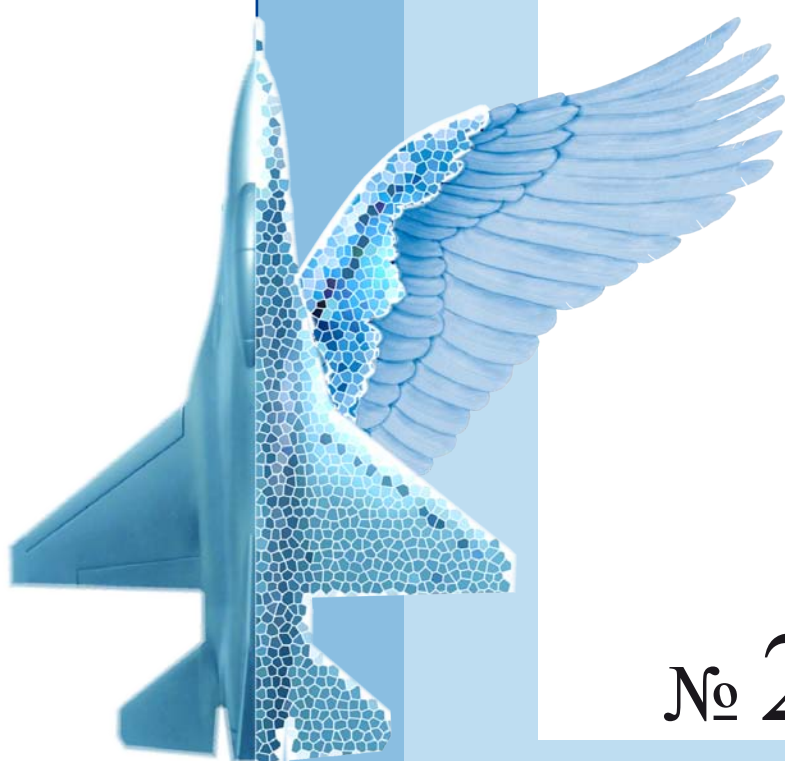


ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

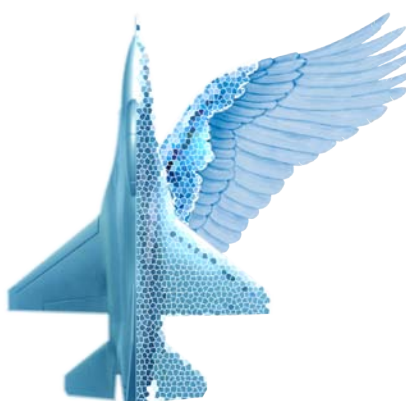


№ 2(8)/2013

ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

№ 2(8)



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
 Курейчик Виктор Михайлович, д.т.н., профессор, Технологический институт ЮФУ, г. Таганрог
 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
 Скобелев 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
 Соснин Петр Иванович, д.т.н., профессор, УлГТУ, г. Ульяновск
 Сулейманов Джавдет Шевкетович, академик, вице-президент АН РТ, г. Казань
 Таллер Роберт Израилевич, д.филос.н., профессор, СГАУ, г. Самара
 Федунев Борис Евгеньевич, д.т.н., профессор, ГосНИИ Авиационных систем, г. Москва
 Шарипбаев Алтынбек, д.т.н., профессор, Институт искусственного интеллекта, г. Астана, Казахстан
 Шведин Борис Яковлевич, к.психол.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
Технический редактор	Шустова Д.В.	СГАУ
Редактор перевода	Коровин М.Д.	СГАУ
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/



Smart Solutions
 Living schedules - easy as 1-2-3

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «РАЗУМНЫЕ РЕШЕНИЯ»
<http://www.smartsolutions-123.ru/>

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



Отпечатано в издательстве “Новая техника” © Все права принадлежат авторам публикуемых статей
 Подписано в печать 23.06.2013. Тираж 300 экз. © Издательство “Новая техника”, 2011, 2012, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Онтология проектирования в лицах ВЫБОРЫ БУДУЩЕГО РОССИЙСКОЙ НАУКИ	5
От редакции “ВСЕГДА РАБОТАЙ, ВСЕГДА ЛЮБИ...”	6
Виттих В.А. ПЛАТОНОВСКАЯ ДИАЛЕКТИКА КАК ПЕРВООСНОВА НАУКИ ОБ УПРАВЛЕНИИ ОБЩЕСТВОМ	9
Смирнов С.В. ОНТОЛОГИИ КАК СМЫСЛОВЫЕ МОДЕЛИ	12
Виттих В.А., Моисеева Т.В., Скобелев П.О. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНСЕНСУСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	20
Скобелев П.О. СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: КОЛЛЕКТИВНЫЙ ПОИСК СОГЛАСОВАННЫХ РЕШЕНИЙ В ДИАЛОГЕ	26
Боргест Н.М., Коровин М.Д. ОНТОЛОГИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, КРАТКИЙ ОБЗОР	49
Четвериков Г.Г., Кнышева Е.С., Вечирская И.Д. КОНЦЕПТУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОЗНАЧНЫХ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. МОЗГОПОДОБНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ	56
ABSTRACTS	64
КОММЮНИКЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО САММИТА 2013 Оценка онтологий в течение всего жизненного цикла	66
НОВОСТИ ОТ ПАРТНЕРА ЖУРНАЛА	75
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИЗДАНИЯ	76

