за пять лет были введены в эксплуатацию более сотни только крупных и очень крупных предприятий. За последние 20 лет было уничтожено в разы больше предприятий и полностью дезинтегрировано материальное производство.

Математическая формула «исчезающая несопоставимость» точно характеризует итоги четырех последних пятилеток, начиная с 1990 г. Главное же состоит в том, что тот инновационный и модернизационный рывок был совершен на базе научного расчета и прогнозирования, на представлениях руководства страны об экономике, как о сложной и динамической системе. В основе лежало понимание родовой формы и структурной специфики исходного состояния экономики и желаемого планового состояния, которое формулировалось не в тер-

минах «углубить», «перевести на инновационные рельсы» и «модернизировать», а в форматах межотраслевого баланса, планах развития первого и второго подразделений производства, балансе экспорта и импорта, твердой валютно-финансовой политике, то есть на вполне научной для того времени платформе. Заклинания об инновациях и модернизации и ожидание чуда от бизнеса, неважно отечественного или иностранного, пора заменить трезвым научным расчетом и эшелонированной системой отраслевых и региональных планов экономического и социального развития. Упование на невидимую руку бизнеса ничего не дали стране за последние годы, ничего они не смогут дать и в будущем, ни за 20, ни за 1000 лет.

Бизнес, по своей сути, предрасположен к стабильности и медленному эволюционному выкачиванию из общества прибыли на основе «бумажных законов» частного присвоения общественно создаваемого продукта, а не радикальным инновациям и модернизации. Ленинский тезис о научно-техническом загнивании капитализма имеет самое прямое отношение к бизнесу и особенно к, так называемому, российскому бизнесу олигархов и госкорпораций, получивших общенародное имущество в собственность не на основе природных законов наиболее эффективного хозяйствования, а с помощью сконструированных «под себя» бумажных законов приватизации и залоговых аукционов. Российская действительность на практике этот тезис в полной мере оправдала.

Предпринимательство и только оно хочет, может и будет действовать как ради «модернизации», так и ради «перевода экономики на инновационные рельсы». Прибыль для него является не первостепенным фактором. Главной движущей силой предпринимательства во все эпохи было стремление перевести общественное производство на качественно новый уровень за счет практической реализации естественного стремления людей к новым знаниям. Однако остается нерешенным научный вопрос о сущности, сходстве и отличиях модернизации и инноваций.

Ключевыми категориями в современном лексиконе стал кластер различных модификаций терминов, имеющих единый родовой корень «инновации», а также примыкающие к ним термины «коммерциализация» и «модернизация». Госдума РФ ввела в правовой оборот понятие инновация в рамках ФЗ-127 «О науке и государственной научно-технической политике». «Инновации - введенный в употребление новый или значительно улучшенный продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях».

В Постановлении Правительства Российской Федерации от 17 октября 2006 г. №613 «О федеральной целевой программе "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы"», в ее Концепции также дано аналогичное аморфное определение. «Инновационная деятельность» - выполнение работ и (или) оказание услуг, направленных на:

- создание и организацию производства принципиально новой или с новыми потребительскими свойствами продукции (товаров, работ, услуг);
- создание и применение новых или модернизацию существующих способов (технологий) ее производства, распространения и использования;
- применение структурных, финансово-экономических, кадровых, информационных и иных инноваций (нововведений) при выпуске и сбыте продукции (товаров, работ, услуг), обеспечивающих экономию затрат или создающих условия для такой экономии.

«Инновационная деятельность» здесь и чаще всего в других источниках определяется через другой неопределенный термин: «принципиально новая продукция». Такое определение создает дополнительные неопределенности, которые имеют субъективные границы, т.к. термин «новый» не имеет единой количественной «точки отсчета». Новая продукция по

субъективному мнению одного человека может на поверку оказаться отсталой на другом предприятии, в другой экономике, в другом регионе, по мнению другого человека.

Третья часть определения, в котором *инновационная* деятельность определяется как «*применение инноваций*», вообще лишена какого-либо смысла.

Попытка определить «*инновационную*» деятельность через «*новую*» или «*принципиально новую*» продукцию, технологию или через «*применение инноваций*» не позволяет оформить понятие, а только подменяет русским переводом-эквивалентом иностранный термин.

В наиболее общем виде, *инновационная деятельность* - это деятельность по практической реализации в секторах реальной экономики получаемых знаний, материализованных в результатах НИОКР, которая при прочих равных условиях приводит к уменьшению удельных расходов всех видов ресурсов, включая и бюджетные средства, для получения условной единицы полезного продукта, удовлетворяющей аналогичную потребность, имеющую платежеспособный спрос.

Частным случаем является ситуация, когда совокупные расходы не уменьшаются, но с их помощью удовлетворяется большее количество потребностей.

Иными словами, инновационной может быть признана лишь та продукция, которая имеет одновременно инновационную потребительную стоимость и инновационную стоимость. Инновационность потребительной стоимости проявляется в ее неизвестных ранее потребительных свойствах. Инновационность стоимости выражается в снижении совокупных затрат общественного труда на единицу аналогичного полезного эффекта.

Во всех прочих определениях их авторы уповают лишь на новую потребительную стоимость, забывая, что в условиях ограниченности ресурсов Земли главным двигателем инновационной модернизации может стать лишь экономия этих ресурсов, как фактор, определяющий потребности, интересы и ценности как производителей продукции с новыми потребительными свойствами, так и ее потребителей.

Модернизация – это осуществление практических мер по приведению производительных сил в соответствие с новым инновационным качеством системы производственных отношений для обеспечения конкурентоспособности экономики страны по критерию удельной экономии потребленных ресурсов.

Иными словами, в наиболее общем виде экономическая модернизация – это обобщающее название практической экономической политики, опирающейся на инновационную деятельность, которая в свою очередь включает в себя весь комплекс прикладных исследований и разработок, а также выпуск высокотехнологичной, научноемкой продукции.

Заключение

Возвращаясь к самому важному вопросу о сущности модернизации, следует еще раз подчеркнуть, что три категории: «паттерн организации системы», «структура системы» и «процесс функционирования системы» — это три различные, но неразделимые характеристики любой сложной системы, включая экономику в целом, ее инновационную подсистему и модернизацию, как конкретный перечень мероприятий, сроков и ответственных, без взаимосвязанного исследования которых методом множественного сравнения невозможно понимание сущности модернизации, выявления ее теоретической структуры и отладки практического процесса реализации и совершенствования.

Поэтапный переход в исследовании от назревших процессов модернизации к ее оптимальной, но многовариантной структуре, далее к выявлению паттерна организации системы модернизации и обратный ход (анализ и синтез) позволяет предложить следующий вывод.

Паттерн организации системы инновационной модернизации российской экономики включает в себя, по крайней мере, следующие компоненты:

- инновационную систему, способную к аутопоэзии;
- целостную и непротиворечивую систему стимулов (правовых, экономических и моральных), нацеливающих всю совокупность потребностей, интересов и ценностей субъектов модернизации на ее реализацию;
- прозрачный и стабильный воспроизводственный кругооборот материально-вещественных факторов и финансов, обеспечивающий непрерывность процессов модернизации.

Для начала работы по модернизации экономики или ее реиндустириализации необходимо сформировать структуру модернизации, как материальное воплощение компонент паттерна и лишь после этого планировать процессы функционирования экономики в условиях ее целенаправленной модернизации.

Практическая деятельность в сфере модернизации экономики имеет тем большую эффективность, чем больше принимаемые решения отражают объективные явления и тенденции, описываемые категориями «паттерн организации системы» и «структура системы». Забвение этой научной аксиомы в реальной жизни приводит к тому, что в ходе «перестройки» и далее «модернизации» принималось и принимается множество решений и «бумажных законов» по инновационной модернизации экономики России, но так как они по своей сути противоречат паттерну организации системы, как объективному закону по расширенному применению в жизни людей новых знаний, то все результаты такой законотворческой и финансово-экономической деятельности, по точному замечанию Президента РФ, оказываются лишь на бумаге [7].

Список источников

- [1] Бейтсон, Г. Разум и природа. Неизбежное единство // – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 241 с.
- [2] Большой энциклопедический словарь. Т.2 – М.: «Советская энциклопедия», 1991. – 461 с.
- [3] Капра Ф. Паутина жизни. // Перевод с англ. Под ред. В.Г. Трилиса. – К.: ИД София, 2003. – 336 с.
- [4] Энгельс, Ф. Диалектика природы // К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч. 2-ое изд., т. 20. 1975
- [5] Фурсов, А.И. Накануне «бури тысячелетия» - <http://www.moskvam.ru/2007/01/fursov.htm>.
- [6] Прудон, П. Ж. Что такое собственность? или Исследование о принципе права и власти // П.Ж. Прудон – СПб.: Издание Е. и И. Леонтьевых, 1907.
- [7] Медведев модернизирует экономику новой комиссией - http://www.infox.ru/authority/law/2009/05/15/Myedvyedyev_modyerni.phtml

Сведения об авторе



Кретов Сергей Иванович, 1955 г. рождения. Окончил МГУ им. М.В.Ломоносова в 1977 г., к.э.н. (1981). Докторская диссертация защищена в 2012 г. Руководитель научно-исследовательского центра Российской академии предпринимательства. В списке научных трудов около 50 работ по широкому кругу социально-экономических вопросов, теории сложности, инновациям.

Sergey Ivanovich Kretov (b.1955) graduated from the Moscow State University in 1977, PhD (1981), D. Sc. Ec. (2012). He is the Chief of the Research Brunch of Russian Academy for Entrepreneurship. He is the author of about 50 scientific articles and abstracts in the field of socio-economics, complexity and innovations.

УДК 005.7.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ. ЧАСТЬ 1

С.А. Пиявский¹, В.Б. Ларюхин²

Самарский государственный архитектурно-строительный университет
¹spiyav@mail.ru, ²vladimir.larukhin@live.ru

Аннотация

Предлагается математическая модель оптимального формирования учебного плана на основе решения задачи многокритериальной оптимизации. В сочетании с ранее разработанной онтологией образовательного процесса она позволяет предложить информационную технологию индивидуализированного формирования в вузах учебных планов подготовки специалистов разного уровня.

Ключевые слова: высшая школа, образовательный процесс, учебный план, прикладная онтология, математическое моделирование, многокритериальная оптимизация.

Введение

Развитие высшей школы России в настоящий период определяется повышением требований к качеству подготовки выпускников. Они формулируются в терминах компетенций и находят выражение в Федеральных образовательных стандартах высшего профессионального образования (ФГОС ВПО), в которых совершен переход от знаниевой к компетентностной парадигме образования. При этом информатизация образования открыла возможность более полно учитывать потребности рынка, моделировать их и достаточно оперативно реагировать на процессы и тенденции в целевой для конкретного направления подготовки выпускников сфере экономики.

Онтологический подход в этих условиях является эффективным средством решения стоящих перед высшей школой задач. При этом формирование концептуального описания образовательного процесса и рынка труда открывает путь к математическому моделированию и оптимизации решений.

В работе авторов [1] построена прикладная онтология образовательного процесса в области информационных систем и технологий (ИСТ) во взаимосвязи с особенностями рынка труда в этой профессиональной сфере. В настоящей статье она используется для создания компьютерной системы, обеспечивающей формирование в вузах оптимальных учебных планов.

1 Постановка задачи

Принятая в настоящее время в российской высшей школе система планирования образовательного процесса в вузе строится на основе учебного плана, отражающего требования соответствующего ФГОС ВПО. Учебный план представляет собой набор учебных дисциплин трех типов: федеральные (указаны во ФГОС ВПО и являются обязательными), дисциплины по выбору вуза и дисциплины по выбору студента. Такая структура позволяет гибко учитывать как особенности самого вуза, так и личные предпочтения обучаемых. Однако, как всякая свобода, наряду с преимуществами, она таит в себе и опасность. Опасность заключается в том, что дисциплины, установленные вузом и самими студентами, будут выбраны неэф-

фективно (а по общей трудоемкости они составляют примерно треть всего времени обучения). Необходимо создать технологию их выбора, которая гарантировала бы высокое качество учебного плана в целом.

Соответствующая технология может быть построена на базе решения задачи многокритериальной оптимизации, такой как в [2, 3], и онтологии, описанной в [1], которая содержит описание образовательного процесса ВУЗа (дисциплины, учебные компетенции, студенты, и их взаимосвязи), рынка труда (должности, трудовые компетенции) и связей между этими сферами. В задаче экспертным путем с использованием онтологии формируется полное множество учебных дисциплин с их логическими взаимосвязями, обеспечивающих «стопроцентный» уровень «трудовой компетентности» идеального выпускника, освоившего все эти дисциплины; при этом дисциплины могут дублироваться, общая трудоемкость их освоения может намного превосходить лимит времени обучения в вузе. Тогда всякий учебный план определяется как любое допустимое, т.е. удовлетворяющее логическим взаимосвязям, подмножество полного множества. Задается вектор критериев оптимальности учебного плана, отражающий:

- средний или минимальный уровень готовности выпускников к устройству на работу в соответствующей направлению подготовки сфере экономики;
- среднюю ожидаемую заработную плату на первом рабочем месте;
- характеристики компетентностного профиля выпускника (в среднем, выпускников);
- степень соответствия структуры полученной подготовки индивидуальным намерениям выпускника (в среднем, выпускников);
- возможности профессорско-преподавательского состава вуза, его материальной базы по обеспечению качества обучения и др.

Затем используются необходимые методы решения многокритериальных задач для формирования оптимального учебного плана.

Конечно, такая технология может быть реализована только на базе соответствующей информационной системы, базовыми элементами которой являются:

- онтология образовательного процесса, включающая онтологию рынка труда;
- цифровая модель полного множества учебных дисциплин;
- набор критериев оптимальности с алгоритмом их расчета;
- модуль многокритериального принятия решения.

2 Математическая модель и набор критериев формирования индивидуализированных учебных планов

Для формирования оптимального учебного плана, ориентированного на рынок труда, необходимо решить задачу оптимизации. Из начальной постановки можно выделить основные множества, на которых будет построена математическая модель. Введем эти множества:

- множество должностей, r – номер должности, $r = 1..R$, где R – количество должностей;
- множество дисциплин, i – номер дисциплины, $i = 1..I$, где I – количество дисциплин;
- множество учебных компетенций, j - номер компетенции, $j = 1..J$, где J – количество учебных компетенций.
- множество студентов, k – номер студента, $k = 1..K$, где K – количество студентов.

Так же, помимо основных множеств, существуют взаимосвязи между их элементами. Данные взаимосвязи могут быть рассчитаны или заданы коэффициентами. Введем матрицы взаимосвязей:

- $C = \{c_{ij}\}$, где $i = 1..I, j = 1..J$ – значимость i -й дисциплины для j -й компетенции, $c_{ij} \in [0..1]$. Значимость определяется через интерпретацию отношения «**Дисциплина развивает компетенцию**», описанного в онтологии;
- $D = \{d_r\}$, где $r = 1..R$ – трудовая ценность должности (например, максимальная заработная плата на рынке труда). Данное значение может быть получено из значений атрибута экземпляра концепта должности;
- $Z = \{z_{jr}\}$, где $j = 1..J, r = 1..R$ – значимость j -й учебной компетенции для r -й должности, $z_{jr} \in [0..1]$. Значения для данной матрицы взаимосвязи рассчитываются путем анализа связей между концептами: должность, трудовая компетенция, учебная компетенция – «**Должность требует наличия Трудовой Компетенции**» и «**Трудовая Компетенция состоит из Учебной компетенции**»;
- $X = \{x_{jk}\}$, где $j = 1..J, k = 1..K$ – уровень компетентности k -го студента по j -ой компетенции, $x_{jk} \in [0..1]$. Значение данной взаимосвязи будет рассчитано в математической модели;
- $O = \{o_{ik}\}$, где $I = 1..I, k = 1..K$ – оценка k -го студента по i -ой дисциплине, $o_{ik} \in [3..5]$. Оценки можно получить из онтологии путем интерпретации отношения «**Студент получил оценку по Дисциплине**», при этом оценка будет являться атрибутом связи. Исходя из начальных определений, введем соотношения математической модели.

Учтем, что студент может изучать не все дисциплины (студент может выбирать вариативные дисциплины), и введем матрицу изучаемых дисциплин: $U = \{u_{ik}\}$ – указывает на то, что k -й студент изучает i -ю дисциплину, $u_{ik} \in \{0, 1\}$.

Тогда I_j – суммарная значимость дисциплин, необходимых для полной форсированности j -ой компетенции. Определим значение I_j из соотношения:

$$I_j = \sum_{i=1}^I c_{ij}.$$

Определим уровень компетентности студента через соотношение:

$$x_{jk} = \frac{1}{5J} \sum_{i=1}^I o_{ik} c_{ij} u_{ik}.$$

С учетом выше сказанного, определим среднюю готовность студента k к занятию должности r через соотношение:

$$(1) \quad a_{kr} = \frac{\sum_{j=1}^J x_{jk} z_{jr}}{\sum_{j=1}^J z_{jr}}.$$

Элемент матрицы $a_{kr} \in [0..1]$ означает готовность студента к занятию должности с учетом его компетентности. При этом учитывается ценность j -ой компетенции для должности r , определяемой рынком труда. Одновременно в целом мы получаем средний уровень готовности студента по всем учебным компетенциям.

Из соотношения (1) определим среднюю трудовую ценность выпускника k на рынке труда через соотношение:

$$F_k^1 = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R a_{kr} d_r.$$

Этот критерий характеризует среднюю заработную плату, на которую может рассчитывать выпускник k при устройстве на должность r . Тем самым моделируется ситуация на рын-

ке труда, на котором выпускник может устроиться на любую должность, которая в данный момент вакантна, причем хотя бы одна такая должность имеется.

Каждый студент помимо готовности может иметь пожелания для занятия определенных должностей, а так же способность к их изучению.

Желание студента занять конкретную должность можно описать матрицей связей $Q = \{q_{kr}\}$, где q_{kr} – признак того, что k -й студент желает занять должность r , при этом $q_{kr} \in [0..1]$. Значения для данной матрицы могут быть взяты из онтологии путем интерпретации отношения «**Студент** желает занять **Должность**», причем эти значения вносятся в онтологию по результатам опроса студентов. Тогда можно рассчитать вероятность занятия желаемых должностей студентом через соотношение:

$$F_k^2 = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R q_{kr} a_{kr} .$$

Данный критерий оценивает ценность полученной квалификации k -м студентом с позиции пожеланий студентов к занятию определенных должностей. При этом в случае, когда студент еще не изучил данную дисциплину, для расчета компетентности студента может быть использована как максимальная возможная оценка, так и оценка среднего студента, рассчитанная по статистическим данным.

Учтем способность студента к обучению определенной дисциплине. Для этого введем матрицу $G = \{g_{ki}\}$, где g_{ki} – способность студента k освоить дисциплину i . Значение для g_{ki} может быть получено из онтологии путем интерпретации отношения «**Студент** готов к **Дисциплине**», куда данные значения вносятся в онтологию по результатам опроса преподавателей. Тогда можно рассчитать степень приближенности сформированного учебного плана к способностям студента:

$$F_k^3 = \sum_{i=1}^I g_{ki} u_{ik} .$$

Данный критерий позволяет оценить степень соответствия формируемого учебного плана к реальным способностям студентов к его освоению.

Для конкретного студента k оптимальность учебного плана будет оцениваться значениями критериев F_k^1, F_k^2, F_k^3 . Поэтому в общем случае для студента необходимо решить задачу многокритериальной оптимизации:

$$F_k^1 \rightarrow \max, F_k^2 \rightarrow \max, F_k^3 \rightarrow \max .$$

Однако ясно, что в рамках ВУЗа на учебный план устанавливаются ограничения по трудоемкости дисциплин. Для этого введем t_i - трудоемкость освоения i -й дисциплины (в зачетных единицах), тогда общая трудоемкость освоения учебного плана k -м студентом можно определить из соотношения

$$T_k = \sum_{i=1}^I t_i u_{ik} .$$

С учетом того, что максимальная трудоемкость учебного плана $T_{\text{заданное}}$ ограничивается ФГОС, тогда максимальная трудоемкость учебного плана определяется из соотношения:

$$-\Delta T_{\text{заданное}} \leq T_k - T_{\text{заданное}} \leq \Delta T_{\text{заданное}},$$

где $\Delta T_{\text{заданное}}$ – допустимое отклонение от максимальной трудоемкости по ФГОС.

Таким образом, построенная математическая модель позволяет сформировать индивидуализированный учебный план для студента, с учетом его пожеланий, готовности и способности, с одной стороны, и значимости формируемых учебных компетенций с позиции рынка труда, с другой. Для формирования общего учебного плана можно за реального студента

принять «среднего» или «идеального», при этом все значения взаимосвязей будет необходимо рассчитывать соответствующим образом.

При этом, как указывалось в [1], студент может выбирать некоторые дисциплины для изучения. Используя данную модель, студент сможет просмотреть свою готовность и ценность на рынке труда, с учетом выбранных им дисциплин.

Для структур высшего учебного заведения, занимающегося разработкой учебных планов, использование данной модели позволяет моделировать и оценивать эффективность от включения специализированных учебных дисциплин в план обучения. При этом при ежегодной корректировке с учетом получаемых студентами оценок или изменения обстановки на рынке труда учебный план может быть перестроен и обновлен.

Построенная модель не является единственной возможной и может быть детализирована и углублена. Так, от простого включения дисциплин в план можно перейти к объему их освоения, учитывая минимальную и максимальную возможную трудоемкость. С другой стороны, детализируя состав дисциплины - знания, умения и навыки, которые она развивает, - и потребности рынка труда, можно оптимизировать ее содержание.

Для реализации данной математической модели необходимо разработать информационную систему, позволяющую опираясь на знания, хранящиеся в онтологии, производить формирование, оптимизацию и моделирование учебных планов студентов.

3 Некоторые результаты расчетов

На рисунках и в таблицах данного раздела представлены некоторые характеристики цифровой модели, построенной на основе онтологии, разработанной в [1], и приведенной выше математической модели. Рассматривались четыре варианта учебного плана бакалавра по направлению подготовки 230400.62 – «Информационные системы и технологии»:

- 1) учебный план, отвечающий полному множеству учебных дисциплин, с общей трудоемкостью 260 зачетных единиц (ЗЕ);
- 2) оптимальный учебный план бакалавра, общей трудоемкостью 240 ЗЕ;
- 3) учебный план, составленный исключительно из федеральных дисциплин и дисциплин, установленных Ученым советом Самарского государственного архитектурно-строительного университета (СГАСУ), общей трудоемкостью 200 ЗЕ;
- 4) учебный план, составленный только из федеральных дисциплин, общей трудоемкостью 160 ЗЕ.

Критерием оптимальности при формировании учебных планов 2-4 был средний заработок, на который могут рассчитывать отличник или средний студент. Уровень освоения каждой учебной дисциплины средним студентом характеризовался средним баллом по этой дисциплине всего потока студентов факультета ИСТ СГАСУ (он составляет примерно 4,5).

В таблице 1 и на рисунках 1, 2 показан уровень сформированности компетенций отличника и среднего студента в результате обучения по учебному плану, оптимально сформированному исходя из требования обеспечить выпускнику максимальную ожидаемую заработную плату на первом месте работы после окончания вуза.

Как следует из таблицы 1, оптимальный учебный план обеспечивает высокий уровень подготовки выпускников. Оптимизация проводилась по предметам, включение которых в учебный план является прерогативой вуза. На рисунках 1, 2 показан компетентностный профиль выпускника, обеспечиваемый федеральной составляющей учебного плана (160 ЗЕ) и прирост к нему за счет оптимально сформированных дисциплин, добавленных вузом. В некоторых случаях этот прирост превышает составляющую, вносимую федеральными дисциплинами.

Таблица 1 – Уровень сформированности компетенций выпускников при оптимальном учебном плане (240 ЗЕ)

Название компетенции	Отличник	Средний студент	Превышение
Способность участвовать в эксперименте	76	65	11
Способность оформлять научные результаты	92	80	12
Способность осуществлять сертификацию проекта по стандартам качества	76	67	9
Способность научно анализировать проблемы и процессы	83	72	11
Способность анализировать результаты эксперимента	90	79	11
Способность проводить моделирование процессов и систем	79	70	9
Способность к поддержке работоспособности информационных систем	92	81	11
Способность производить обследование и анализ объекта проектирования	78	69	9
Способность проводить расчет обеспечения условий безопасной жизнедеятельности	78	69	9
Готовность к наладке информационных систем	93	82	11
Готовность к участию в работах по внедрению ИС	92	82	10
Способность к интеграции одной системы с другой	92	82	10
Готовность к созданию проектной документации	92	82	10
Готовность к развертыванию информационных систем на предприятии	91	81	10
Готовность использовать математические методы для исследования	91	81	10
Способность организовывать рабочее место	92	82	10
Способность проводить выбор исходных данных для проектирования	76	68	8
Способность оценивать надежность объекта проектирования	89	80	9
Владение базовыми знаниями для решения задач	84	75	9
Способность производить техническое проектирование	92	82	10
Способность проводить рабочее проектирование	92	82	10
Способность обрабатывать информацию	92	83	9
Готовность создавать документацию по менеджменту качества	90	81	9
Готовность осуществлять контроль качества входной информации	91	82	9
Способность использовать ИКТ для различных областей	89	80	9
Способность составлять сервисную документацию	96	87	9
Способность производить сбор и анализ информации	83	75	8
Готовность обеспечивать безопасность и целостность данных ИС	90	81	9
Способность к проектированию ИТ	94	85	9
Способность производить оценку затрат на разработку ИКТ	96	87	9
Способность разрабатывать САПР ИКТ	93	85	8
Способность разрабатывать средства реализации ИКТ	94	85	9
Способность формирования новых идей	97	89	8
Способность проводить расчет экономической эффективности	91	85	6
Умение критически оценивать свои достоинства и недостатки	98	92	6
Владение методами защиты персонала	85	80	5
Способность организовывать работу малых коллективов	98	93	5
Владение культурой мышления	98	93	5
Знание своих прав и обязанностей как гражданина своей страны	83	80	3
Способность к управлению коллективом	93	89	4
Осознание значения гуманистических ценностей	96	93	3
Готовность к кооперации с коллегами	94	91	3
Способность к коммуникациям на своем языке	95	94	1

Сформированность компетенций бакалавра (отличник)

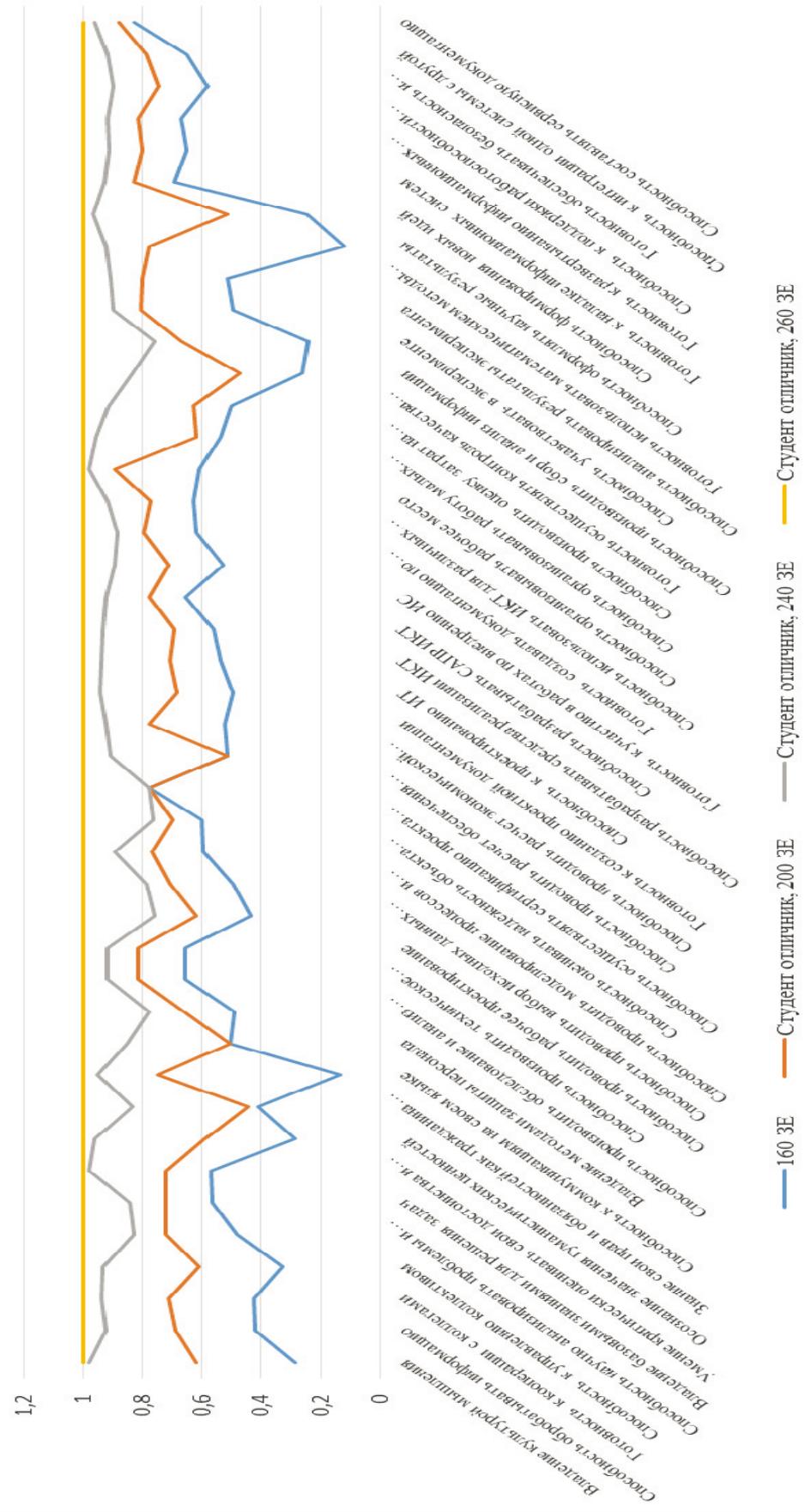


Рисунок 1 - Сформированность компетенций бакалавра–отличника

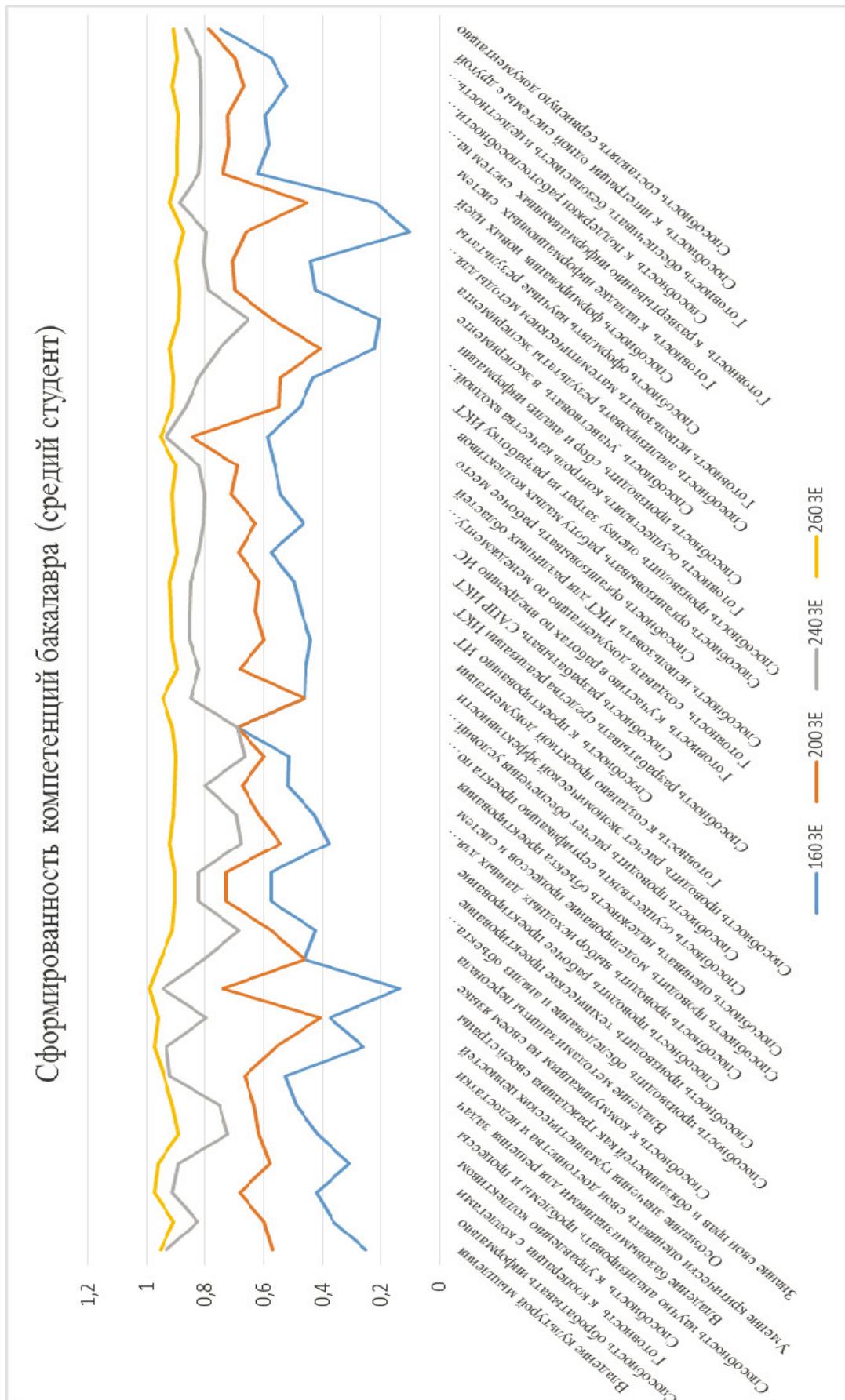


Рисунок 2 - Сформированность компетенций бакалавра - среднего студента

На рисунках 3, 4 показана готовность выпускника к занятию должности на рынке труда. При сформированном учебном плане она достаточно высока. Интересно отметить, что, казалось бы, небольшие отклонения в готовности у среднего студента в сравнении с отличником приводят к заметному повышению ожидаемой заработной платы (рисунок 5). Это связано с тем, что отличник значительно лучше среднего студента осваивает более сложные дисциплины, формирующие компетенции, которые востребованы именно для высокооплачиваемых должностей.

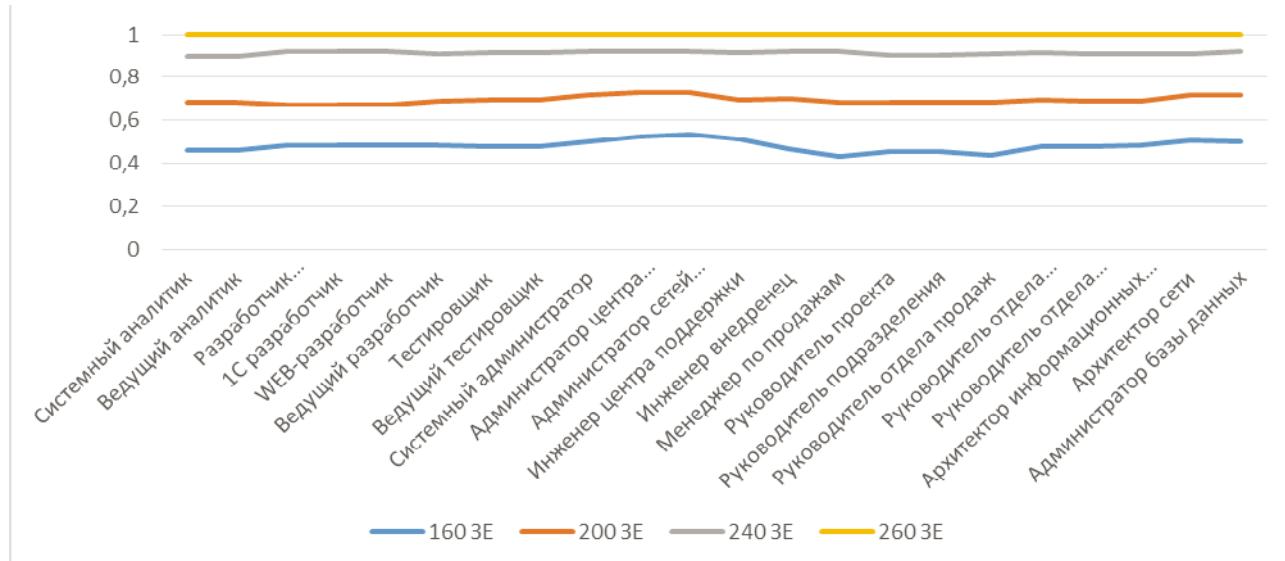


Рисунок 3 – Готовность бакалавра – отличника к занятию должности



Рисунок 4 – Превышение готовности к занятию должности отличника по сравнению со средним студентом

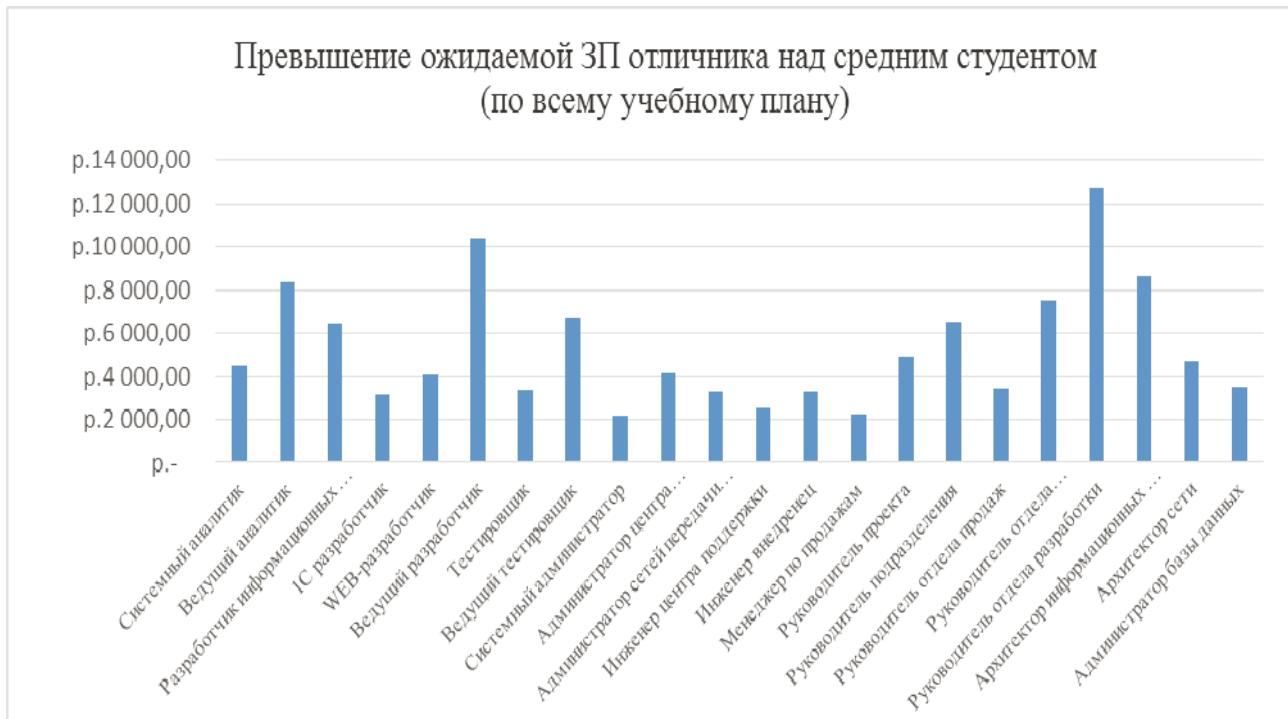


Рисунок 5 – Превышение заработной платы отличника над средним студентом

Заключение

Как видно из представленных результатов, использование онтологии в сочетании с математическим моделированием позволяет сформировать базу для решения ряда основных задач внедрения компетентностного подхода в практику высшей школы [4].

Прежде всего, это задача ежегодного обновления учебных планов в тесной увязке с выявленными конкретными требованиями рынка труда. Затем это возможность формирования комплекса из нескольких рабочих графиков под один и тот же учебный план, с тем, чтобы перейти на индивидуализированную подготовку с учетом индивидуальных интересов и возможностей отдельных студентов. Важным является также создание интернет-портала, открывающего доступ всем преподавателям и студентам к онтологии предметной области учебного процесса, что позволит им, во-первых, осознавать свои позиции и перспективы как в рамках образовательного процесса, так и на рынке труда, а, во-вторых, через портал включаться в непрерывный процесс совершенствования образовательного процесса. Эти задачи будут рассматриваться во второй части статьи.

Список источников

- [1] Ларюхин, В.Б. Онтология образовательного процесса по направлению «Информационные системы и технологии» / В.Б. Ларюхин, С.А. Пиявский // Онтология проектирования. – 2012. - №2. - С. 44-57.
- [2] Пиявский, С.А. Математическое моделирование управляемого развития научных способностей / С.А. Пиявский // Известия Академии наук. Теория и системы управления. - 2000. - - №3. - С. 100-106.
- [3] Пиявский, С.А. Телекоммуникационная среда поддержки инновационной деятельности / С.А. Пиявский // Проблемы управления. – 2005. - №1. – С. 45-50.
- [4] Пиявский, С.А. Система управления формированием универсальных компетенций студентов высших учебных заведений / С.А. Пиявский, Г.П. Савельева. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2008. – 109 с.

Сведения об авторах



Пиявский Семен Авраамович. Окончил факультет летательных аппаратов Куйбышевского авиационного института в 1964 году, аспирантуру при кафедре динамики полета Московского авиационного института им. С. Орджоникидзе в 1967 году. Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и вычислительной техники Самарского государственного архитектурно-строительного университета. Почетный работник высшей школы РФ, академик Академии наук о Земле и Академии нелинейных наук. Опубликовал более 350 научных работ в области системного анализа, методов оптимизации и принятия решений, математического моделирования, образовательных систем и технологий. Основные научные результаты: методы многоэкстремальной оптимизации, решения краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений, принятия решений в условиях неустранимой неопределенности, оптимизации сетей ИСЗ, оптимизации многоцелевых систем летательных аппаратов; теория многоцелевых систем, компьютерная технология технического творчества, теория оптимального управления развитием научных способностей молодежи, новые формы организации образовательного процесса в высшей школе в условиях развитой информационной среды, матричная структура студенческого коллектива и др.

Semen Avraamovich Piyavsky. Graduated from Kuibyshev Aviation Institute in 1964 and the graduate school at the Flight Dynamics Department at the Moscow Aviation Institute in 1967. Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Mathematics and Computer Science at Samara State University of Architecture and Civil Engineering. Honored Worker of Higher School of Russia, Academician of the Academy of Earth Sciences and Academy of Nonlinear Sciences. He has published over 350 scientific papers in field of system analysis, optimization techniques and decision-making, mathematical modeling, education systems and technologies. Basic scientific results: multiple-optimization techniques, solution of boundary value problems for systems of ordinary differential equations, decision making under fatal uncertainty, computer technology of engineering creation, the optimal control theory of young people' academic abilities development, new forms of organization of educational process in higher education in advanced info-communications environment , the matrix structure of the student groups, etc.



Ларюхин Владимир Борисович. В 2010 окончил Самарский государственный архитектурно-строительный университет, факультет информационных систем и технологий. В настоящее время аспирант кафедры «Прикладная математика и вычислительная техника». Автор статей в области интеллектуальных систем управления ресурсами. Область профессиональной деятельности связана с разработкой алгоритмов и методов для управления ресурсами предприятий в реальном времени. Научные интересы лежат в области мультиагентных систем, прикладных онтологий, управления развитием компетенций и способностей людей.

Laryuhin Vladimir Borisovich. Graduated from Samara State University of Architecture and Civil Engineering in 2010 at the Information Systems and Technology Department. Currently, post graduate student at Applied Mathematics and Computer Science. He has published a number of scientific papers in field of intelligent resource management systems. The domain of professional activities related to the development of algorithms and techniques for resource management of enterprises in real time. Research interests are in multiagent systems and applied ontology.

УДК 004.421.2

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ

И.Ю. Денисова, П.П. Макарычев

Пензенский государственный университет
irs@sura.ru, Makpp@yandex.ru

Аннотация

В работе проведено онтологическое исследование процесса электронного обучения. Построена концептуальная модель электронного обучения, в которой учтена лингвистическая неопределенность представлений эксперта о проведении учебных занятий, что позволит более полно отразить знания и личный профессиональный опыт эксперта в системе поддержки электронного обучения.

Ключевые слова: онтология, система образования, электронное обучение, образовательный контент, системы поддержки электронного обучения.

Введение

Современная концепция образования предполагает многоуровневый характер обучения, а также возможность выбора обучающимся средств, места и времени обучения, соответствующих его запросам. Это подразумевает внедрение систем поддержки электронного обучения в образовательный процесс. В настоящее время существуют следующие проблемы, возникающие при разработке систем поддержки электронного обучения:

- отсутствие обоснованной классификации знаний о предметной области и разброс терминологии;
- жесткость моделей представления обработки и анализа лингвистически неопределенных экспертных знаний о процессе обучения.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод об актуальности онтологического исследования процесса электронного обучения и разработки средств представления, хранения и обработки в системе поддержки электронного обучения лингвистически неопределенных экспертных знаний.

1 Онтологическое исследование процесса электронного обучения

Использование информационных технологий в деятельности образовательных учреждений определяет внедрение новых способов организации образовательного процесса. По мнению отечественных и зарубежных специалистов, наибольшим потенциалом в модернизации системы образования обладает электронное обучение.

«Под электронным обучением понимается организация образовательного процесса с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие участников образовательного процесса» [1].

В настоящее время электронное обучение активно интегрируется в систему образования нашей страны, содействуя непрерывному образованию граждан и повышая эффективность образовательного процесса. На рисунке 1 представлен фрагмент онтологии, отражающий место электронного обучения в системе образования Российской Федерации.

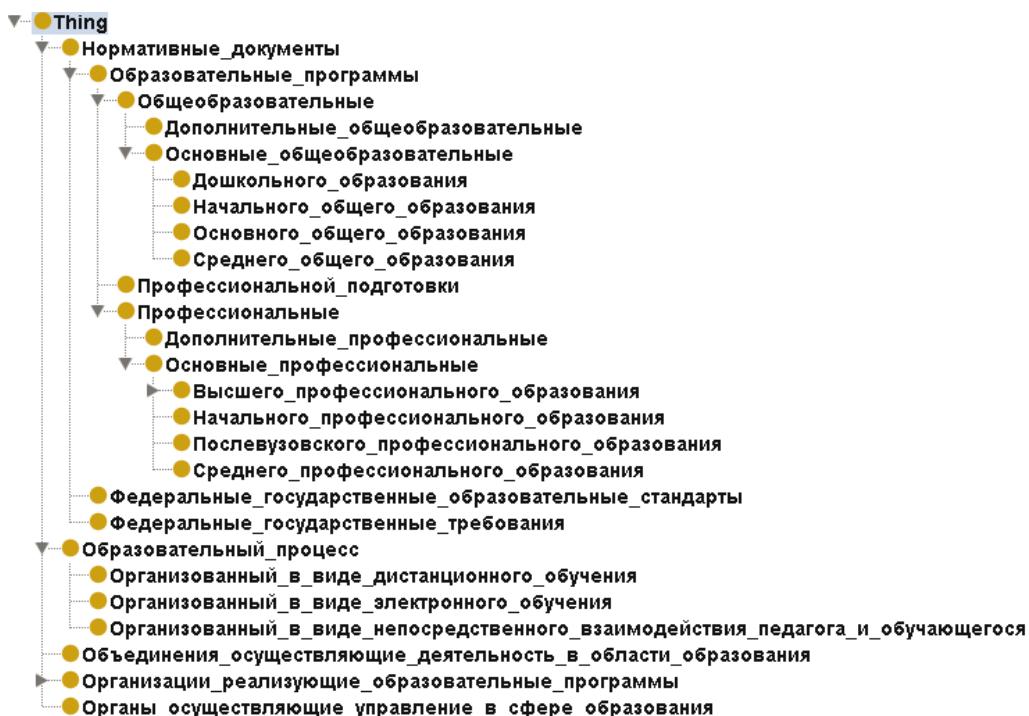


Рисунок 1 – Фрагмент онтологии «Система образования в РФ»

В основу этой онтологии (см. рисунок 1), положено понятие системы образования, сформулированное в Законе РФ от 10.07.1992 № 3266-1 (ред. от 10.07.2012) «Об образовании»¹. В соответствии с данным определением выделены основные классы онтологии системы образования, а именно:

- федеральные государственные образовательные стандарты, федеральные государственные требования, преемственные образовательные программы различных уровней и направленности;
- сеть реализующих их образовательных учреждений и научных организаций;
- органы, осуществляющие управление в сфере образования, и подведомственные им учреждения и организации;
- объединения юридических лиц, общественных и государственно-общественных объединений, осуществляющих деятельность в области образования;
- образовательный процесс как «педагогически обоснованный процесс обучения, воспитания и развития, организуемый субъектом образовательной деятельности, реализующим образовательную программу (оказывающим образовательные услуги)» [2].

На рисунке 2 представлен фрагмент графа онтологии «Система образования в РФ», отражающий наиболее существенные отношения между классами.

¹ Онтология будет верна и для нового Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», который вступит в силу с 1 сентября 2013 года, замещая упоминаемый здесь закон «Об образовании» (*Прим. рецензента А*). Однако онтология не сводится только к структуризации; ожидаемым является отражение традиционных онтологических конструктов, связь их с моделями, учет типологии отношений, сопоставление с родственными решениями (*Прим. рецензента Б*).

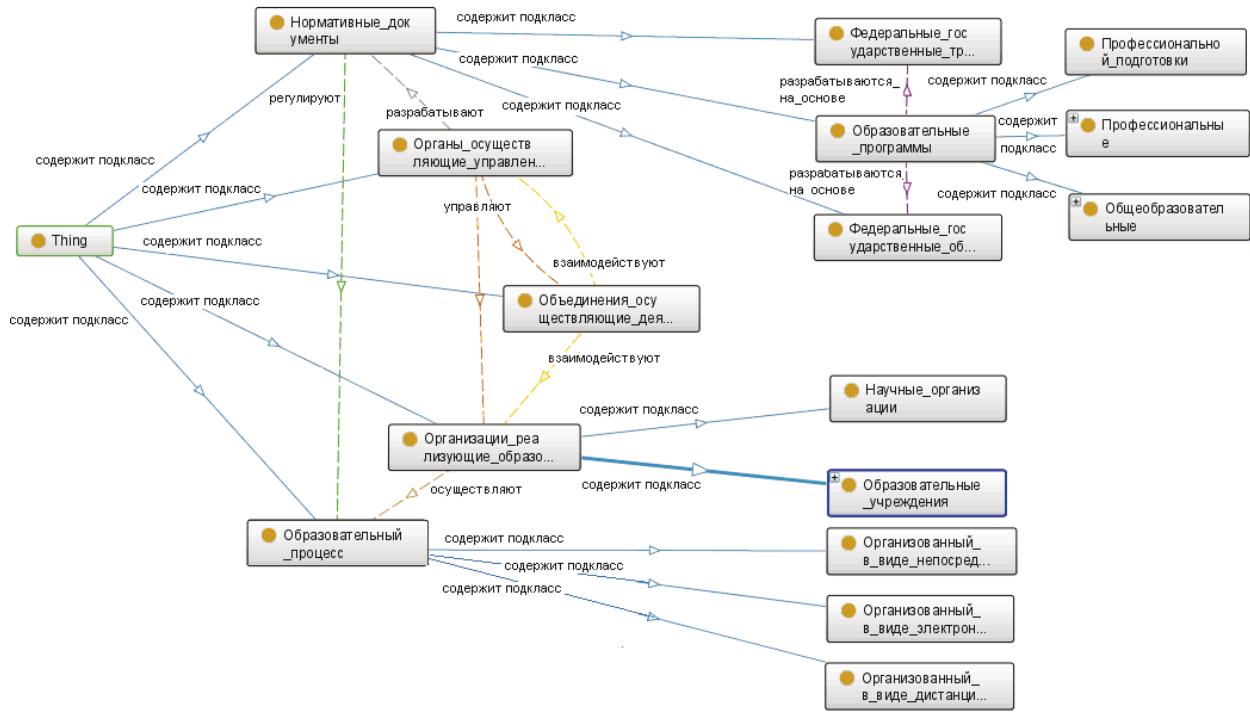


Рисунок 2 – Фрагмент графа онтологии «Система образования в РФ»

Как видно из рисунка 2, образовательный процесс в образовательном учреждении осуществляется в соответствии с образовательными программами. При этом независимо от форм получения образования может применяться электронное обучение. Использование электронного обучения в качестве способа организации образовательного процесса обеспечивает следующие преимущества:

- экономические (общие затраты на обучение уменьшаются за счет эффективного использования учебных площадей, технических и транспортных средств, концентрированного и унифицированного представления учебной информации и организации мультидоступа к ней);
- педагогические (обучение становится более мотивированным и интерактивным, технологичным и индивидуализированным);
- эргономические (учащиеся и преподаватели имеют возможность распределять время занятий по удобному для себя графику и темпу, сокращаются временные затраты на проверку качества знаний, умений и навыков);
- информационные (возрастает количество и качество электронных образовательных ресурсов, повышается их доступность);
- коммуникационные (возрастает число потенциальных слушателей, педагогов и специалистов, с которыми возможно взаимодействие по электронным сетям).

Использование электронного обучения в образовательном учреждении содействует задаче обеспечения доступности, качества и эффективности образовательных услуг. «При активном электронном обучении используется широкий спектр Internet-технологий, подобных персонификации, моделированию и мобильности, что позволяет внедрять недоступные для традиционных видов обучения методики» [3]. Таким образом, помимо решения своей первоочередной задачи — обучения на расстоянии посредством информационно-телекоммуникационных сетей — электронное обучение также является хорошим дополнением традиционных форм обучения.

На рисунке 3 представлен фрагмент онтологии «Электронное обучение в образовательном учреждении». В основу онтологии положены принципы, использованные Ю.К. Бабанским при выделении основных компонентов структуры процесса обучения.

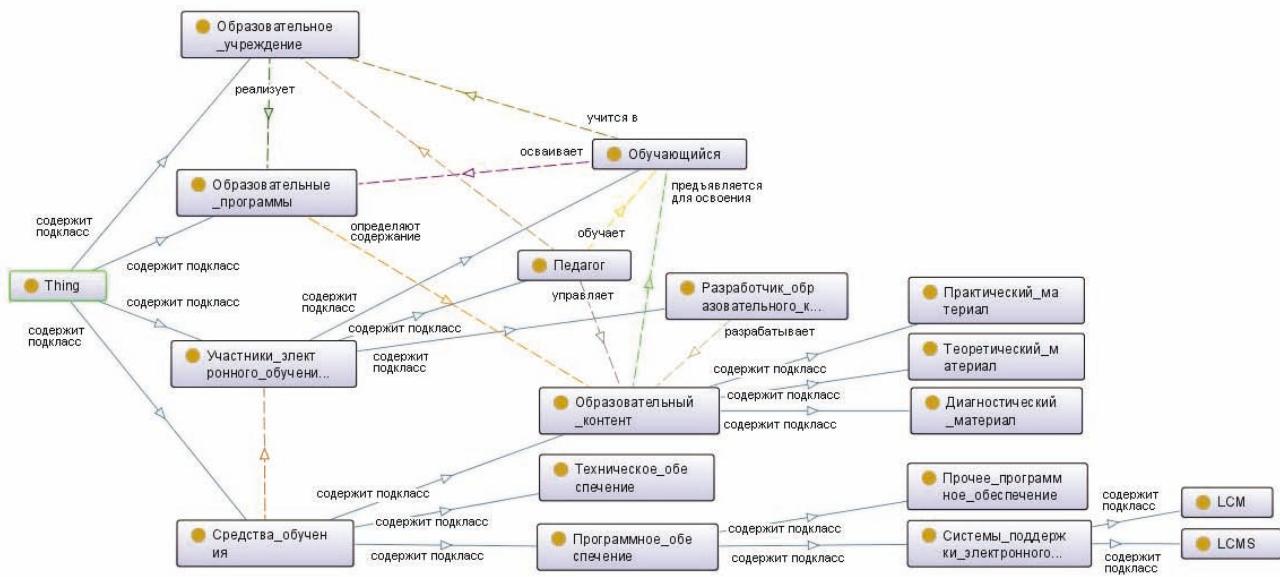


Рисунок 3 – Фрагмент графа онтологии «Электронное обучение в образовательном учреждении»

Классы, представленные на данном рисунке, являются базовыми компонентами процесса электронного обучения. Главными составляющими электронного обучения являются:

- обучающийся – «лицо, зачисленное в установленном порядке в организацию, осуществляющую образовательную деятельность, или заключившее в установленном порядке договор на получение образовательных услуг и осваивающее образовательную программу, программу профессионального обучения» [2];
- педагог – лицо, осуществляющее обучение обучающихся с учетом специфики преподаваемого предмета;
- образовательный контент – «структурированное предметное содержание, используемое в образовательном процессе» [4];
- системы поддержки электронного обучения.

В настоящее время в области разработки программных средств поддержки электронного обучения можно выделить два основных направления:

- системы управления обучением (Learning Management Systems - LMS),
- системы управления образовательным контентом (Learning Content Management System - LCMS).

LMS – это «информационная система, предназначенная для обеспечения административной и технической поддержки процессов, связанных с электронным обучением» [4]. LMS позволяют автоматизировать достаточно широкий перечень функций по администрированию процесса обучения и доставке учебного контента в организации. Элементы управления процессом прохождения курсов присутствуют в развитых электронных библиотеках, но в случае большого числа учащихся этой функциональности недостаточно. Потребуется автоматизация таких задач, как составление учебных планов, расписания, приглашение обучающихся, предоставление электронных учебных материалов, контроль использования учебных ресурсов, администрирование отдельных учащихся и групп, организация взаимодействия с преподавателем, отчетность и т.д. Эти и другие функции реализуют LMS, представляя собой плат-

форму для развертывания электронного обучения. При этом LMS также могут использоваться и для администрирования традиционного учебного процесса. Применение LMS эффективно в случае большого числа учащихся. Как правило, LMS не используются для разработки образовательного контента.

В противоположность LCMS – это система, главной задачей которой является управление содержанием учебных материалов (образовательного контента), но не самим учебным процессом. LCMS представляет собой программное средство, предназначенное для создания, хранения и управления образовательным контентом. Причем LCMS – это инструмент для коллективной, многопользовательской работы с контентом. Управление контентом электронных курсов представляет возможности размещения электронных учебных материалов в различных форматах и манипулирования ими. Обычно такая система включает в себя интерфейс с базой данных, аккумулирующей образовательный контент, с возможностью поиска по ключевым словам.

Обычно LCMS определяют как систему, которая создает, хранит, собирает и проигрывает персонализированный образовательный контент в форме учебных объектов. Учебный объект – это изолированная (замкнутая) часть учебного материала. Обычно он включает три компонента: достигаемая цель (что обучающийся должен понять или чего он достигнет, когда завершит обучение), образовательный контент, требующийся для достижения цели (текст, видео, иллюстрации, структурированные слайды, демонстрации, симуляторы) и различные формы оценки, позволяющие определить, достигнута или нет цель. Совокупность учебных объектов образует собой учебные модули, из которых в дальнейшем могут формироваться необходимые учебные программы. Один модуль может быть востребован в нескольких учебных программах, при этом он может быть использован как без изменений, так и незначительно модифицирован для целей конкретной программы.

Прежде чем разрабатывать непосредственно курс и адаптировать его для многочисленной аудитории, эксперты создают многократно используемые учебные объекты и предоставляют их всем разработчикам курсов в организации. Это исключает дублирование усилий разработчиков и позволяет быстро «собирать» образовательный контент. LCMS особенно эффективны в тех случаях, когда над созданием курсов работает большое число разработчиков, которым необходимо использовать одни и те же фрагменты учебных материалов в различных курсах.

Таким образом, обе системы, LMS и LCMS, управляют образовательным контентом и отслеживают результаты обучения. Но LMS в то же время может управлять и отслеживать смешанное обучение, составленное из онлайнового контента, мероприятий в учебных аудиториях, встреч в виртуальных учебных классах и различных других источников. В противовес этому, LCMS не может управлять смешанным обучением, зато может управлять контентом на уровне ниже учебного объекта, что позволяет организации более просто осуществлять реструктуризацию образовательного контента. В таблице 1 приведены основные различия типичных LMS и LCMS.

Таблица 1 – Сравнение характеристик LMS и LCMS

Характеристики	LMS	LCMS
Формы обучения, управление которыми поддерживает система	Дистанционное, электронное, очное, заочное, очно-заочное	Электронное
Главная направленность	Управление учебным процессом	Управление образовательным контентом
Основные группы пользователей системы	Педагог, обучающийся, административные работники	Разработчик контента, обучающийся, педагог

Как следует из проведенного анализа, LMS и LCMS имеют различных цели. Главная задача LMS - автоматизировать административные аспекты обучения, в то время как LCMS сосредоточена на управлении образовательным контентом. Хотя LMS и LCMS имеют ряд сходных функций, но по своей сути это разные, взаимно дополняющие друг друга системы, целевое назначение каждой из которых достаточно четко определено в названии. В настоящее время развитие LMS идет по пути интеграции в единой автоматизированной системе основных функций образовательного учреждения, включая бухгалтерские аспекты оплаты образовательных услуг, функции электронного деканата, различные дидактические процедуры самого процесса обучения. Дальнейшее развитие LCMS связано с повышением уровня интеллектуальности и адаптивности систем данного класса. Представляется, что использование именно LCMS позволит наиболее эффективно организовать электронное обучение в образовательном учреждении.

2 Проектирование² средств представления знаний в системах поддержки электронного обучения

Функциональные возможности LCMS в соответствии с одним из основополагающих принципов стандарта ISO 9000:2001 - ориентация на потребителя, – должны обеспечивать потребности основных пользователей системы, каковыми являются обучающийся, педагог и разработчик образовательного контента. Субъектами процесса электронного обучения выступают педагог и система поддержки электронного обучения, дополняющая педагога; объектами процесса электронного обучения являются обучающийся и учебная дисциплина, которую он изучает. Освоение образовательной программы какой-либо учебной дисциплины завершается обязательной итоговой аттестацией обучающихся. Результат освоения отражается в оценке системы сформированных компетенций. Следовательно, продукция процесса электронного обучения – объект обучения (обучающийся) с системой сформированных компетенций, определенной требованиями образовательных программ по соответствующим специальностям и направлениям. Контекстная диаграмма процесса электронного обучения представлена на рисунке 4.

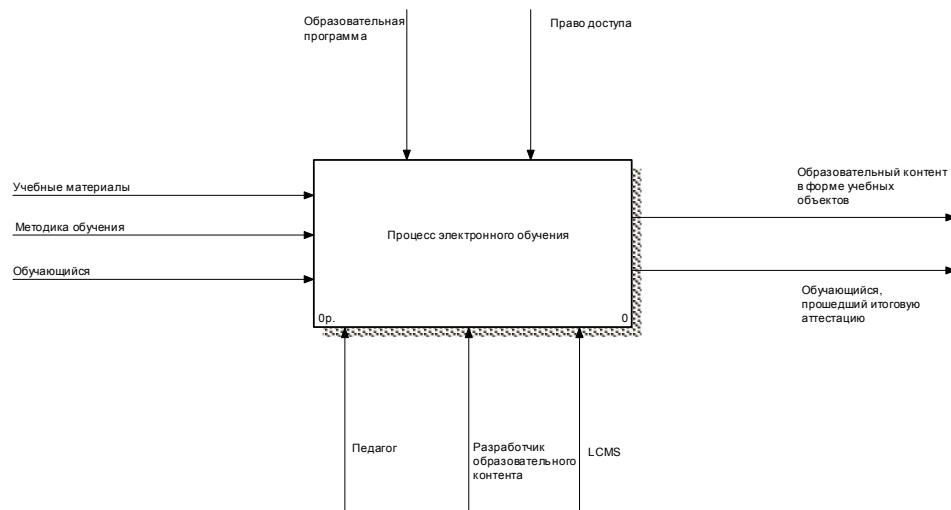


Рисунок 4 – Контекстная диаграмма процесса электронного обучения

² Термин «проектирование» встречается в статье лишь в заголовке статьи, данного раздела, а также в последнем предложении Заключения. Учитывая тематическую направленность журнала, можно было бы ожидать от авторов расширенного рассмотрения этого вопроса (*Прим. рецензента Б*).

Реализация функций обучения в LCMS определяет наличие таких функциональных составляющих системы, как управление образовательным контентом и обеспечение самостоятельного прохождения обучающимся электронного учебного курса (управление обучающимся – см. рисунок 5).

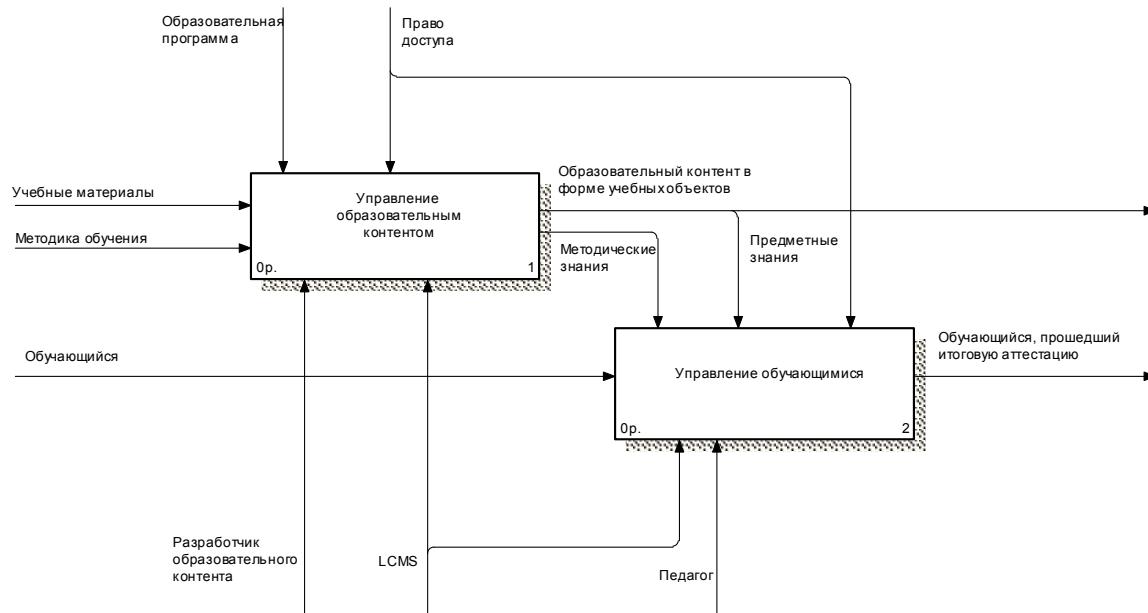


Рисунок 5 – Декомпозиция контекстной диаграммы процесса электронного обучения

На основе образовательной программы, регламентирующей процесс обучения, разработчик с помощью LCMS разрабатывает электронный образовательный контент, с опорой на который ведется обучение. Наличие функции управления образовательным контентом решает задачу подготовки электронных учебных курсов, обеспечивающих основные формы ведения учебного процесса (лекционные и практические занятия, исследовательскую и самостоятельную работу студентов и т.д.), позволяющих оценить степень подготовки обучающегося, осуществить коммуникации в процессе электронного обучения. На рисунке 6 представлена диаграмма декомпозиции процесса управления образовательным контентом.

Конструирование предметных знаний. Блок обозначает деятельность разработчика образовательного контента при работе с предметными знаниями, под которыми подразумеваются «знания эксперта о составе и структуре учебного материала,...относящегося к данной предметной области» [5].

Основная функция данного блока – предоставление инструментария для формирования разработчиком на основе образовательной программы теоретического, практического и диагностического материала.

Теоретический материал состоит из тем, подразделенных на подтемы. Изложение темы в соответствии с дидактическими показателями может быть представлено на разных уровнях сложности, соответствующих различным уровням подготовки обучающегося. Каждое изложение темы представлено отдельной html-страницей. Информация на страницах учебного курса может быть представлена в различных формах (текст, графические образы, диаграммы, видео, аудио и т.д.). Конкретное множество допустимых видов информации задается реализацией. Педагог объединяет подтемы в темы, составляет для каждой темы и подтемы различные варианты изложения и оценивает уровень изложения подтемы соответственно его трудности. Также для каждой темы педагог определяет цели обучения – оценки, которые отражают требуемый уровень знания темы.

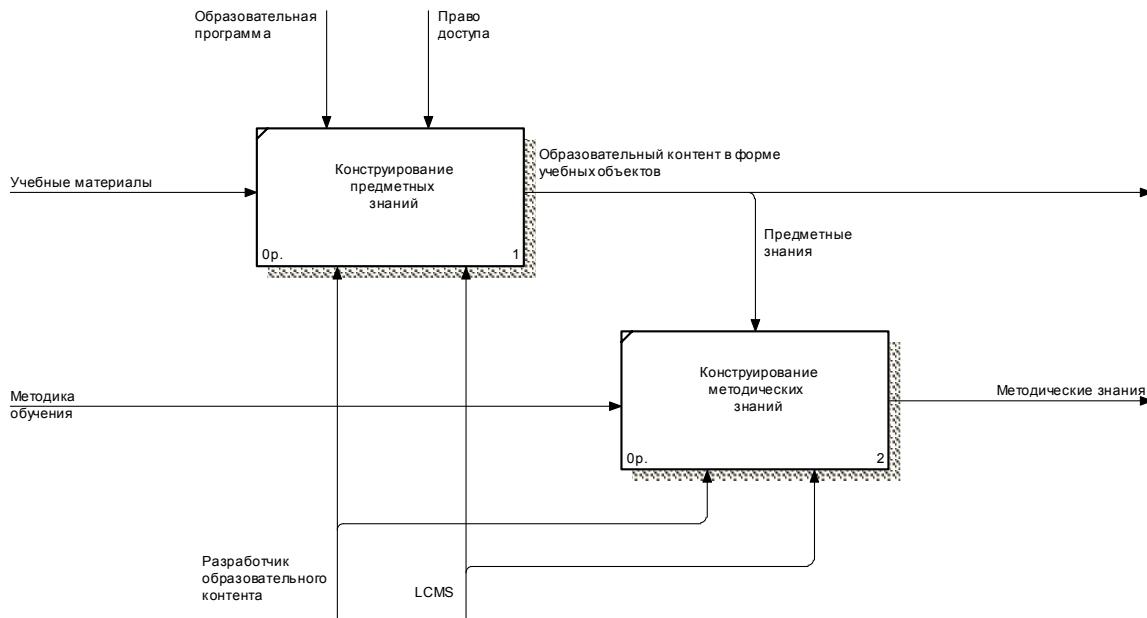


Рисунок 6 – Диаграмма декомпозиции управления образовательным контентом

Эффективность проверки знаний учащегося повышается за счет разнообразия типов тестов. Достигается это тем, что вопросы по каждой теме имеют различную трудность соответственно уровням подготовки обучающегося. Задания, включенные в тест, отвечают следующим требованиям:

- информационное наполнение тестовых заданий согласовано с наименованием подтемы и темы,
- тестовые задания имеют различные характеристики по степени трудности.

Вышеперечисленные параметры тестовых заданий определяются эксперты путем и могут быть скорректированы в процессе эксплуатации программы на основании данных реальных тестирований.

Конструирование методических знаний. Блок обозначает работу педагога с методическими знаниями, отражающими сценарий учебных воздействий, выбранный педагогом. Целью разработки методических знаний является обеспечение обучающегося наиболее подходящей последовательностью информационных блоков для заучивания и индивидуально спланированной последовательностью учебных заданий для диагностики успеваемости (примеры, вопросы, задачи и т.д.). Другими словами, цель - помочь обучающемуся найти «оптимальный путь через» учебный материал. С помощью данного блока педагог разрабатывает правила нечетких продуктов, на основе которых анализируется уровень знаний обучающегося, адаптирует содержание и систему навигации электронного учебного курса.

Таким образом, результат учебного процесса и используемые для его достижения ресурсы напрямую зависят от применяемой в процессе обучения методики преподавания. Следовательно, наличие функции управления образовательным контентом позволяет реализовать как любые методики обучения и тестирования по произвольной дисциплине, так и индивидуальный подход к каждому обучающемуся, не меняя нагрузки на педагога.

Взаимодействие обучающегося с системой поддержки электронного обучения осуществляется с помощью функции «Управление обучающимися». Более детально процесс «проигрывания» учебного курса представлен на рисунке 7.

Реализация функции управления обучающимися предполагает наличие ряда следующих функциональных составляющих системы поддержки электронного обучения.

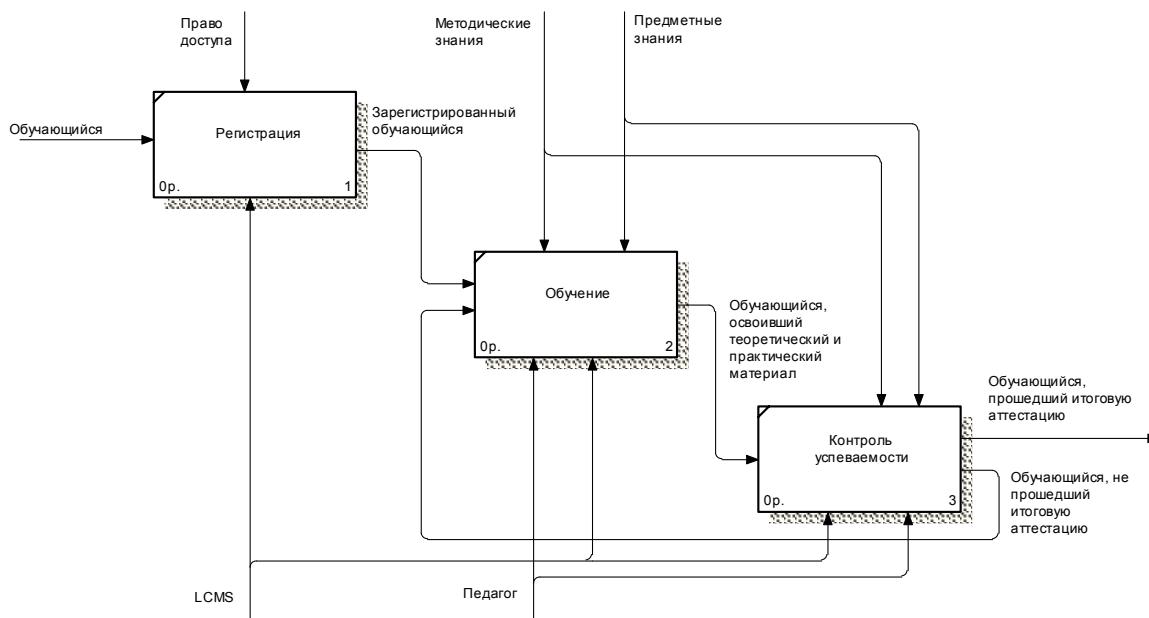


Рисунок 7 – Диаграмма декомпозиции «проигрывания» учебного курса

Регистрация пользователя. Обеспечивает идентификацию пользователя при входе в систему и регистрирует все действия в базе данных. Функция регистрации введена по двум причинам. Первая состоит в необходимости ведения учетной записи конкретного пользователя и отнесения определенных действий на его счет. Каждый обучающийся, просматривая тему, решая тесты, выполняет действие, регистрируемое в системе. При прохождении тестов в базу данных заносится подробный результат его ответов. Таким образом, в базе сохраняются все действия, выполняемые обучающимся. Также необходима защита курсов от несанкционированного доступа извне. Это не является защитой от потенциальных нарушителей. Данная часть введена для того, чтобы каждый пользователь зарегистрировался, и система получила возможность слежения за ним. Результатом успешной идентификации является получение сведений о целях обучения и уровне знаний обучающегося. После удачно пройденной регистрации каждый пользователь-обучающийся попадает в среду обучения.

Обучение. Является одной из наиболее важных функций LCMS. Решает дидактическую задачу формирования теоретических знаний обучающегося и развития практических навыков. Таким образом, основная функция данного блока – это обеспечение доступа пользователя к структурным единицам учебного материала. Более детально данная функция рассмотрена на DFD-диаграмме декомпозиции, представленной на рисунке 8.

Из хранилища «Событие» в блок «Управление обучением» поступает информация об успешной регистрации обучающегося в системе; анализируется информация об успеваемости обучающегося по пройденной части курса, поступающая из хранилища «Персональные знания». В соответствии с установленным общим уровнем успеваемости и на основании целей и правил обучения (информация, содержащаяся в хранилищах «Предметные знания» и «Методические знания») в блоке «Управление обучением»рабатываются решения по коррекции процесса обучения – формируется адаптированный образовательный контент. Система выделяет учебные ресурсы, по запросу обучающегося происходит поставка учебных ресурсов из хранилища обучающих знаний, фиксируется информация об изучении темы (хранилище «Событие»).

Результат обучения и используемые для его достижения ресурсы напрямую зависят от способа управления обучением. Управление обучением на основе теории нечетких множеств

и нечеткой логики позволяет обеспечить студента наиболее подходящей, индивидуально спланированной последовательностью тем, содержание которых адаптировано под конкретного обучающегося. На рисунке 9 представлена IDEF3-диаграмма управления обучением на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики.



Рисунок 8 – DFD-диаграмма декомпозиции процесса обучения

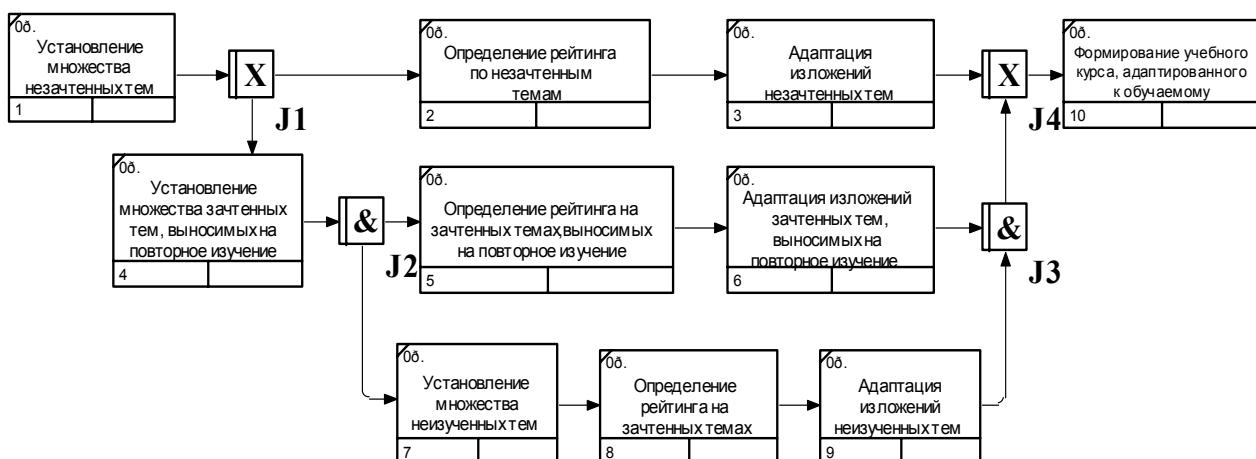


Рисунок 9 – IDEF3-диаграмма декомпозиции нечеткого управления обучением

На основе информации об успеваемости обучающегося устанавливается степень соответствия уровня его подготовки целям обучения на данном этапе обучения. На основе нечетких правил обучения и информации о текущем уровне успеваемости определяется адаптированное изложение образовательного контента. Анализируя информацию об успеваемости обучающегося, система определяет темы, изучение которых необходимо. Корректируется система навигации и содержание учебного курса. В результате формируется курс, адаптированный к конкретному обучающемуся.

Таким образом, управление обучением на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики позволяет на основе анализа текущей подготовки обучающегося выявить пробелы в знаниях, найти части курса, дополнительное изучение которых позволит устранить эти пробелы, и автоматически перестроить учебный процесс. Данная модель преобразована в имитационную модель.

Контроль успеваемости. «Процедура контроля завершает изучение отдельной темы курса либо всего курса и является одной из наиболее важных функций, выполняемых информационной системой, решая дидактическую задачу диагностики знаний, умений и навыков обучающегося» [6]. Основная функция данного блока – это предъявление диагностических знаний, обеспечение условий для поэтапного выполнения заданий, проверка и оценивание действий обучающегося. DFD-диаграмма декомпозиции контроля успеваемости предложена на рисунке 10.



Нечеткое управление контролем. На основе нечеткой логики анализируется информация об успеваемости обучающегося, поступающая из хранилища «Персональные знания», причем в начале тестирования анализируется успеваемость по изученным темам, при дальнейшем контроле берется в рассмотрение рейтинг студента при текущем тестировании. На основании установленного уровня знаний и нечетких правил тестирования (хранилище «Методические знания») согласно нечеткому запросу определяется тестовое задание необходимой сложности по соответствующей теме. Контролируется количество вопросов и время тестирования (данная информация содержится в хранилище «Предметные знания»), фиксируется информация о начале и конце тестирования (хранилище «Событие»).

Предъявление диагностического материала. По запросу обучающегося происходит поставка диагностического материала из хранилища диагностических знаний обучающемуся, выбранное тестовое задание выводится на экран, запускается счетчик времени. Обучающийся наблюдается в процессе взаимодействия с диагностическими знаниями, фиксируется ответ.

Нечеткая оценка подготовки обучающегося. Ответ обучающегося является входом в процесс оценки его подготовки. Ответ сравнивается с правильным ответом, поставляемым из хранилища диагностических знаний. На основе теории нечетких множеств и отношений формируется информация об оценке степени подготовки обучающегося. Информация о промежуточной оценке направляется в блок управления контролем, итоговая оценка поступает в хранилище информации об успеваемости объекта обучения – хранилище «Персональные знания». Обучающемуся информация о результатах контроля может выводиться на экран как в ходе тестирования, так и только после его завершения.

Заключение

Построенные онтологические модели отражает общие закономерности электронного обучения. Функциональная модель процесса электронного обучения, разработанная на основе онтологии электронного обучения и стандартов IDEF с учетом лингвистической неопределенности представлений педагога о проведении учебных занятий, позволяет более полно отразить профессиональный педагогический опыт в информационной обучающей системе. Система поддержки электронного обучения, спроектированная на основе построенных моделей, позволит приблизить электронное обучение по эффективности и качеству к процессу обучения с педагогом.

Список источников

- [1] О внесении изменений в Закон Российской Федерации «Об образовании» в части применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий: ФЗ от 28.02.2012 г. № 11-ФЗ // Российская газета. – 2012. – 2 марта. – С. 14.
- [2] <http://www.rg.ru/2010/12/01/obrazovanie-dok.html> (Актуально на 5.12.2012).
- [3] Mayes, T. Review of E-Learning Theories, Frameworks, and Models / T. Mayes, S. de Freitas // Joint Information Systems Committee e-Learning Models Desk Study, 2004. – 43 p.
- [4] ГОСТ Р 52653-2006. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения / М.: Стандартинформ, 2007. – 21 с.
- [5] Денисова, И.Ю. Математические модели онтологии базы знаний информационной обучающей системы / И.Ю. Денисова, П.П. Макарычев // Онтология проектирования. – 2012.- №3. – С. 62-78.
- [6] Макарычев, П.П. Информационные обучающие системы / П.П. Макарычев, И.Ю. Денисова. – Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2008. – 160 с.

Сведения об авторах



Денисова Ирина Юрьевна, 1980 г. рождения. Окончила Пензенский государственный университет в 1997 г., к.т.н. (2005). Доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет». В списке научных трудов 30 работ посвящены проблеме автоматизированного обучения.

Denisova Irina Yurevna, (b. 1980). Graduated from the Penza State University in 1997, PhD in Technical sciences (2005). Associate professor «Software and use of the computer» Penza State University. In the list of scientific works of 30 works it is devoted to a problem of the automated training.



Макарычев Петр Петрович, 1942 г. рождения. Окончил Пензенский государственный университет в 1970 г., д.т.н. (1996). Заведующий кафедрой «Математическое обеспечение и применение ЭВМ» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет». В списке научных трудов более 50 работ, посвященных проектированию и разработке информационных систем, в том числе 2 монографии.

Makarychev Peter Petrovich, (b.1942). He graduated from the Penza State University in 1970, doctor of technical science (1996). Head of the Department of «Mathematical software and computer application» Penza State University.

In the list of scientific works of more than 50 works, devoted to the design and development of information systems, including 2 monographs.

УДК 629.7.01

РОБОТ-ПРОЕКТАНТ: ФАНТАЗИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ

**Н.М. Боргест, А.А. Громов, А.А. Громов, Р.Х. Морено, М.Д. Коровин, Д.В. Шустова,
С.А. Одинцова, Ю.Е. Князихина**

*Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)
borgest@yandex.ru*

Аннотация

Концепция создания автоматизированных систем проектирования (САПР) на основе технологии искусственного интеллекта (ИИ) активно разрабатывалась в конце 80-х начале 90-х на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов Куйбышевского авиационного института имени академика С.П. Королева (ныне СГАУ), получив в то время высокую оценку специалистов (см. например, «От редакции» в журнале «Онтология проектирования» № 2, 2012). Результаты этих работ были опубликованы в работе Боргеста Н.М. «Автоматизация предварительного проектирования самолета» в 1992 году. К сожалению, произошедшие в стране перемены приостановили эти исследования, которые возобновились лишь с открытием на кафедре новой специальности («Автоматизированное управление жизненным циклом продукции») и постановки соответствующих дисциплин (в том числе «Онтология производственной сферы», а также «Онтология проектирования» для магистров по направлению «Авиастроение»). В статье представлен современный взгляд на возможность создания автоматических проектантов и приведены полученные авторами результаты по реализации подобных систем на примере предварительного проектирования самолета.

Ключевые слова: *робот-проектант, 3D модель, CAD, матрица проекта, тезаурус, самолет.*

Люди с психологией машинопоклонников часто питают иллюзию, будто в высокоавтоматизированном мире потребуется меньше изобретательности, чем в наше время; они надеются, что мир автоматов возьмет на себя наиболее трудную часть нашей умственной деятельности – как тот греческий философ, который в качестве римского раба был принужден думать за своего господина. Это явное заблуждение.

*Норберт Винер
«Творец и робот»*

Введение

В любой деятельности человека элемент творческого созидания всегда сочетается с элементом рутины. Потребность в творчестве – неотъемлемая черта человека, который стремится к минимизации времени, уделяемого рутине. Для одновременного повышения эффективности труда и роста удовлетворенности от его результатов человек изобретает все новые и новые способы машинного выполнения рутинной работы – от гончарных кругов до сложнейших программно-аппаратных комплексов.

В то же время можно отметить, что процессы автоматизации и роботизации совсем не обязательно превращают деятельность человека в рутину. Уже сейчас в странах, где роботизация и автоматизация производства, включая офисный, управленческий труд, находятся на достаточно высоком уровне и носят массовый характер, отчетливо прослеживаются тенденции, содействующие творчеству как отдельных работников, так и более высокой творческой ориентации целых коллективов. Это наглядно видно, например, в промышленности Японии [1]. На многих предприятиях с ослаблением вертикального построения систем управления со строгой иерархией развивается горизонтальное взаимодействие. Это позволяет отдельным производителям и коллективам постоянно заниматься творческим усовершенствованием технологического процесса, изделий, форм организации и т. д. Можно уже сейчас констатировать, что роботизация и автоматизация совсем не ведут к монотонности, однообразию трудовых процессов и снижению творческого потенциала работников.

1 Обзор систем интеллектуальной поддержки

С развитием вычислительной техники, как аппаратного, так и программного её компонентов, становится возможной автоматизация широкого круга задач, ранее считавшихся доступными исключительно человеку – моделирование целесообразного поведения, решение задач распознавания объектов, решение задач по принятию решения и т. п.

Основой автоматизации подобных процессов является эвристическое программирование, состоящее в построении алгоритмов и программ на основе анализа деятельности человека при решении таких задач. Человек формирует решение на основе анализа модели проблемной ситуации, над которой он может проводить необходимые операции (обобщение, абстрагирование, индуктивные построения, рассуждения по аналогии и т. д.). Современный уровень развития вычислительных средств не позволяет осуществить отображение в памяти машины адекватной модели внешнего мира, поэтому машина может только имитировать творческую деятельность, исполняя заложенный в нее алгоритм. Однако помочь машины может оказаться очень полезной при организации перебора, позволяющего находить различные варианты решения творческой задачи. Для того чтобы деятельность машины была эффективной, необходимо тщательно изучить алгоритмизируемый процесс и выявить все основные приемы, использование которых может привести к цели. На основании данного принципа было построено несколько успешных систем, занимающихся, например, научной деятельностью.

DENDRAL – компьютерная программа, разработанная в 60-е годы XX века, которая использовала знания в области химии для анализа результатов работы масс-спектрометра. В ней применялся эвристический алгоритм поиска химических соединений, ответственных за определенную часть спектра. Это первая программа, предназначенная для автоматизации научной деятельности. Её модификация Meta-DENDRAL стала первой экспертной системой научного формулирования гипотез [2].

EURISKO – эвристическая система искусственного интеллекта, разработанная в 1970-е годы для проведения математических исследований. В частности, при помощи данной системы успешно решались задачи оптимизации структуры микроконтроллеров [3].

KEKADA – еще один пример эвристической системы, способной выдвигать гипотезы и планировать эксперименты. С использованием данной системы было смоделировано открытие Кребсом мочевины [4]. Недостатком этой системы, как и вышеперечисленных, было недостаточное количество информации в её базе знаний и необходимость добавления дополнительной эвристики для продолжения исследований.

BACON [5], ABACUS [6], Fahrenheit [7] и IDS [8] - это автоматические системы, способные на основании введенных данных или математического описания эксперимента формулировать научные законы в форме алгебраических уравнений. Существуют более современные системы, которые используют итеративные циклы для получения законов движения тел по результатам наблюдения за перемещением объекта [9].

Важным этапом в создании полноценного робота-ученого является реализация самообучения, когда робот в состоянии осуществлять коррекцию собственного алгоритма работы на основе полученных им самим данных.

Современные вычислительные системы нуждаются в развитых базах данных. Научная деятельность все больше и больше зависит от эффективного управления данными [10]. Формализованная запись экспериментальных данных и метаданных позволяет создавать более качественные модели, а также упростить повторное использование подобной информации.

Полная автоматизация робота-ученого требует реализации замкнутого циклического обучения (рисунок 1), когда компьютер не только анализирует результаты, но и способен использовать информацию, полученную в процессе собственной работы, для коррекции своего поведения на следующем цикле выполнения задачи [11].

Подобные системы имеют ряд преимуществ перед человеком: их поведение формализовано и полностью документировано, они могут предоставлять полное описание процесса принятия того или иного решения, они способны обрабатывать огромные объемы информации с использованием сложных моделей и получать результат в короткие сроки и им не нужно отдыхать.

Одним из наиболее результативных современных роботов – исследователей является Adam – робот для биомедицинских исследований. Его первый вариант был построен в

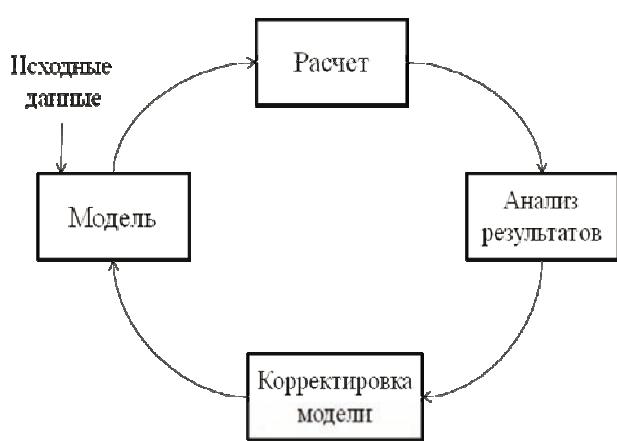


Рисунок 1 – Замкнутый цикл обучения

2005 году. Помимо программной части робот имеет в своем распоряжении специальный набор лабораторного оборудования, с которым он взаимодействует при помощи трех «рук».

Adam выдвинул 20 гипотез и успешно подтвердил 12 из них [12]. Для классификации и формализации данных, полученных при экспериментах Adam, используется онтологическая система LABORS, представляющая собой переработанный под специфику работы робота вариант системы EXPO на основе языка OWL [13].

Системы интеллектуальной поддержки не ограничиваются роботами-исследователями. В последние годы системы автоматического проектирования находят все более и более широкое применение в промышленности, особенно в области проектирования электроники. Компания Intel более 25 лет занимается созданием автоматов, которые бы могли проектировать многослойные процессоры [15]. Автоматические системы поддержки механического проектирования в настоящее время существуют лишь в виде небольших систем, содержащих полностью параметризованные описания относительно простых объектов (кронштейнов, элементов крепежа, баков) [16, 17].

Наряду с «тяжелыми» системами интеллектуальной поддержки в предметных областях научных исследований и проектной деятельности, в последнее время интенсивно развиваются системы интеллектуальной поддержки повседневных тривиальных действий, реализуемых, как правило, на основе мобильных платформ. В качестве ярких примеров можно отме-

тить проект Siri компании Apple и множественные проекты на платформе Android, например разработанный компанией iFree «мобильный интеллектуальный помощник». Подобные системы позволяют взаимодействовать с телефоном в режиме диалога, в автоматическом режиме распознавая и выполняя запросы пользователя [26].

2 Автоматическое проектирование

2.1 Обзор подходов к автоматическому проектированию

Современный подход к проектированию требует постоянного повышения эффективности, как в сокращении сроков разработки, так и в повышении качества изделия. Уже в последние десятилетия 20 века фокус в проектировании самолета от классического «дальше, быстрее, выше несмотря на затраты» сместился к максимальному повышению экономической эффективности при высоких показателях экологичности.

Одновременно существует два тренда – повышение сложности самолетов и рост потребности в модификациях под конкретных пользователей. Усложнение задач, стоящих перед конструкторами, требует новых подходов к проектированию.

Появление первых программ для автоматизации проектирования относится к началу 60 годов. За время, прошедшее с момента своего появления, САПР непрерывно развивались – появлялась и усложнялась машинная графика, повышалась точность и эффективность вычислительных алгоритмов, отдельные программы для решения частных задач объединялись в сложные программные системы, расширялась область применения САПР.

Современные САПР из инструмента постепенно становятся «партнером» проектанта. Высокая степень формализации процессов проектирования позволяет компьютерным системам выполнять все больший и больший набор функций. На сегодняшний день умение работать с САПР – необходимый навык современного инженера. Современные САПР – программные комплексы, имеющие, как правило, сложный интерфейс, что значительно усложняет процесс их освоения. Для преодоления этой проблемы ведущие разработчики САПР ставят перед собой задачу разработки системы, способной общаться с пользователем на триадальном языке с минимальным использованием классических оконных интерфейсов. Важной при этом видится задача создания системы, способной к взаимодействию именно на триадальном языке, что требует внедрения в процессор распознавания речи специфического набора синонимов и профессионализмов, которые бы значительно повысили легкость освоения системы. Исследователи из Университета Гонконга [14] предложили следующую схему реализации общения между CAD системой и проектантом (рисунок 2).

Переход от формального к триадальному языку общения с САПР позволяет значительно повысить привлекательность и эффективность системы в первую очередь за счет резкого снижения времени, потребного на её освоение. На сегодняшний момент обучение пользователю САПР может занимать значительное время и требовать от пользователя помимо общих инженерных навыков наличия специализированных знаний, касающихся взаимодействия с САПР.

Для современных САПР характерно использование элементов искусственного интеллекта. К сожалению, текущий уровень развития вычислительных средств не позволяет создать систему на основе искусственного интеллекта, которая бы была в состоянии синтезировать принципиально новые решения. Для создания такой системы необходимо качественное изменение архитектуры компьютеров. Современные вычислительные средства позволяют эффективно решать задачи выбора из заранее представленных вариантов и оптимизации под конкретный случай, что вполне достаточно для решения практических задач.

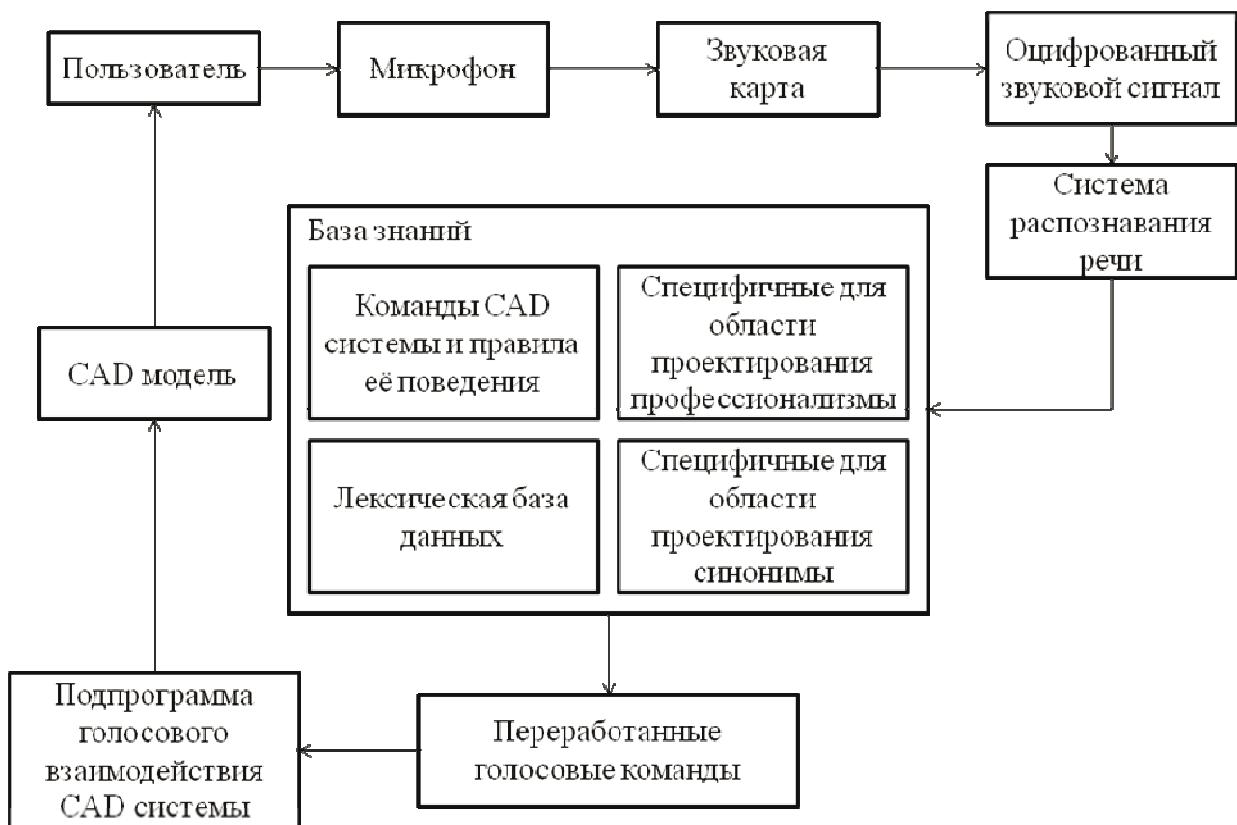


Рисунок 2 – Модель голосового управления CAD системой на тривиальном языке

При условии достаточной формализованности процесса, уже сегодня можно создать компьютерную систему, которой по силам параметрическая, в том числе и структурная оптимизация неких заранее описанных моделей объектов, систем и процессов. Оптимизация происходит в заданном направлении, при этом из метамодели изделия, которая создается заранее и включает в себя множество возможных интерпретаций конечного изделия, постепенно выделяется конкретное представление (изделие), максимально удовлетворяющее заданным условиям. Известно, что конструирование - это сфера деятельности, в которой широко применяются эвристические решения, что значительно усложняет задачу создания систем автоматического проектирования. Однако, при тщательном рассмотрении, оказывается, что для типовых изделий, незначительно отличающихся от вариации к вариации, возможно создание полного формального описания процесса проектирования. Для большинства ситуаций выбора существует возможность предварительного задания поведения системы на основе определенных критериев. В итоге система, не обладающая интеллектом, все же может решать задачи, обычно относящиеся к задачам, решаемым исключительно человеком.

Таким образом, можно переложить часть рутинной работы проектанта с человека на вычислительный комплекс, оставив человеку принятие ключевых решений и общий контроль за проектированием с возможностью коррекции процесса в любой момент времени. Реализация такой системы невозможна без глубокой проработки метамоделей, осуществляемой на этапе подготовки системы к расчету. Создание таких метамоделей – задача, требующая высокой квалификации и опыта, так как свойства метамодели в значительной степени определяют функциональные возможности робота – проектировщика.

2.2 Преимущества автоматического проектирования

Внедрение автоматических систем - это сложный и дорогостоящий процесс, иногда требующий значительных затрат времени, однако автоматизация часто возникающих типовых задач способна значительно повысить временную и экономическую эффективность работы проектанта. Применение систем автоматического проектирования в некоторых областях позволяет снизить время, потребное для разработки стандартных деталей на 95%. Высокая эффективность автоматических CAD систем достигается благодаря следующим преимуществам [16-18]:

- сокращение времени на проектирование;
- сокращение времени на проработку (моделирование, чертежи, спецификации);
- сокращение количества ошибок (отсутствие ошибок при выверенном алгоритме) / снижение негативного влияния человеческого фактора;
- освобождение инженеров от выполнения повторяющихся типовых задач;
- возможность в кратчайшие сроки получать приблизительный анализ стоимости изделия;
- возможность за минуты получать CAD модели и чертежи;
- возможность закладывания в модель корпоративных стандартов и принципов проектирования, уменьшение влияние личности проектанта на характеристики конечного продукта;
- возможность участия специалистов, не владеющих навыками работы с CAD/CAE системами;
- простота обмена информацией между отделами;
- возможность удаленной работы с системой через компьютерные сети;
- простота управления данными;
- простота отслеживания хода проектирования;
- автоматизация процесса в целом эффективнее автоматизации отдельных его составляющих;
- возможность накопления статистических данных в системе для повышения её эффективности.

На сегодняшний день существует несколько систем-помощников проектанта разной степени автоматизации – от реализации отдельных этапов до систем, в автоматическом режиме производящих все расчеты и выдающих пользователю готовые наборы чертежей как результат своей работы. К сожалению, полностью автоматические системы существуют пока только для относительно простых изделий (кронштейны, балки и т.п.).

3 Робот–проектант самолета

В качестве предметной области для реализации робота-проектанта (РП) было выбрано предварительное проектирование самолета. С одной стороны - это сфера деятельности, которая всегда требовала творческих решений, с другой – многие процедуры и операции на этом этапе проектирования достаточно хорошо формализованы и алгоритмизированы. Результатом работы РП является модель изделия. Она состоит из двух взаимосвязанных частей – матрицы проекта с логикой расчета (в текущем варианте выполненной на основе таблиц MS Excel) и параметризованной трехмерной модели, которая автоматически меняет собственную конфигурацию в зависимости от данных, содержащихся в матрице проекта [23].

Стадия предварительного проектирования включает разработку общей концепции проектируемого объекта, составление концептуальных моделей элементов объекта, формирование технико-экономического обоснования, формирование задания на проектирование, подготовку проектного процесса [24].

Описание объекта, формируемое на стадии предварительного проектирования, включает его конструктивную схему, приближенные оценки массы и габаритных размеров, энергопотребления, показателей надежности. В ответственных случаях необходимо изготовление и испытание макетных образцов проектируемых изделий.

Робот-проектант – это компьютер с периферийными устройствами, инструментарии, включающие в себя речевые программы, языки описания, СУБД, CAD системы, редакторы онтологий, и база знаний, как совокупность тезауруса, баз данных, правил и процедур, включая нормативные документы и стандарты, со сценариями проектирования.

На рисунке 3 представлена структурная схема работы робота-проектанта [19]. Предполагается, что робот-проектант может работать в автоматическом режиме или в режиме интеллектуального помощника проектанта-человека. При этом степень участия человека в процессе расчета не является постоянной величиной и зависит от желания конкретного пользователя. Иными словами, для каждого оператора предварительно или динамически в процессе работы создается сценарий общения, включающий в себя степень автоматизации расчета, выбор предпочтительных устройств ввода-вывода данных, необходимость выполнения тех или иных этапов расчета. Таким образом, вид интерфейса робота-проектанта зависит от предпочтений конкретного пользователя.

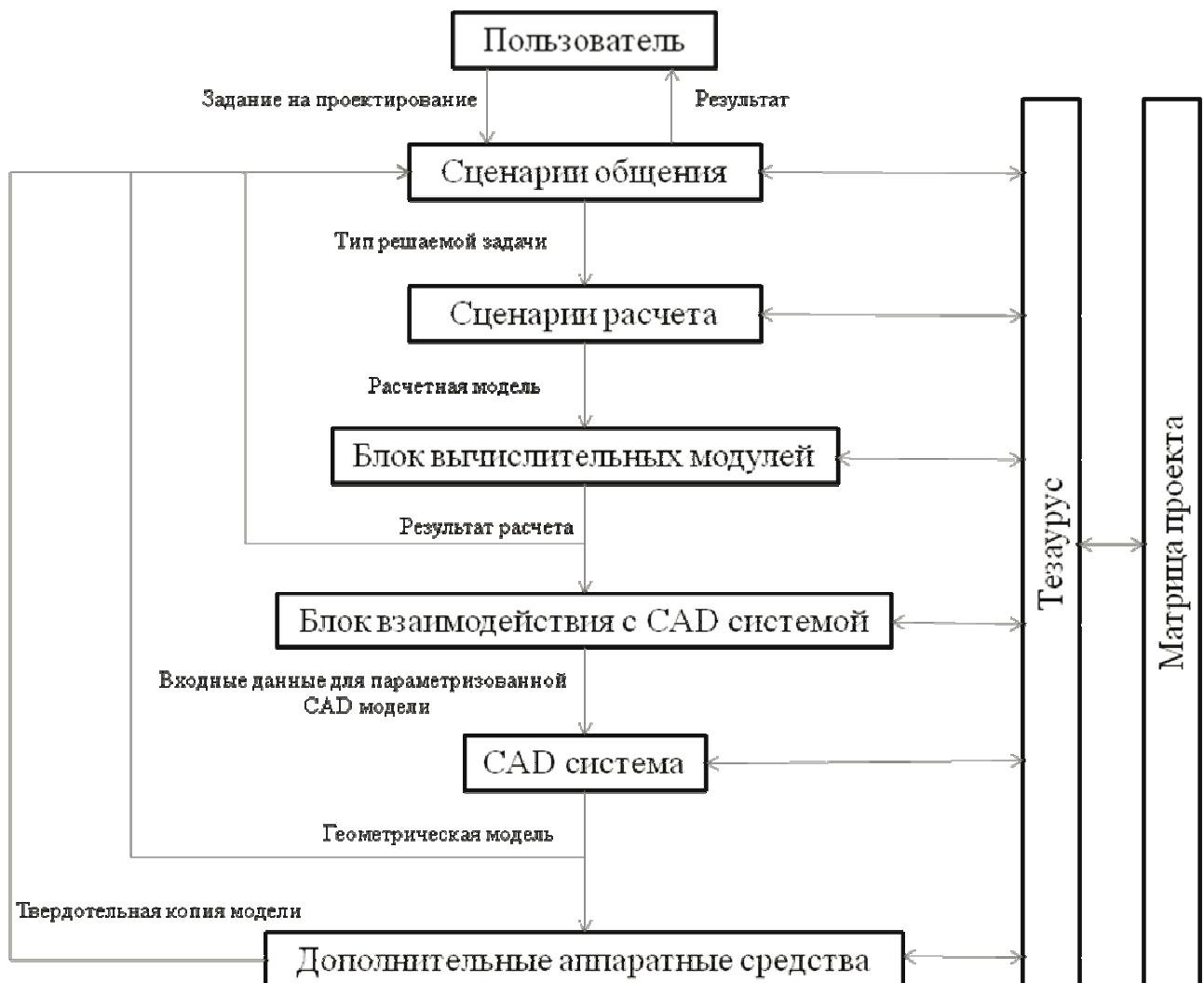


Рисунок 3 - Структурная схема робота-проектанта

3.1 Матрица проекта

Математическая модель объекта хранится в виде матрицы проекта. Матрица проекта содержит в себе все описание объекта, соответствующее определенному этапу его проектирования. Структура матрицы проекта контурно напоминает морфологическую таблицу, позволяющую вместить все возможные реализации проектируемого объекта.

Существует несколько способов заполнения матрицы проекта, аналогичных способам получения необходимой информации конструктором-человеком: использование внешних баз данных – для нахождения справочной информации: выбор информации на основе трендов, построенных на основании статистики; математический расчет необходимых параметров летательного аппарата на основе выявленных физических закономерностей и зависимостей.

Заполнение матрицы начинается с внешних параметров из технического задания на проектирование самолета. РП в автоматическом режиме инициирует выполнение определенных модулей по мере доопределения их входных данных, то есть, как только в матрице появляется достаточно данных для выполнения некоторого модуля, он начинает выполняться. Выполнение независимых модулей может идти параллельно.

Структура матрицы проекта формируется динамически, то есть количество и длина её строк являются переменной величиной, зависящей от текущей интерпретации метамодели (рис. 4)

В силу того, что процесс проектирования всегда является итерационным, матрица проек-

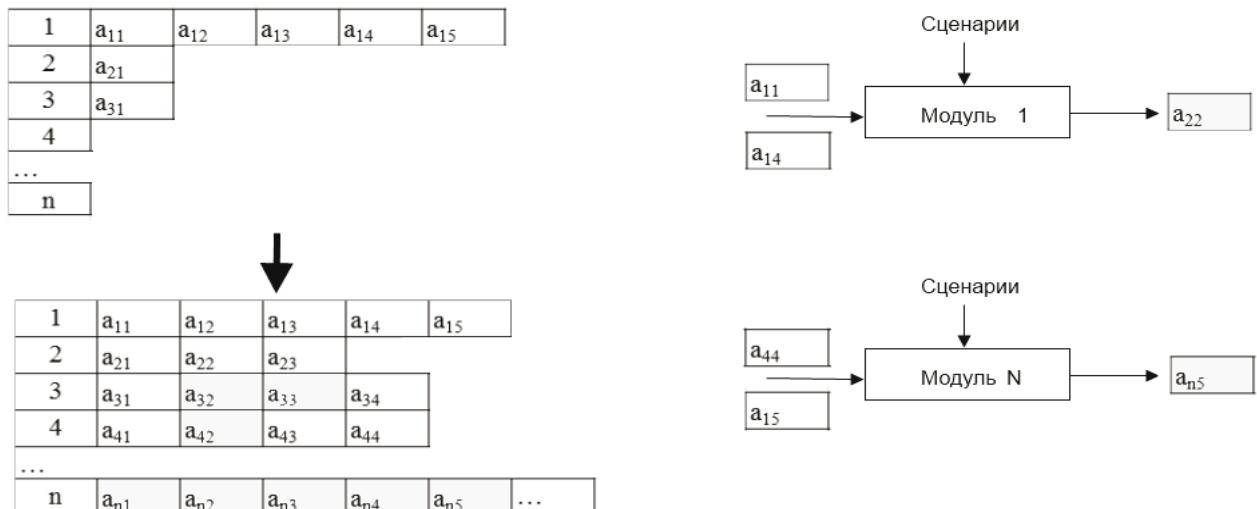


Рисунок 4 – Пример процесса заполнения матрицы проекта

та имеет динамически меняющуюся структуру. С целью предотвращения неоднозначности её интерпретации необходимо обеспечение семантически и синтаксически точной идентификации её данных. Использование данных, полученных при неизвестных (неоговоренных) условиях, приведет к неверной оценке самих этих данных и, в итоге, к неверной результатов проектирования [25].

3.2 Тезаурус

В качестве основы метамодели используется тезаурус предметной области. Тезаурус представляет собой систематизированную совокупность понятий определенной отрасли науки, отражающих логические связи между терминами (рисунок 5). Эти связи основываются на классовой иерархии, родо-видовых и ассоциативных связях.

Тезаурус дает единые, исчерпывающие и непротиворечивые данные о конкретном объекте.

Целями использования тезауруса в РП являются [20, 21]:

- обеспечения общей терминологии для предметной области с целью совместного использования всеми пользователями;
- получение точных и непротиворечивых определений каждого термина;
- обеспечение задания семантики с помощью множества аксиом, которые автоматически позволяют получать ответ на множество вопросов о предметной области

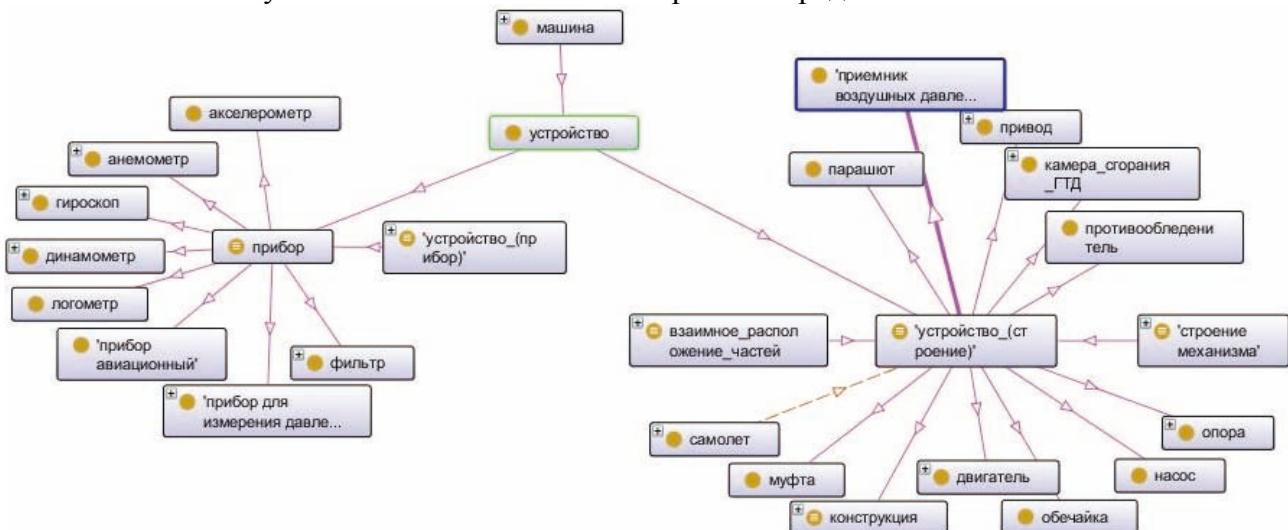


Рисунок 5 – Пример классов тезауруса «Предварительное проектирование самолета» [21]

Помимо задач интеграции тезаурус может использоваться как основа для реализации голосового интерфейса. Содержимое тезауруса может быть использовано в качестве ключевых слов для подпрограммы голосового взаимодействия. При этом возникает ряд проблем, в частности, наличие в предметной области сущностей, обозначаемых одним словом, но имеющих разные значения. Для облегчения работы с синонимами и решения вопросов, касающихся эквивалентности классов в данном случае, было решено указывать значение, в котором употребляется данный термин, с помощью пояснительных слов. На рисунке 6 приведен пример использования пояснительных слов для класса «Устройство».

Таким образом, в графическом виде класс «Устройство» как «прибор» и как «строение механизма», будет иметь следующий вид (см. рисунок 5). Использование пояснительных слов является рациональным способом выхода из ситуации, когда имеются два или более синонимичных слова (см. рисунок 6).

Тезаурус, несмотря на использование ГОСТов, ОСТов и профессиональных словарей, является субъективным продуктом, так как у каждого человека существует собственное представление предметной области. Для повышения эффективности работы системы и защиты от ошибок, вызванных отсутствием семантической определенности или её ошибочной интерпретации, необходимо обеспечивать подстройку тезауруса под конкретного пользователя, включая режимы обучения пользователя и самообучения системы.

Заполнение матрицы проекта в автоматическом режиме предполагает реализацию подсистемы интеллектуальной обработки информации и интеллектуального поиска в базах данных. Это накладывает определенные ограничения на структуру и объем баз данных – с одной стороны, они должны быть достаточно объемными для отыскания в них закономерностей, с другой - не должны быть слишком большими, так как это значительно увеличит время на их обработку.

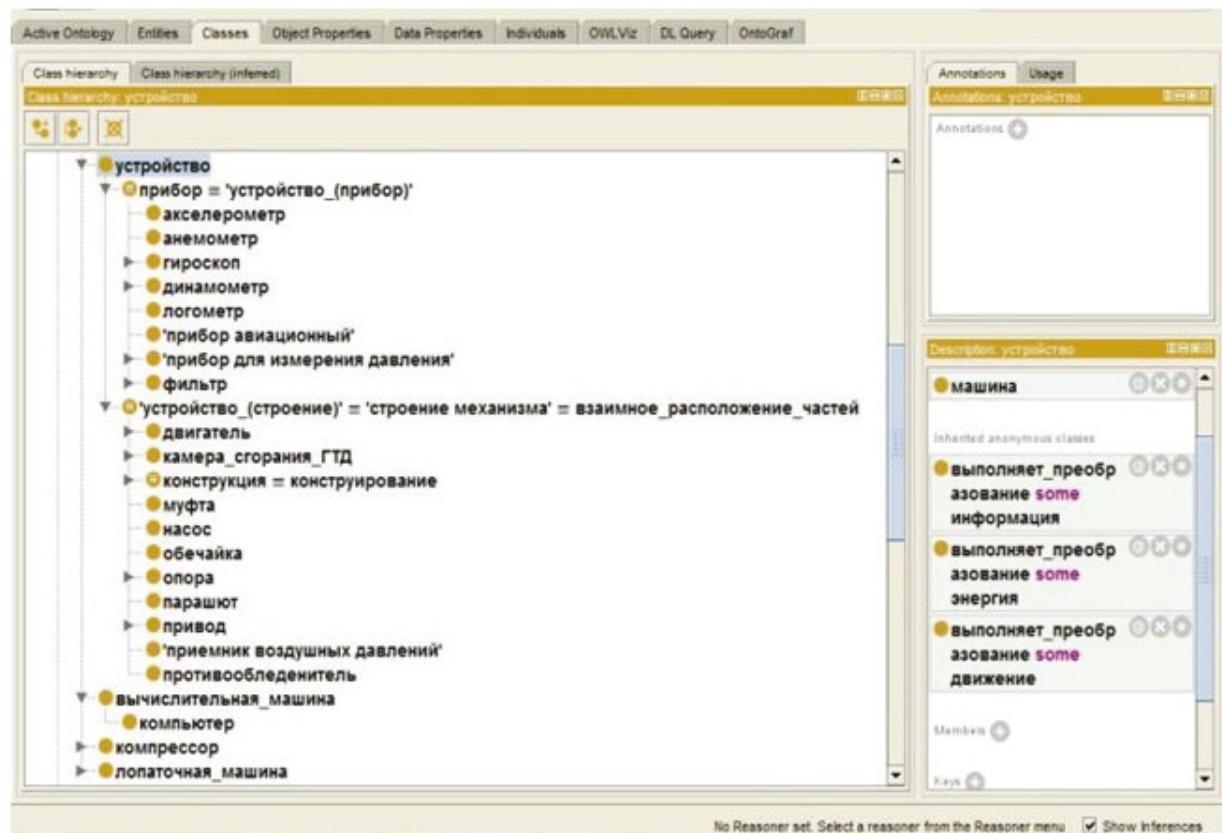


Рисунок 6 – Пример использования пояснительных свойств для класса «устройство» [21]

3.3 Интерфейс



Рисунок 7 – Общий вид многоэкранного интерфейса робота-проектанта самолета

На рисунке 7 представлен общий вид интерфейса робота-проектанта. Робот-проектант имеет несколько возможных способов общения с пользователем – помимо классического управления при помощи мыши и клавиатуры реализуется голосовое управление посредством имеющегося программно-аппаратного обеспечения.

Многоэкранный интерфейс позволяет одновременно контролировать множество параметров расчета и, при необходимости, вносить в процесс собственные корректизы. Проектирование – процесс всегда итерационный. Это связано с тем, что начиная от этапа постановки задачи, до принятия окончательных решений невозможно определить и согласовать все взаимосвязанные и взаимозависимые данные между собой. Отсюда потребность для проектанта иметь возможность видеть весь процесс проектирования объекта или в нашем случае – процесс заполнения матрицы проекта [22].

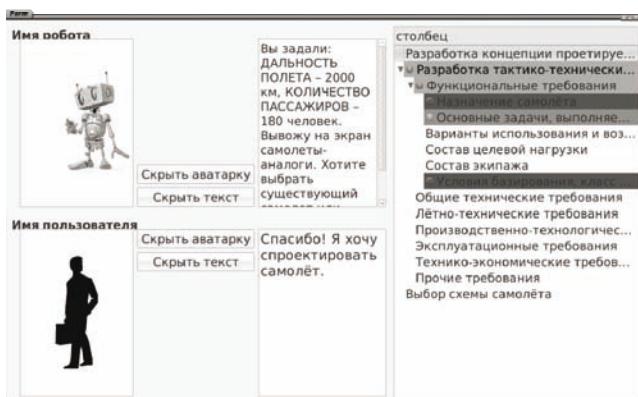


Рисунок 8 – Экран диалога

Первый экран – экран, на котором идентифицируется проектант, дублируется в текстовом виде диалог робота и проектанта, а также в иерархическом виде представлен сценарий проектирования в виде перечня решаемых последовательно задач (см. рисунок 8). На этом экране отображается информация из технического задания на проектирование самолета, данный экран является стартовым и с него осуществляется управление всем интерфейсом, также при необходимости на нем выбирается сценарий общения пользователя с роботом-проектантом.

Следующий экран (рисунок 9) – экран прототипов. На нем отражены возможные готовые решения сформулированной на первом экране проблемы, найденные роботом-проектантом в собственной базе данных. В случае, если пользователя удовлетворяет предлагаемый вариант, найденное решение принимается в качестве финального результата. Если же пользователя не устраивают готовые решения, робот-проектант инициирует выполнение предварительного проектирования конструкции с учетом предпочтений пользователя.

Если в процессе работы робота-проектанта возникает необходимость принятия решения человеком, система предоставляет ему необходимую для этого информацию, обработанную для максимально наглядного представления. Например, РП демонстрирует основные тренды зависимостей между определенными параметрами (см. рисунок 10). Проектант, наблюдая принятые на основе обработанной статистики значения параметров и понимая суть решаемой задачи, имеет возможность внести свои корректизы.



Рисунок 9 – Экран прототипов



Рисунок 10 – Экран принятия решения

На рисунке 11 представлен экран выбора комплектующих на примере выбора двигателя. Для самолета на этапе предварительного проектирования, как правило, осуществляется выбор двигателя, колес шасси, воздушного винта, если схема самолета предполагает его наличие, и т.п.. Узлы и агрегаты выбираются на основании анализа их технических и экономических характеристик, производственных и организационных возможностей. Данная задача может решаться в автоматическом режиме, но если пользователь на основании личных соображений хочет внести корректировки в этот процесс, ему предоставляется такая возможность.

Одним из ключевых экранов является экран демонстрации 3D модели (рисунок 12). В за-

Table data:

Название	Тип	Масса	С	Стоимость	
1 Тех.з...		10000	2000	0,7	-
2 НК-12		11000	1900	0,8	-
3 НК-86		12000	1950	0,65	-
4 РВ211		14000	1850	0,69	1000000

Рисунок 11 – Экран выбора комплектующих

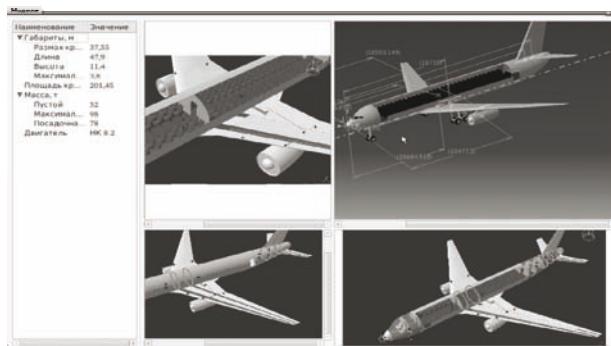


Рисунок 12 – Экран представления 3D модели

висимости от необходимости он может занимать несколько физических экранов для большего удобства восприятия. На нем происходит отображение в различных вариантах трехмерной геометрической модели самолета, полученной в автоматическом режиме по результатам проектировочного расчета.

Для повышения удобства работы пользователя возможно представление 3D модели одновременно на всех экранах. В этом случае значительно повышается наглядность представления за счет более высокого разрешения экрана при большой диагонали монитора (рисунок 13).



Рисунок 13 – Представление модели крыла самолета на нескольких экранах

Помимо общего вида самолета РП определяет конструктивно-силовую схему и автоматически проводит центровку самолета (рисунок 14).

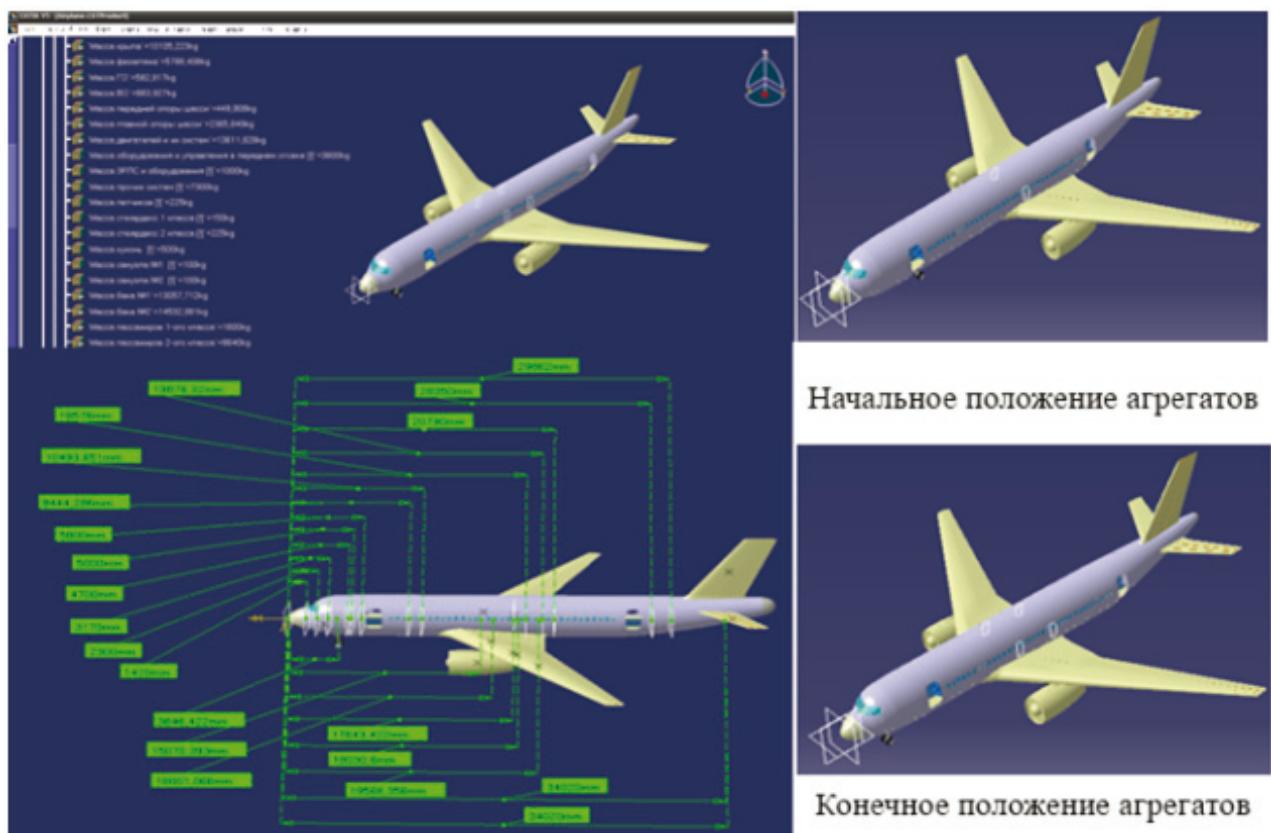


Рисунок 14 – Экран центровки самолета

3.4 Сценарии расчета

Задача аналитического проектирования самолета требует построения математической модели изделия, которая характеризуется **совокупностью внешних параметров** (требования технического задания на проект самолета: масса и другие параметры полезной нагрузки; потребная дальность полета; крейсерская скорость; класс аэродрома базирования и, соответственно, длина и ширина взлетно-посадочной полосы, её характеристики; категория и параметры системы автоматической посадки на аэродроме базирования и т. д.); и **совокупностью внутренних параметров** (параметры самолета, определяемые в процессе решения задачи: прежде всего, взлетная масса, удельная нагрузка на крыло, стартовая тяговооруженность, аэродинамические характеристики, размеры самолета и его агрегатов, состав и параметры систем и т. д.), а так же **целевой функцией** (критерием или критериями эффективности), позволяющей выбрать среди альтернативных проектов лучший, обеспечивающий экстремальное значение целевой функции.

Робот-проектант в силу программно – аппаратных ограничений пока не способен самостоятельно синтезировать принципиально разные варианты конструктивно-силовой схемы, поэтому система использует те варианты конструкции, которые предварительно были в ней описаны.

РП позволяет провести анализ ряда вариантов схем и компоновок пассажирского самолета и, самостоятельно или, если требуется, на основе диалога с проектантом, выбрать вариант, наиболее полно отвечающий техническим требованиям заказчика. Робот-проектант имеет модульную схему – отдельные подзадачи (например, определение удлинения крыла или его массы) решаются отдельными подпрограммами, выполнение которых инициируется роботом по заданной логике.

Совокупность используемых в решении конкретной задачи расчетных модулей формирует сценарий расчета. Он зависит от типа решаемой задачи, степени вовлеченности человека в процесс работы робота-проектанта, а так же от выбранного метода расчета.

Решение задачи предварительного проектирования самолета требует создания его математической и геометрической моделей. Модели строятся на основе обработки исходных данных технического задания на проектирование по сформированному сценарию расчета. Непосредственное вычисление параметров будущего самолета производится отдельными расчетными модулями, которые получают необходимую информацию из матрицы проекта и возвращают в нее результат своей работы. Выполнение конкретного модуля инициируется при условии достаточности входных данных для этого модуля, при этом входом одних модулей может являться выход других. Выполнение независимых модулей может идти параллельно. Модульная структура вычислительной подсистемы позволяет реализовать возможность выбора среди нескольких методов расчета, а так же при необходимости комбинировать их.

3.5 Блок связи с CAD системой и 3D модель

База данных робота-проектанта содержит в себе статистическую информацию, в данном случае о самолетах. На основе этой информации система строит тренды, что позволяет корректно подбирать значения недоопределенных параметров в автоматическом режиме на основе статистики. Помимо статистической информации база данных робота-проектанта включает в себя каталоги некоторых деталей и агрегатов, а так же необходимую для расчетов справочную информацию, например, параметры международной стандартной атмосферы, параметры аэродинамических профилей и пр.

По данным, взятым из технического задания, явно определенным пользователем и, если необходимо, определенным автоматически, робот-проектант вычисляет основные характеристики будущего самолета и производит весовой расчет в первом приближении. Далее, в зависимости от типа силовой установки вычисляется потребная тяго- или энерговооруженность, при этом робот-проектант исходя из заложенных правил «самостоятельно» выбирает максимальное потребное значение с учетом коэффициента запаса.

Производится расчет массы конструкции второго приближения. «Прорабатывается» топливная система, осуществляется «выбор» силовой установки по потребной тяговооруженности, вычисляется масса оборудования и т.п.. На основе перечисленных параметров рассчитывается взлетная масса во втором приближении; далее она сравнивается с взлетной массой, полученной на предыдущем этапе расчета, и, если разница между ними значительная, происходит повторное вычисление массы второго приближения на основе изменившихся данных. В противном случае система продолжает дальнейший расчет характеристик самолета: определяется потребный объем топлива и, соответственно, объем топливных баков и т.п.

Следующим этапом является подетальный расчет массы всех агрегатов. По его завершению робот-проектант осуществляет центровку самолета (рисунок 14) на основе данных проведенного весового расчета.

Определение параметров крыла, выбор его механизации и органов управления начинается с выбора аэродинамического профиля, который осуществляется РП в созданном каталоге

профилей, содержащем координаты поверхностей профилей в относительных величинах для крыла и оперения.

Параллельно с крылом осуществляется расчет фюзеляжа и силовой установки. По завершению расчета компонентов производится аэродинамический расчет самолета в целом, расчет его топливной и предварительный расчет экономической эффективности.

На основании данных, полученных при расчете агрегатов, робот-конструктор строит параметризованный трехмерную модель самолета в системе CATIA.

В РП параметризованный 3D модель самолёта была создана в системе CATIA V5 R19, являющейся современной САПР с последовательной объектно-ориентированной архитектурой. Набор имеющихся в ней инструментов, арсенал которых включает возможность формулировки правил взаимосвязи параметров, проверку накладываемых условий проектирования и создание аналитических зависимостей для автоматической реализации функций проектирования, позволяет создавать сложные параметрические модели объектов, в том числе, частей самолёта в виде шаблонов (рисунок 15).



Рисунок 15 – Параметризованный каркас горизонтального оперения¹

Шаблон в понятиях CATIA представляет собой структуру построений, определяемую проектировщиком, геометрические параметры которой зависят от накладываемых условий, правил и ограничений. При использовании шаблонов проектировщику требуется лишь ввести исходные данные, и на их основе строятся элементы или целые конструкции по заложенным в них алгоритмам, генерируя результат, который можно использовать в дальнейшем проектировании. Шаблоны дают возможность однажды созданные алгоритмы применять повторно к другим построениям, получая при этом новый результат.

В представленной работе в качестве инструмента автоматизации использовались шаблоны типа UDF (User-Defined Feature), которые представляют собой особый вид примитивов САПР CATIA, внутри которых может находиться любое количество деревьев построения, связанных с любым количеством средств автоматизации CATIA. Например, это могут быть несколько наборов данных с формулами, правилами и реакциями на события, которые в UDF будут представлены одним элементом и несколькими примитивами вывода результатов работы шаблона со своими деревьями параметров и персональными диалоговыми окнами.

¹ Расположение нервюр рулевой поверхности и неподвижной части агрегата не согласовано в представленной на рисунке модели РП (*Прим. рецензента*)

Модель состоит из макропримитивов, разбивка на которые осуществляется поагрегатно – крыло, фюзеляж, оперение и т.п. При этом каждый макропримитив состоит из нескольких частей, например, фюзеляж строится из трех компонентов – носовой части, цилиндрической части и хвостовой части, каждая из которых имеет собственные размерные характеристики.

Наряду с аэродинамической и весовой компоновкой, конструктивно-силовой схемой, важной является также модель компоновки внутреннего пространства. Многовариантность размещения пассажирских кресел, служебно-бытовых помещений и т. п. делает задачу их компоновки достаточно трудоемкой. Геометрия пассажирской кабины самолета в значительной степени определяет его размеры и, следовательно, аэродинамические, массовые и экономические характеристики. Диаметр фюзеляжа выбирается из условия получения минимального миделева сечения при выполнении компоновочных требований.

На рисунке 16 представлен вариант компоновки пассажирского салона, полученный в автоматическом режиме. РП автоматически определяет оптимальное количество кресел в ряду, исходя из размеров фюзеляжа и заданного класса салона. В случае необходимости робот может решить обратную задачу – по заданному количеству мест в ряду подобрать минимальное сечение фюзеляжа, при этом автоматически происходит перерасчет изменившихся характеристик и перестраивается 3D модель. Это важно в силу того, что процесс выбора компоновки пассажирского салона, как и большинство процессов предварительного проектирования самолета, является итерационным, и возможность в реальном времени отслеживать последствия вносимых в компоновку изменений значительно повышает эффективность процесса [23].

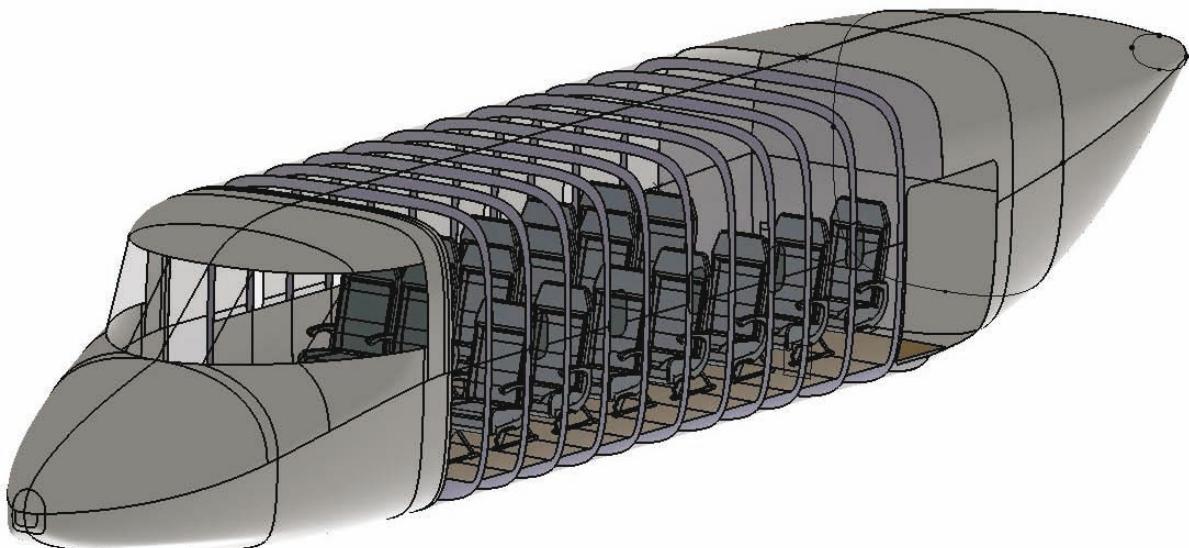


Рисунок 16 – Пример компоновки пассажирского салона регионального самолета

Крыло самолета строится по четырем сечениям (центральному, первому промежуточному, второму промежуточному и концевому), взятым из базы данных робота-проектанта, при этом из относительных координат профиль пересчитывается в абсолютные под конкретное значение длины хорды проектируемого самолета в нужном сечении. Затем по построенным сечениям строятся плоскости, ограничивающие геометрическое место крыла на основе параметризованной проволочной геометрии (рисунок 17).

По завершению построения внешних обводов крыла запускается расчет конструктивно-силовой схемы. Положение и количество лонжеронов задается пользователем или берется из статистики, из базы знаний или прототипа. Далее происходит вычисление потребного количества и положения нервюр. Нервюра представляет собой параметризованный шаблон, который после задания ему положения узловых точек принимает нужную форму и размер (рису-

нок 18). Законченная модель крыла передается как макропримитив для построения модели самолета в целом. После доопределения необходимых параметров каркас элементов приобретает законченный вид (рисунок 19). При необходимости элементы такого каркаса могут быть переданы в САЕ систему с целью их последующего конечно-элементного расчета (рисунок 20). При необходимости, отдельные элементы могут заменяться на более детализированные, что обеспечивает гибкость модели и широкие возможности, а так же удобство её применения.

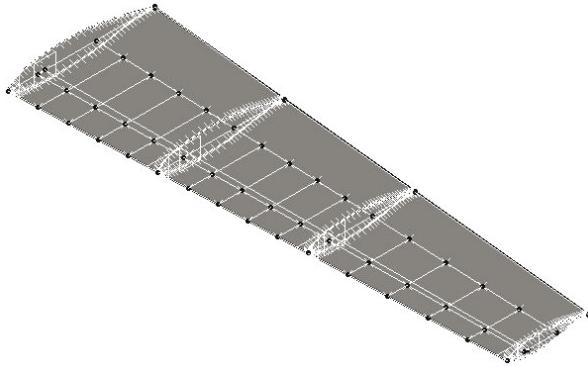


Рисунок 17 – Построение внешней поверхности крыла

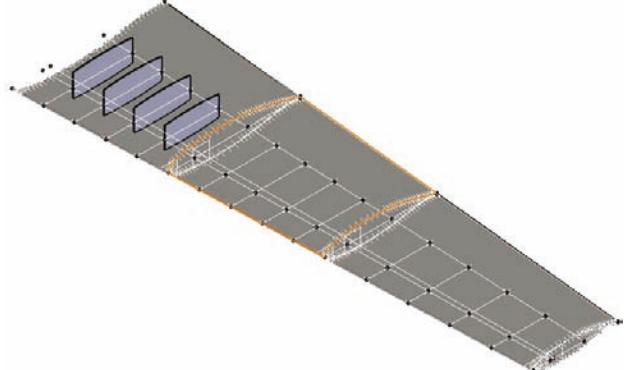


Рисунок 18 – Построение силового каркаса

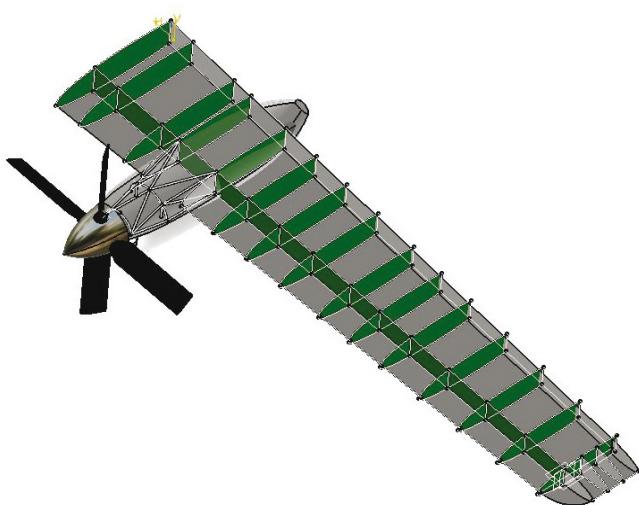


Рисунок 19 – Пример компоновки пассажирского салона

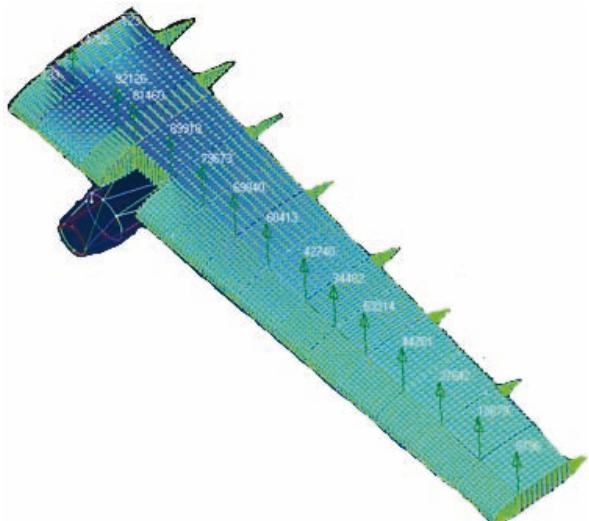


Рисунок 20 – Расчет силового каркаса

Аналогичным образом происходит построение моделей шасси, моторамы, двигателей, оперения и фюзеляжа.

Готовая модель (рисунки 21, 22) может быть использована в качестве основы для последующего конечно-элементного расчета, автоматического формирования чертежей, а также для проведения аэродинамических исследований, как в САЕ-системах, так и для физических экспериментов на модели, полученной на 3-D принтере. Модели, автоматически сгенерированные в CAD системе, пригодны для дальнейшего использования без дополнительной обработки, что сокращает время, необходимое для адаптации CAD моделей для САЕ систем. В случае необходимости неоднократного расчета типовых элементов можно использовать структурированную конечно-элементную сетку, автоматически меняющуюся при изменении геометрии рассчитываемой детали, что позволит дополнительно повысить эффективность работы системы.

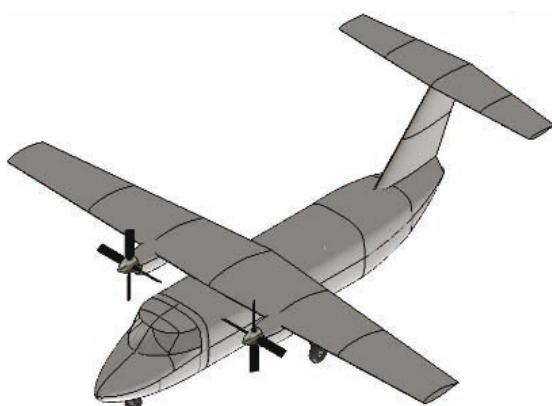


Рисунок 21 – 3D модель самолета

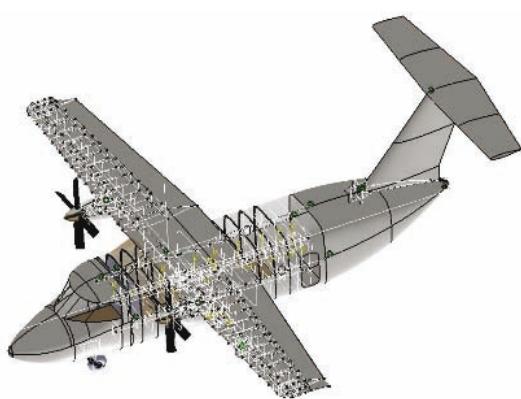


Рисунок 22 – Структура 3D модели самолета

При необходимости элементы структуры агрегатов могут заменяться на более детализированные. Примером такой декомпозиции является построение подсборки отъемной части крыла (рисунки 23-26).

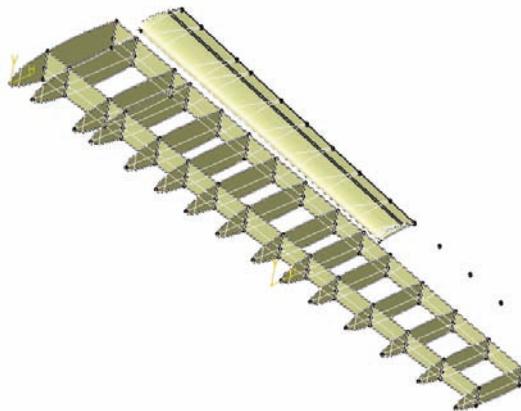


Рисунок 23 – Каркас и закрылков

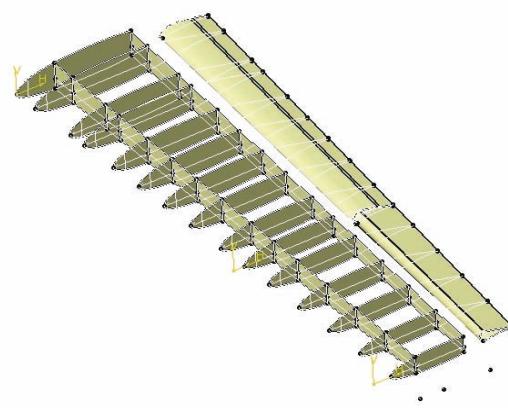


Рисунок 24 – Каркас с закрылком и элероном

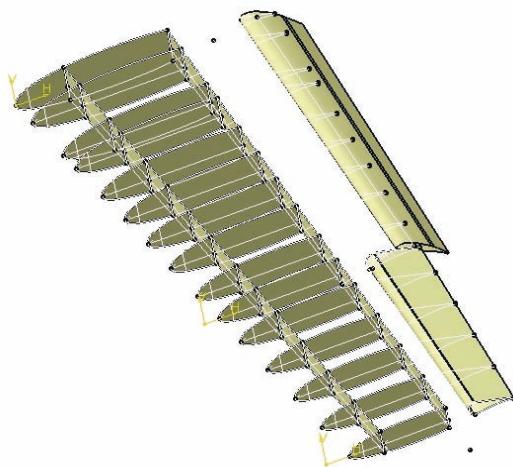


Рисунок 25 – Каркас с закрылком и элероном, за-
крылок выпущен

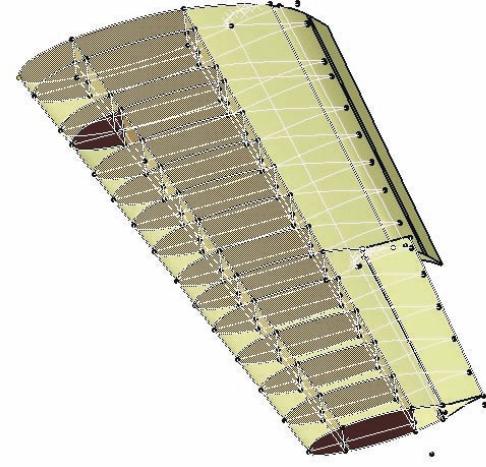


Рисунок 26 – Подсборка крыла, закрылок выпу-
щен, элерон отклонен

Логика построения модели максимально вынесена за её пределы – это позволяет использовать более простые модели и упрощает увязку макропримитивов, одновременно упрощая систему в целом и увеличивая её эффективность путем повышения её расширяемости. Удобнее выполнить несколько отдельных моделей, например для Т-образного и классического оперения, и затем выбирать модель, необходимую для конкретного случая, чем создавать более сложную интегральную модель, которая будет медленнее работать и требовать большего количества времени на ее создание.

В модели остаются только те вычисления, которые сложно или слишком затратно выполнять за её пределами, например, определение размеров каждой нервюры проще выполнить в условиях наличия ограничивающих её элементов, чем рассчитать их положение отдельным аналитическим модулем.

Важным свойством модели является её непрерывная связанность с базой данных РП. Практически это выражается в том, что любое изменение проектных переменных находит адекватное отражение в модели в режиме реального времени, что позволяет наглядно представлять зависимости между характеристиками самолета и, в случае необходимости, оперативно вносить корректизы в процесс расчета на любом его этапе.

3.6 Поддержка испытаний на физических моделях

Как правило, РП создается на базе серийных устройств вычислительной техники (процессоров, запоминающих устройств, дисплеев и т.п.). Однако в РП может применяться и специальная аппаратура для расширения возможностей ЭВМ. Так, для роботов-исследователей необходимым является наличие оборудования, позволяющего проводить эксперименты в автоматическом режиме [12, 13].

Для РП в области предварительного проектирования самолета дополнительным специальным оборудованием может являться программно - аппаратный комплекс для физических аэродинамических испытаний масштабной модели самолета, состоящий из 3D принтера, программного комплекса, осуществляющего перевод модели в вид, пригодный для объемной печати, аэродинамической трубы и средств доставки модели из принтера в трубу. На основе модели, построенной в автоматическом режиме, с помощью 3D плоттера была изготовлена твердотельная копия для испытаний в аэродинамической трубе (рисунок 27). Результаты, полученные при продувке (рисунки 28-30), можно сравнить с результатом аэродинамического расчета в программе конечно-элементного анализа. Доступный уровень технологий пока не позволяет полностью автоматизировать весь процесс, но количество неавтоматизированных действий сведено к минимуму.



Рисунок 27 – Твердотельная копия модели самолета

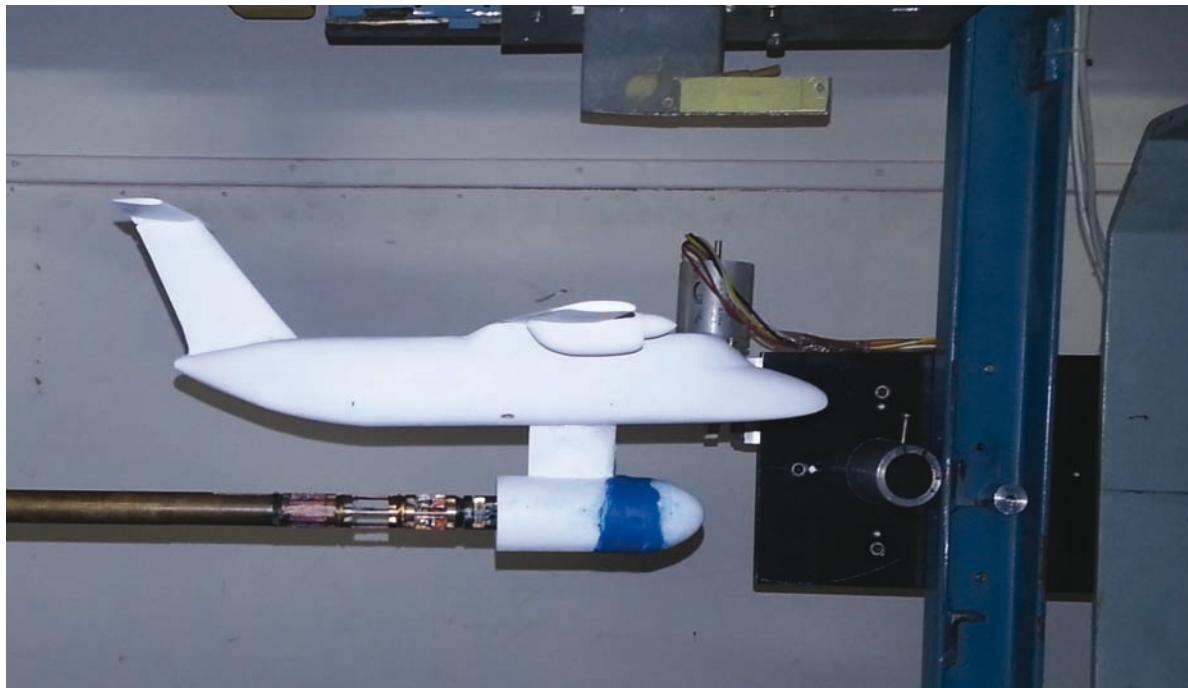


Рисунок 28 – Твердотельная копия модели при испытаниях в аэродинамической трубе

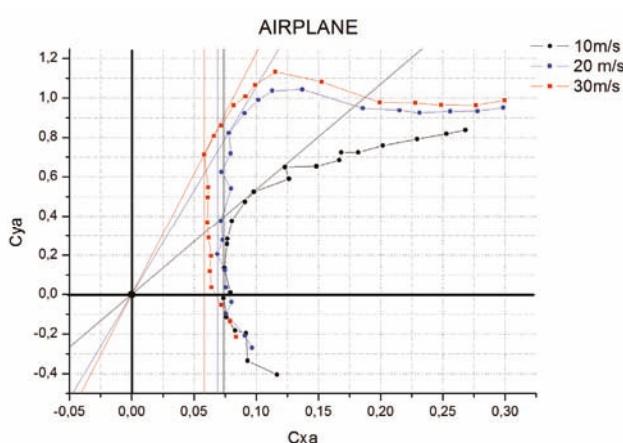


Рисунок 29 – Поляра самолета (без шасси)

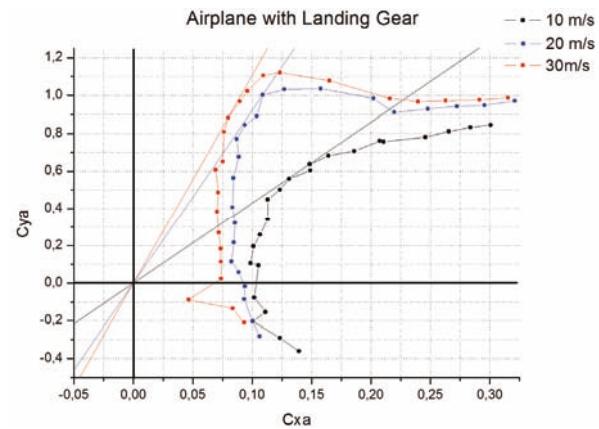


Рисунок 30 – Поляра самолета (с шасси)

4 Заключение

Результаты, полученные при создании прототипа робота-проектанта в области предварительного проектирования самолета, демонстрируют реализуемость интеллектуальных помощников в области конструирования сложных технических артефактов. Представленный прототип позволяет пользователю, не знакомому с CAD-системами, успешно создавать трехмерные модели самолета и его агрегатов, а так же их различные представления, в автоматическом режиме осуществляя комплекс действий, которым обычно занимается конструктор, за счет формализации его поведения на основе онтологического анализа. Полученный результат позволяет надеяться на активное использование в будущем роботов-проектантов как интеллектуальных помощников в реальной практике проектирования.

5 Благодарности

Считаем своим долгом выразить признательность за поддержку и содействие в работе над роботом-проектантом самолета профессорам Комарову В.А., Козлову Д.М., Шахову В.Г., доценту Королькову О.Н. и многим другим преподавателям и сотрудникам кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ.

Список источников

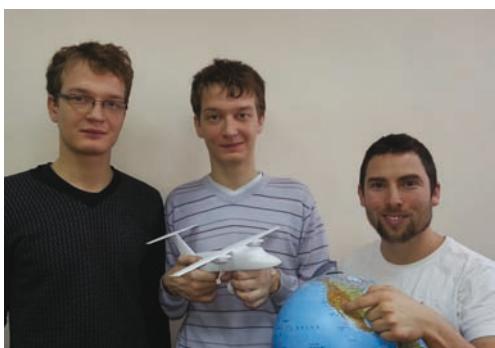
- [1] Ракитов А.И. Философия компьютерной революции. – М.: Политиздат, 1991 - 240 с.
- [2] Lindsay R, Buchanan B, Feigenbaum E, Lederberg J. DENDRAL: A Case Study of the First Expert System for Scientific Hypothesis Formation. Artificial Intelligence. 1993;61(2):209–261. doi: 10.1016/0004-3702(93)90068-M.
- [3] Lenat DB, Brown JS. Why AM and EURISKO appear to work. Artificial Intelligence. 1984;23(3):269–294. doi: 10.1016/0004-3702(84)90016-X.
- [4] Kulkarni D, Simon H. The processes of scientific discovery: The strategy of experimentation. Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal. 1988;12(2):139–175. doi: 10.1207/s15516709cog1202_1.
- [5] Langley P, Simon H. Scientific discovery: Computational explorations of the creative processes. The MIT press; 1987.
- [6] Falkenhainer B, Michalski R. Integrating quantitative and qualitative discovery: the ABACUS system. Machine Learning. 1986;1(4):367–401
- [7] Zytkow J. Automated discovery of empirical laws. Fundamenta Informaticae. 1996;27(2-3):299–318.
- [8] Nordhausen B, Langley P. Proceedings of the seventh international conference (1990) on Machine learning. Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA; 1990. A robust approach to numeric discovery; pp. 411–418.
- [9] Distilling free-form natural laws from experimental data. Schmidt M, Lipson H. Science. 2009 Apr 3.
- [10] 2020 computing: a two-way street to science's future. Foster I Nature. 2006 Mar 23; 440(7083):419.
- [11] Michalski R, Watanabe L. Tech. rep., Tech. Rep. No. ML-Report 88-1. Fairfax, VA: George Mason University, Artificial Intelligence Center; 1988. Constructive Closed-Loop Learning: Introductory Ideas and Examples.
- [12] King RD, Rowland J, Oliver SG, Young M, Aubrey W, Byrne E, Liakata M, Markham M, Pir P, Soldatova LN, Sparkes A, Whelan KE, Clare A. Science. 2009 Apr 3; 324(5923):85-9.
- [13] An ontology for a Robot Scientist. Soldatova LN, Clare A, Sparkes A, King RD Bioinformatics. 2006 Jul 15.
- [14] Knowledge-guided inference for voice-enabled CAD. X.Y. Kou, S.K. Xue, S.T. Tan Computer-Aided Design Volume 42, Issue 6, June 2010, Pages 545-557.
- [15] http://researcher.watson.ibm.com/researcher/view_project.php?id=1102, актуально на 17.01.2013
- [16] <http://edainc.net/Videos.aspx?Play=Conveyor>, актуально на 17.01.2013
- [17] http://www.jtbworld.com/autocad_automation_tools.htm, актуально на 17.01.2013
- [18] <http://www.itcinfotech.com/Engineering-Services/Design-Automation.aspx>, актуально на 17.01.2013
- [19] Боргест, Н.М. Модель интеллектуального интерфейса робота «конструктор самолета» / Н.М. Боргест // XI международная научная конференция имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2011», Киев, Просвіта, 2011, с. 297-302.
- [20] Боргест Н.М., Гиматдинова С.Р., Шустова Д.В., Иерархические и ассоциативные связи между терминами в тезаурусе на примере словаря проектанта, Вестник СГАУ, №3, 2012
- [21] Боргест Н.М., Шустова Д.В., Одинцова С.А., Князихина Ю.Е., Подход к решению проблемы синонимов в тезаурусе интеллектуального помощника проектанта// Материалы международной научно-технической конференции OSTIS-2013, Минск, БГУИР, 2013
- [22] Боргест Н.М., Чернов Р.В., Шустова Д.В., Разработка интерфейса интеллектуального помощника проектанта// Материалы международной научно-технической конференции OSTIS-2012, Минск, БГУИР, 2012
- [23] Боргест Н.М., Алеев Р.Х., Аксанян П. А., Громов А.А., Автоматизированное формирование 3D модели самолета на этапе технических предложений. Вестник СГАУ. №6.,2012
- [24] Егер С.М., Мишин В.Ф., Лисецев Н.К., Проектирование самолетов: Учебник для вузов — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2005. — 616 с.
- [25] Боргест Н.М. Анализ и синтез данных при проектировании, / Н.М. Боргест // XII международная научная конференция имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2012», Киев, Просвіта, 2012, с. 161-166.
- [26] <http://nlpseminar.ru/ainl/program/igor-gvozdikin/>, актуально на 20.01.2013

Сведения об авторах



Боргест Николай Михайлович, 1954 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1978 г., к.т.н. (1985). Профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета (национальный исследовательский университет). Член Международной ассоциации по онтологии и их приложениям (IAOA). В списке научных трудов около 100 работ в области автоматизации проектирования.

Nikolay Mikhailovich Borgest (b.1954) graduated from the Korolyov aerospace Institute (Kuibyshev-city) in 1978, PhD (1985). He is Professor at Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (Department of construction and design of aircraft SSAU). He is an International Association for Ontology and its Applications member. He is co-author of about 100 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI.



Громовы Андрей Александрович и Алексей Александрович - студенты и **Хорхе Морено Рочин** (Мексика) - магистрант Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). Области научных интересов Громовых: САПР, проектирование самолета; Хорхе Морено: аэродинамика.

Gromov Andrey Aleksandrovich and Gromov Alexey Aleksandrovich & Jorge Moreno (Mexico) are students of Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Gromov's area of scientific interests: CAD, aircraft design, Jorge Moreno's area: aerodynamics.

Коровин Максим Дмитриевич, студент Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). Области научных интересов: САПР, CALS технологии.

Korovin Maxim Dmitrievich, the student of Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Area of scientific interests: CAD, CALS.



Шустова Дина Владимировна, аспирантка кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ. Область научных интересов: онтология проектирования.

Shustova Dina Vladimirovna, post-graduate student of Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolev (National Research University). Area of scientific interests: ontology of designing.

Одинцова Светлана Александровна и Князихина Юлия Евгеньевна, студентки Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). Области научных интересов: САПР, CALS технологии.

Odintsova Svetlana Alexandrovna & Knyazikhina Julia Evgenievna, are students of Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Area of scientific interests: CAD, CALS.

ABSTRACTS

R.N.Akhmetov, V.P.Makarov, A.V.Sollogub _____ 7-17

TsSKB-Progress State Research and Production space Rocket Centre
sollogubav@mail.ru

TARGET EFFICIENCY FEATURES OF EARTH OBSERVATION SPACECRAFT BASED ON REFACTORING AND REVERSE ENGINEERING METHODS

This work contains features of refactoring and reverse engineering methods application meant for target efficiency of Earth Observation Spacecraft during such phases of lifetime as designing, flight-engineering testing and operation. Results of such methods application for Resurs-DK1 Earth Observation spacecraft are given herein.

Key words: refactoring, reverse engineering, observation, spacecraft, lifetime, designing, flight-engineering testing, operation.

A.V. Boukhanovsky, S.V. Ivanov, S.V. Kovalchuk, Yu.I. Nечаев _____ 18-27

St.-Petersburg state research university of information technologies, mechanics and optics
avb_mail@mail.ru, svivanov@mail.ifmo.ru, kovalchuk@mail.ifmo.ru, nechaev@mail.ifmo.ru

ONTOLOGY OF KNOWLEDGE INTEGRATION ON THE BASIS OF IPSE TECHNOLOGY IN INTELLIGENT ENVIRONMENT WITHIN «CLOUD» MODEL

The formalized ontology system model of knowledge integration on the basis of iPSE (Intelligent Problem Solving Environment) technology is considered. The model is implemented within the framework of the open systems concept in intelligent cloud computing environment. The developed model of ontology takes into account extension of the iPSE technology functionality by means of event workflow (WF) modification. The directions of the practical applications of developed ontology knowledge system are specified within an implementation of the information representation and processing concept in the tasks of extreme situation control in complex dynamic environment.

Key words: ontology, knowledge integration, intelligent technologies, cloud model, workflow, extreme situation, complex dynamic environment.

I.N. Gabdrakhmanov, V.N. Kuchuganov, D.V. Medvedev, M.N. Mokrousov, _____ 28-38

N.V. Soboleva
Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov
kuchuganov@istu.ru

TECHNOLOGY OF GENERATION ONTOLOGY OF DATABASE USING ONTOLOGICAL EXPLANATORY DICTIONARIES

The possibility of the use of previously developed a relational database to create domain ontology with a view to its use in the construction of interfaces based on knowledge. Developed domain ontology includes concepts that describe the properties, objects, relationships, processes, situations, plots. The scenario for ontology mapping is proposed to take a relational database using known algorithms produce RDF-dump database and automated method of extracting knowledge about the relationship between the concepts based on a database schema using ontological dictionary. Describes a basic set of tools manager interface, and gives examples of tools.

Key words: ontology, database, knowledge extraction, RDF, R2RML, ontological vocabulary.

S.I. Kretov _____ 39-49

Russian Academy for Entrepreneurship Research Center, Moscow
kretsi@org.ru

TOWARDS SYSTEM ANALYSIS OF THE RUSSIAN INNOVATION MECHANISM

This article is an abstract of the monograph “Innovations as a Form of Evolution of Consciousness (Complexity Theory)” published in 2012 in LAP LAMBERT Academic Publishing (Germany). Three

categories: "pattern of organization", "system structure" and "the process of functioning of the system" are three distinct but inseparable characteristics of any complex system. Interconnected investigation of each complex system aspects make impossible to understand the essence of socio-economic phenomena, the identification of its theoretical framework and practical process of its implementation and improvement. Pattern of organization of innovation system, refracted in the practice of financial management of applied researches and development in Russia for the successful modernization of the economy based on domestic and foreign innovation is an objective category. It is located on the same platform with other essential objective laws of economics in particular and Nature in the whole. In the most general form of pattern of organization of the innovation system is the same for all types of economies. Structure of the innovation system and actual processes of its functioning can be attributed to the concepts that have common characteristics as a set of objective socio-economic laws. They form the innovation system, as categorically segregated system capable for autopoiesis.

Key words: modernization, innovation, pattern of organization of the system, the system structure, the process of the system, autopoezis, bifurcation point.

S.A. Piyavsky, V.B. Larukhin

50-60

*Samara State University of Architecture and Civil Engineering
spiyav@mail.ru, vladimir.larukhin@live.ru*

MATHEMATICAL MODELING CREATION FOR CURRICULUM BASED ON ONTOLOGY. PART 1

This article delivers a mathematical optimal formation model of curriculum based on the solution of multi-criteria optimization problem. A mathematical model of optimal curriculum shaping based on the solution of multi-criteria optimization. In combination with the previously developed ontology of the educational process, it allows us to offer information technology of forming curriculum at various levels of training in universities personalized for each students.

Key words: high school, educational process, curriculum, education plan, applied ontology, mathematical modeling, multi-criteria optimization

I.Y. Denisova, P.P. Makarychev

61-72

*Penza State University
irs@sura.ru, Makpp@yandex.ru*

THE ONTOLOGICAL RESEARCH OF E-LEARNING PROCESS AND DESIGNING OF SUPPORT TOOLS

The ontological research of e-learning process is done in the work. The conceptual model of e-learning is constructed in which linguistic uncertainty of expert representations about carrying out studies is considered that will allow to reflect knowledge and personal expert's experience in the system of e-learning support more fully.

Key words: ontology, education system, e-learning, educational content, systems of e-learning support.

N.M. Borgest, A.A. Gromov, A.A. Gromov, R.H. Moreno, M.D. Korovin,

D.V. Shustova, S.A. Odintsova, Y.E. Knyazihina

73-94

*Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University)
borgest@yandex.ru*

ROBOT- DESIGNER: FANTASY AND REALITY

The concept of aircraft design automation system based on artificial intelligence elements has been actively developed at the "Construction and Design of an Aircraft" department of Kuibyshev Institute of Aviation (now SSAU) between the late 80s and early 90s, getting high appreciation (for example "From the editors" in the "Ontology of designing" scientific journal #2, 2012). The results of those works were published in "Automation of the preliminary design of an aircraft" by N.M. Borgest in 1992. Unfortunately the changes of the political system of the country put a stop to that research. Researches in this field were able to be continued only with the opening of a new specialty "CALS support" for students as well as the "Ontology of designing" for master's degree, "Aircraft" at the department. The paper describes the modern approach to the creation of design automation systems and shows the results, achieved by the authors in the field of creating such systems for the aircraft preliminary design automation.

Key words: robot designer, 3D model, CAD, project matrix, thesaurus, plane.

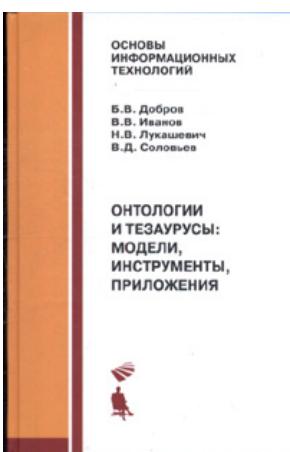
Рекомендуемые издания 2012 года по тематике журнала



Онтологии артефактов: взаимодействие "естественных" и "искусственных" компонентов жизненного мира /Под ред. Столяровой О. Е. – М.: Издательство: Дело, 2012 - 456 с.

Онтология отвечает на вопрос "что существует?". Авторы сборника исследуют историко-культурные, материальные и социальные контексты, в которых формируются ответы на этот важнейший вопрос. Сквозная тема сборника - вещи. Именно они представляют собой объекты-гибриды, в которых соединяется природное, социальное и идеальное бытие. Как "искусственное" влияет на "естественное"? Характеризуются ли продукты человеческого труда и интеллекта онтологической неполноценностью по сравнению с объектами природы, принадлежащими независимой от человека реальности? Какое место в онтологической классификации

занимают искусственный интеллект и искусственная жизнь? На эти и другие темы размышляют ведущие отечественные и зарубежные ученые. Сборник является результатом международного исследовательского проекта "Онтологии артефактов", итоги которого были представлены на одноименной международной конференции, состоявшейся в Москве в ноябре 2010 года.



Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: учебное пособие / Б.В. Добров, В.В. Иванов, Н.В. Лукашевич, В.Д. Соловьев. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 173 с.

В книге впервые на русском языке в систематизированной форме излагаются теоретические и практические вопросы использования онтологий и тезаурусов как способов организации информации и знаний в современных информационных системах. На конкретных примерах проиллюстрирован процесс проектирования онтологий. Учебный курс получил гриф УМО по специальности "Прикладная математика и информатика", а также вошел в число победителей конкурсов учебных курсов, проведенных фирмами Майкрософт и Яндекс в 2006 году.



Вектор эволюции. Жизнь, эволюция, мышление с точки зрения программиста. Серия: Науки об искусственном. М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ 2012. - 200с.

В книге рассматриваются предположения о возможных механизмах направленной и прогрессивной эволюции, которые во многом опираются на идеи Э.Бауэра. Обсуждаются связанные с этим темы, такие как жизнь, мышление, эволюция знания, информация, организация, социальная эволюция, а также состояние, перспективы и проблемы разработки искусственного мышления. Подчеркивается, что для понимания большинства рассматриваемых проблем важно определение того, чем живое отличается от неживого. Книга предназначена как для специалистов, так и для читателей, интересующихся проблемами биологической эволюции, а также проблемами и перспективами создания искусственного мышления.



OSTIS-2013

**III Международная научно-техническая конференция
«Открытые семантические технологии
проектирования интеллектуальных систем»
Open Semantic Technologies for Intelligent Systems
21 – 23 февраля 2013 г. Минск, Республика Беларусь**

ОСНОВНЫЕ ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Российская ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ)
- Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР)
- Государственное учреждение «Администрация Парка высоких технологий» (Республика Беларусь)
- Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларусь

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Кузнецов О.П., д.т.н., проф., РФ
Боргест Н.М., к.т.н., доц., РФ
Гаврилова Т.А., д.т.н., проф., РФ
Глоба Л.С., д.т.н., проф., Украина
Голенков В.В., д.т.н., проф., РБ
Грибова В.В., д.т.н., РФ
Гулякина Н.А., к.ф.-м.н., доц., РБ
Еремеев А.П., д.т.н., проф., РФ
Ермолов П.П., к.т.н., Украина
Ефименко И.В., к. фил. н., РФ
Заболеева-Зотова А.В., д.т.н., РФ
Загорулько Ю.А., к.т.н., доц., РФ
Иванюк А.А., д.т.н., доц., РБ
Ижуткин В.С., д.ф.-м.н., проф., РФ
Клещев А.С., д.т.н., проф., РФ
Кобринский Б.А., д.мед.н., РФ
Козлов О.А., д.п.н., проф., РФ
Комарцова Л.Г., д.т.н., РФ
Курейчик В.М., д.т.н., проф., РФ
Лобанов Б.М., д.т.н., проф., РБ
Найденова К.А., к.т.н., РФ
Невзорова О.А., к.т.н., доцент, РФ

Осипов Г.С., д.ф.-м.н., проф., РФ
Палиюх Б.В., д.т.н., проф., РФ
Плесневич Г.С., к.ф.-м.н., РФ
Роберт И.В., д.п.н., проф., РФ
Родченко В.Г., к.т.н., доц., РБ
Рычкова Л.В., к.фил.н., доц., РБ
Смирнов С.В., д.т.н., проф. РФ
Смородин В.С., д.т.н., РБ
Соловьев С.Ю., д.ф.-м.н., проф., РФ
Соснин П.И., д.т.н., проф., РФ
Степанюк В.Л. д.т.н., проф., РФ
Сулайманов Д.Ш., академик АН Татарстана, РФ
Тарасов В.Б., к.т.н., доц., РФ
Тельнов Ю.Ф., д.э.н., проф., РФ
Тузиков А.В., д.ф.-м.н., проф., РБ
Харламов А.А., д.т.н., РФ
Хейдоров И.Э., к.ф.-м.н., доц., РБ
Хорошевский В.Ф., д.т.н., проф., РФ
Чернявский А.Ф., академик НАН Беларусь
Шарипбаев А.А., д.т.н., проф., Казахстан
Щербак С.С., к.т.н., доц., Украина

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- структура открытой технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем;
- базовые универсальные семантические модели представления и обработки знаний и их программная и аппаратная реализация;
- семантические технологии компонентного проектирования совместимых баз знаний, программ и пакетов программ, ориентированных на обработку знаний;
- семантические модели информационного поиска и решения задач. Семантические технологии компонентного проектирования совместимых интеллектуальных информационно-поисковых машин и решателей задач;
- семантические технологии компонентного проектирования совместимых мультимодальных и естественно-языковых интерфейсов интеллектуальных систем;
- методологии и менеджмент компонентного проектирования семантически совместимых интеллектуальных систем в рамках Open Source проектов;
- семантически совместимые прикладные интеллектуальные системы и их многократно используемые компоненты.

СВЯЗЬ С ОРГАНИЗАТОРАМИ КОНФЕРЕНЦИИ

Сайт: <http://conf.ostis.net> **Email:** ostisconf@gmail.com

**2-ая Международная научная конференция
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ»
Республика Башкортостан, Россия
27 февраля - 3 марта 2013 г.**

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Челябинский государственный университет
- Институт системного анализа РАН
- Уфимский государственный авиационный технический университет

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: Ю.С.Попков, чл.-корр. РАН (Институт системного анализа РАН, Россия)
Зам. председателя: А.В. Мельников (Челябинский государственный университет, Россия)
B. Wenzel (University of Applied Sciences - Университет прикладных наук, Австрия)
B. Blessing (University of Applied Sciences – Университет прикладных наук, Австрия)
А.Л. Бобров (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова)
В.И. Васильев (Уфимский государственный авиационный технический университет)
В.Э. Вольфенгаген (Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»)
А.В. Вохминцев (Челябинский государственный университет)
Г.Г. Куликов (Уфимский государственный авиационный технический университет)
С.В. Матвеев чл.-корр. РАН (Челябинский государственный университет)
В.В. Мартынов (Уфимский государственный авиационный технический университет)
Л.В. Массель (Институт систем энергетики РАН)
Г.С. Осипов (Институт системного анализа РАН)
А.А. Петунин (Уральский федеральный университет)
С.В. Смирнов (Институт проблем управления сложными системами РАН)
А.А. Соловьев (Челябинский государственный университет)
С.В. Тархов (Уфимский государственный авиационный технический университет)
В.И. Ухоботов (Челябинский государственный университет)
Л.Р. Черняховская (Уфимский государственный авиационный технический университет)
Н.И. Юсупова (Уфимский государственный авиационный технический университет)

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- методы и информационные технологии поддержки принятия решений;
- методология системного анализа;
- системный анализ социально-экономических процессов;
- облачные вычисления и грид-технологии;
- методы извлечения и представления знаний интеллектуальными системами;
- интеллектуальные методы защиты информации;
- информационные технологии в науке, образовании, медицине, экономике и промышленности;
- искусственный интеллект;
- моделирование и анализ-бизнес процессов;
- информационная безопасность;
- математические методы в экономике;
- информационные системы в промышленности;
- распознавание аудио-, видео- и графических образов;
- прикладные технологии автоматизации и управления;
- геоинформационные системы;
- мультиагентные системы управления.

КОНТАКТЫ ОРГКОМИТЕТА

Челябинская область, г. Челябинск, 454000, ул. Братьев Кашириных, 129,
ФГБОУ ВПО Челябинский государственный университет, корпус 1, Институт информационных технологий
Телефон/факс: (351) 7997288, E-mail: iit@csu.ru, сайт: www.iit.csu.ru/content/наука/конференция-итис



**XIII международная научная
конференция им. Т.А.Таран
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
АНАЛИЗ
ИНФОРМАЦИИ (ИАИ-2013)**

15-17 мая 2013 г., Киев, Украина

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
- Российская ассоциация искусственного интеллекта
- Национальный технический университет Украины «КПИ», факультет прикладной математики
- Институт прикладного системного анализа

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели

Згуровский М.З., академик НАН Украины, д.т.н., проф., Украина

Молчанов А.А., д.т.н., проф., Украина

Осипов Г.С., д.ф.-м.н., проф., Россия

Члены программного комитета

Валькман Ю.Р., д.т.н., проф. МНУЦ ИТС НАНУ, Украина

Гладун В.П., д.т.н., проф. ИК НАНУ, Украина

Голенков В.В., д.т.н., проф. БГУИР, Беларусь

Дичка И.А., д.т.н., проф. НТУУ «КПИ», Украина

Донской В.И., д.ф.-м.н., проф. ТГУ, Украина

Кузнецов О.П., д.т.н., проф. ИПУ РАН, Россия

Степанюк В.Л., д.т.н., проф. ИППИ РАН, Россия

Тарасенко В.П., д.т.н., проф. НТУУ «КПИ», Украина

Финн В.К., д.т.н., проф. ВИНИТИ, Россия

Хорошевский В.Ф., д.т.н., проф. ВЦ РАН, Россия

Григорьев А.В., к.т.н., доц. ДНТУ, Украина

Чертов О.Р., к.т.н., доц. НТУУ «КПИ», Украина

Сирота С.В., к.т.н., НТУУ «КПИ», Украина

ОСНОВНАЯ ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- интеллектуальный анализ данных;
- методы инженерии знаний;
- интеллектуальный поиск и анализ информации в локальных и глобальных сетях;
- интеллектуальный анализ данных в социальной сфере и гуманитарных исследованиях;
- интеллектуальные обучающие системы;
- интеллектуальные системы для дистанционного обучения и контроля знаний;
- прикладные системы интеллектуального анализа данных;
- интеллектуальные компьютерные средства;
- методы искусственного интеллекта при моделировании систем.

ОРГКОМИТЕТ

Председатель: д.т.н., проф. Дичка И.А. Заместитель председателя: к.т.н., доц. Чертов О.Р.

Секретариат: Копычко С.Н., Темникова Е.Л.

Адрес: 03056, Киев, пр. Перемоги, 37, НТУУ «КПИ», кафедра прикладной математики, корп. 14, комн. 60.

Тел.: (+38-044) 406-81-77, 454-99-30, Факс: (+38-044) 406-84-58, e-mail: iaikpi@ukr.net, temnikova_elena@ukr.net

25th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'13)

CAiSE'13, 17-21 June 2013, Valencia, Spain

<http://www.pros.upv.es/index.php/en/home-caise2013>

CAiSE is a well-established highly visible conference series on Information Systems (IS) Engineering. It covers all relevant topics of IS engineering such as methodologies and approaches for IS engineering, innovative platforms, architectures and technologies, and engineering of specific kinds of IS. CAiSE conferences also have the tradition of hosting several workshops in its area. Workshops are intended to focus on particular topics and provide ample room for discussion of new developments.

CAiSE'13, the 25th instantiation of the CAiSE series, invites proposals for workshops to be held in conjunction with the conference, related to the CAiSE topics, covering new emerging topics and targeting ground breaking papers in the special focus area.

Business Process Modeling, Development, and Support
the 14th edition of the BPMDS series, in conjunction with CAiSE'13

BPMDS'13 Working Conference

17-18 June 2013, Valencia, Spain

<http://www.bpmds.org>

Business Process Modeling

- Business process modeling languages, notations and methods
- Multi-perspectives on business process modeling,
- Coherence among multi-perspective representations
- Theoretical foundations for analyzing, modeling business processes
- Verification and validation of business process models
- Variability and adaptability of business process models
- Dynamic configuration; modeling by reuse
- Granularity, development of reusable and context-aware components; modeling for reuse
- Domain specific reference models
- Business process modeling enhanced by social software and social networks

Business Process Support

- Business process change management and governance issues
- Theoretical foundations for simulating or executing business processes
- Business process support architectures and platforms
- Business process support based on a service-oriented architecture
- Business process support combined with social software and social networks
- Business processes using cloud-services
- Mobile technologies and context aware business process modeling

Requirements on Business Processes

- Compliance, reliability, security, performance
- Flexibility, variability, adaptability
- Metrics, maturity and continuous improvement
- Resource management in business processes
- User-oriented aspects
- Strategy, business processes, people and IT: alignment, fit and coherence
- Cross-organizational business processes
- Data-intensive business processes
- BPMDS in the cloud

Exploring Modeling Methods for Systems Analysis and Design

EMMSAD 2013 will be co-located with the CAiSE 2013 conference held from June 17-21 2013, in Valencia, Spain.

<https://sites.google.com/site/emmsadconference/>

**XV Международная конференция
«Проблемы управления и моделирования в сложных системах»
(ПУМСС-2013)
25-28 июня 2013 г., Самара, Россия**

ОРГАНИЗАТОР

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

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Федосов Е.А., академик РАН, председатель Программного комитета
Виттих В.А., д.т.н., заместитель председателя, ИПУСС РАН, г. Самара
Боровик С.Ю., д.т.н., ученый секретарь Программного комитета, ИПУСС РАН, г. Самара
Аншаков Г.П., член-корреспондент РАН
Васильев С.Н., академик РАН
Инден У., профессор Кельнского университета, г. Кельн, Германия
Кузнецов Н.А., академик РАН
Куржанский А.Б., академик РАН
Новиков Д.А., член-корреспондент РАН
Рапопорт Э.Я., д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Ржевский Г.А., профессор Открытого университета, г. Лондон, Великобритания
Руднев В.И., директор по науке и технологиям группы компаний «Inductoheat», г. Мэдисон-Хайтс, США
Себряков Г.Г., член-корреспондент РАН
Смирнов С.В., д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Филимонов Н.Б., д.т.н., МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
Шорин В.П., академик РАН

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Виттих В.А., д.т.н., председатель Организационного комитета, ИПУСС РАН, г. Самара
Смирнов С.В., д.т.н., заместитель председателя оргкомитета, ИПУСС РАН, г. Самара
Боровик С.Ю., д.т.н., ученый секретарь оргкомитета, ИПУСС РАН, г. Самара
Андреев В.А., д.т.н., Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара
Гриценко Е.А., заместитель министра социально-демографической и семейной политики Самарской области
Дилигенский Н.В., д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Загорулько Ю.А., к.т.н., Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, г. Новосибирск
Золотухин Ю.Н., д.т.н., Институт автоматики и электрометрии СО РАН г. Новосибирск
Ильясов Б.Г., д.т.н., Уфимский государственный авиационный технический университет
Клещев А.С., д.ф.-м.н., Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток
Кузнецов С.В., зам. директора ИПУСС РАН, г. Самара
Лазарев Ю.Н., д.т.н., Самарский научный центр РАН
Плешивцева Ю.Э., д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Скobelев П.О., д.т.н., НПК «Разумные решения», г. Самара
Чекалов Л.Л., к.т.н., ООО «Транс-Мобил-Спидишин», г. Самара

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ И СЕКЦИИ:

- современная теория оптимального управления и её приложения. Секции: «Оптимальное управление в системах с распределенными параметрами», «Моделирование и управление в сложноструктурируемых системах», «Оптимальное управление в аэрокосмических системах»;
- интеллектуальные системы управления и обработки информации. Секции: «Теория интерсубъективного управления с применением онтологических моделей ситуаций», «Интеллектуальные технологии в сложных системах», «Эргатические системы»;
- управление и измерения в сложных технических системах. Секции: «Управление в сложных технических системах», «Измерения, контроль и диагностика в экстремальных условиях».

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

443020, Самара, ул. Садовая, 61, ИПУСС РАН, тел. (846) 332-39-27, факс (846) 333-27-70, Климакова Елена.
E-mail cscmp@iccs.ru. Подробная информация о конференции на сайте www.iccs.ru в разделе «Конференции».

**XVIII Байкальская Всероссийская конференция с международным участием
ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ
1-10 июля 2013, 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

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель: Массель Л.В., д.т.н., ИСЭМ СО РАН, Иркутск

Сопредседатели программного комитета:

Абламейко С.В., академик НАН Беларуси, Минск, Белорусский гос. ун-т

Бычков И.В., академик РАН, Иркутск, ИДСТУ СО РАН

Воеводин В.В., чл.-корр. РАН, Москва, НИВЦ МГУ

Донской В.И., академик Крымской АН, Украина, Симферополь, Таврический ун-т им. В.И. Вернадского

Воропай Н.И., чл.-корр. РАН, Иркутск, ИСЭМ СО РАН

Федотов А.М., чл.-корр. РАН, Новосибирск, ИВТ СО РАН

Члены программного комитета:

Андианов А.Н., д.ф.-м.н., Москва, ИПМ РАН

Аршинский Л.В., д.т.н., Иркутск, ИрГУПС

Вольфенгаген В.Э., д.т.н., Москва, МИФИ

Горнов А.Ю., д.т.н., Иркутск, ИДСТУ СО РАН

Дунаев М.П., д.т.н., Иркутск, ИрГТУ

Елисеев С.В., д.т.н., Иркутск, ИрГУПС

Карпенко А.П., д.ф.-м.н., Москва, МГТУ им. Баумана

Кочегуров В.А., д.т.н., Томск, ТПУ

Москвичев В.В., д.т.н., Красноярск, СКТБ «Наука» СО РАН

Мохор В.В., д.т.н., Киев, ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины

Мухопад Ю.Ф., д.т.н., Иркутск, ИрГУПС

Петров А.В., д.т.н., Иркутск, ИрГТУ

Силич В.А., д.т.н., Томск, ТПУ

Смирнов С.В., д.т.н., Самара, ИПУСС РАН

Хамисов О.В., д.ф.-м.н., Иркутск, ИСЭМ СО РАН

Черкашин А.К., д.г.н., Иркутск, ИГ СО РАН

Чубаров Л.Б., д.ф.-м.н., Новосибирск, ИВТ СО РАН

Юсупова Н.И., д.т.н., Уфа, УГАТУ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- теоретические и методологические аспекты информационных и математических технологий;
- математическое моделирование в научных исследованиях, вычислительная математика, оптимизация;
- информационное моделирование (моделирование данных и знаний, когнитивное и онтологическое моделирование и др.);
- параллельные и распределенные вычисления, GRID-технологии, облачные вычисления;
- интеллектуальные вычисления (Intelligent computing) и семантические технологии;
- информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений;
- методы, технологии и инструментальные средства создания Smart Grid (интеллектуальных энергетических систем);
- ситуационные центры и системы поддержки принятия решений в управлении;
- корпоративные информационные, геоинформационные, интеллектуальные системы.

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



Члену редколлегии журнала профессору Георгию Ржевскому 3 декабря исполнилось 80 лет!

Профессор Георгий Ржевский (George Rzevski) - известный английский ученый в области теории сложных систем, один из первых создателей промышленных мультиагентных технологий, англичанин по паспорту и русский по духу и происхождению, большой ценитель классической музыки, знаток истории, живописи и литературы. Георгий родился в Югославии, поступил в университет в Англии, работал инженером-электротехником, потом стал профессором Открытого университета в Лондоне. В Самару проф. Георгий Ржевский впервые приехал благодаря приглашению проф. В.А. Виттиха в 1990 г. с циклом лекций по мультиагентным системам. Этот визит положил начало формированию Самарской школы мультиагентных систем. В результате ряда совместных проектов в 2000 г. в Лондоне была создана совместная компания Multi-Agent Technology, получившая инвестиции крупных Европейских фондов, коллектив которой вывел из лаборатории первое поколение промышленных мультиагентных систем для таких крупных компаний, как Tankers international, City Sprint, Addison Lee, GIST, Avis и другие. В Самарском центре Multi-Agent Technology работало более 180 программистов (средний возраст - 25 лет). Очень быстро объем экспорта высокотехнологичной продукции превысил

1 млн. долларов во многом благодаря фундаментальным идеям проф. Георгия Ржевского.

И сегодня проф. Георгий Ржевский может с гордостью показывать системы, у которых нет мировых аналогов, являясь президентом Международной группы компаний в Англии, России, Германии и США. Создаваемые системы работают и в нашей стране, например, в РКК «Энергия», в РЖД, в транспортных и производственных компаниях, цепочках поставок и других приложениях.

В 2006 г. Открытый университет (Великобритания) создал новую лабораторию сложных систем имени проф. Г. Ржевского. Георгий - почетный профессор Кельнского университета (Германия) и университетов Оксфорда и Брюнелла (Великобритания). У него сотни публикаций и множество аспирантов и студентов.

В 2009 г. Международная конференция Европейского научного Общества по изучению сложных систем высоко оценила результаты проф. Георгия Ржевского, назвав их главной Европейской «историей успеха» в практическом применении науки о сложных системах за последнее десятилетие.



Главному редактору журнала доктору технических наук Смирнову Сергею 28 ноября исполнилось 60 лет!

Смирнов Сергей Викторович окончил Куйбышевский авиационный институт (КуАИ) в 1975 г. в первом выпуске факультета системотехники (ныне – факультет информатики Самарского государственного аэрокосмического университета). По распределению начал работать инженером в научно-исследовательской лаборатории КуАИ. Затем была аспирантура, стажировка в Йенском университете, работа доцентом кафедры АСУ КуАИ. В 1989 г. перевелся в Куйбышевский филиал Института машиноведения АН СССР (с 1996 г. - Институт проблем управления сложными системами РАН), где прошел путь от старшего научного сотрудника до директора.

Научную карьеру начинал с участия в проектах по автоматизации научных исследований в аэрокосмической отрасли, был непосредственным разработчиком одной из первых отечественных систем дискретного моделирования, созданной по заданию Института космических исследований АН СССР. Кандидатская диссертация (1979 г.) была посвящена оценке системных эффектов сжатия данных в измерительно-вычислительных комплексах. С середины 80-х гг. предметом исследований становится объектно-ориентированный подход в моделировании систем. Им была предложена оригинальная и актуальная для того времени технология объектно-ориентированного расширения универсальных алгоритмических языков программирования. Эти исследования привели в начале 90-х гг. к созданию одной из пионерских отечественных объектно-ориентированных СУБД, стимулировали интерес к построению и использованию формальных онтологий в задачах компьютерного моделирования сложных систем.

С середины 90-х гг. научные результаты Смирнова С.В. связаны с разработкой методов и средств обеспечения процессов управления, использующих компьютерное представление и обработку знаний. Предложенные им методы онтологического анализа данных, идеи унификации программно-технических единиц при использовании онтологического подхода, принципы построения систем поддержки принятия решений как совокупности разнородных онтологических моделей нашли применение при моделировании инженерной деятельности на ОАО «АВТОВАЗ», при создании базовых технологий для прикладных моделирующих комплексов ФГУП «ГосНИИАС», при разработке комплекса информационных и динамических моделей региональной экономики для органов управления Самарской области.

Индекс 29151

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

С 2013 года подписку на журнал “**Онтология проектирования**“ можно оформить, в том числе, непосредственно через издательство. При этом с 2013 года на сайте журнала в разделе Архив будет доступна лишь титульная часть статей, опубликованных в журнале после 2012 года: название статьи, авторы, аннотация, ключевые слова, список источников. Полностью выпуски журнала будут доступны на сайте спустя год после их выхода в том же разделе Архив.

Для читателей, заинтересованных в получении печатного варианта журнала, предлагается осуществить подписку на 2013 год и/или приложить усилия по организации подписки на журнал в своих институтах, компаниях и организациях.

Стоимость подписки одного комплекта журнала (4 номера) на 2013 год - 2000 рублей (НДС не облагается).

Публикация принятых редколлегией статей в журнале - БЕСПЛАТНА! Все статьи рецензируются. Порядок публикации определяет редакция.

Подробности на сайте журнала.

Первым подписчиком журнала “**Онтология проектирования**“ стала Научно-производственная компания “Разумные решения“ (Самара)
ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Онтологи и проектанты всех стран, присоединяйтесь!



Издательство “Новая техника”
443010, Самара, ул.Фрунзе 145