CONTENT

Ontology of designing in the people	
ELECTION OF THE FUTURE OF RUSSIAN SCIENCE	5
From the Editors	
“ALWAYS WORK, ALWAYS LOVE ...”	6
V.A. Vittikh	9
PLATO’S DIALECTICS AS THE BASIS OF SOCIETY MANAGEMENT SCIENCE	
S.V. Smirnov	12
ONTOLOGIES AS SEMANTIC MODELS L	
V.A. Vittikh , T.V. Moisseeva, P.O. Skobelev	20
DECISION MAKING ON THE BASIS OF CONSENSUS USING MULTI-AGENT TECHNOLOGIES	
P.O. Skobelev	26
SITUATION-DRIVEN DECISION MAKING AND MULTI-AGENT TECHNOLOGY: FINDING SOLUTIONS IN DIALOGUE	
N.M. Borgest, M.D. Korovin	49
ONTOLOGIES: CURRENT STATE, SHORT REVIEW	
G.G. Chetverikov, H.S. Knyshova, I.D. Vechirska	56
CONCEPTUAL AND PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF BUILDING MULTIPLE-VALUED SYSTEMS OF ARTIFICIAL INTELLECT. BRAIN-LIKE CONVERTERS OF INFORMATION	
ABSTRACTS	64
ONTOLOGY SUMMIT 2013 COMMUNIQUE	
Towards Ontology Evaluation across the Life Cycle	66
NEWS FROM THE PARTNER JOURNAL	75
RECOMMENDED BOOKS	76

Онтология проектирования в лицах

ВЫБОРЫ БУДУЩЕГО РОССИЙСКОЙ НАУКИ

Ученых надо защищать от бюрократов
В.Е.Фортов,
Из выступления на передаче
«Линия жизни»

В своем программном заявлении на выборах в президенты Российской академии наук академик В.Е. Фортов писал: «В современных условиях, когда идеологические и политические приоритеты страны не спускаются сверху, а *формируются самим обществом*, академия наук должна вести содержательный, активный и уважительный диалог с обществом, способствуя его просвещению, и бороться с проявлениями лженауки и невежества, разъясняя роль, место и значение науки в современной жизни. РАН должна стать активным элементом выработки и проведения государственной политики, способствовать развитию и образованию населения страны, поднятию его культуры в новых условиях».¹

29 мая 2013 года Общим собранием Российской академии наук **Владимир Евгеньевич Фортов** был избран президентом Российской академии наук.

В.Е. Фортов 1968 г. с отличием окончил факультет аэрофизики и космических исследований МФТИ. В 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Теплофизика плазмы ядерных ракетных двигателей». С октября 1971 по май 1986 г. работал в отделении Института химической физики АН СССР. В 1976 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Исследование неидеальной плазмы динамическими методами». В 1987 г. избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1991 г. — действительным членом РАН по отделению физико-технических проблем энергетики и общей и технической химии. С 1993 по 1997 г. — председатель РФФИ. С 1996 по 2001 г. — вице-президент РАН. В августе 1996 г. назначен председателем Государственного комитета РФ по науке и технологиям, затем министром науки и технологий, одновременно был заместителем председателя Правительства РФ. С 1992 по 2007 г. — директор Института теплофизики экстремальных состояний Объединенного института высоких температур РАН. С 2007 г. — директор Объединенного института высоких температур РАН. С 2002 г. — академик-секретарь Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН. С 2010 г. — член Консультативного научного совета Фонда «Сколково».

Актуальным высказываниям академика на наш взгляд созвучны мысли великого Эпикура:



«Из тех действий, которые закон признает *справедливыми*, действительно справедливо только то, польза чего подтверждается нуждами человеческого общения, будет ли оно *одинаково для всех* или нет. А если кто издаст закон, от которого не окажется пользы в человеческом общении, такой закон по природе уже будет несправедлив²...».

От лица рядовых российской науки искренне желаем новому руководству РАН успеха в достижении поставленных целей.

Н. Боргест, С. Смирнов

¹ Наука выбора. Журнал «В мире науки», №6, 2013.

² Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов. Книга X. Эпикур («Главные мысли»). Перевод с древнегреческого М.Л.Гаспарова. 2-е изд., испр. — М.: Издательство "Мысль", 1986. — 576 с.

**«ВСЕГДА РАБОТАЙ. ВСЕГДА ЛЮБИ¹...»**

Следует наслаждаться жизненными благами в той мере, в какой это совместимо с нашим благополучием и преуспеванием других; и тот, кто открывает новое *удовольствие*, является одним из самых полезных членов общества

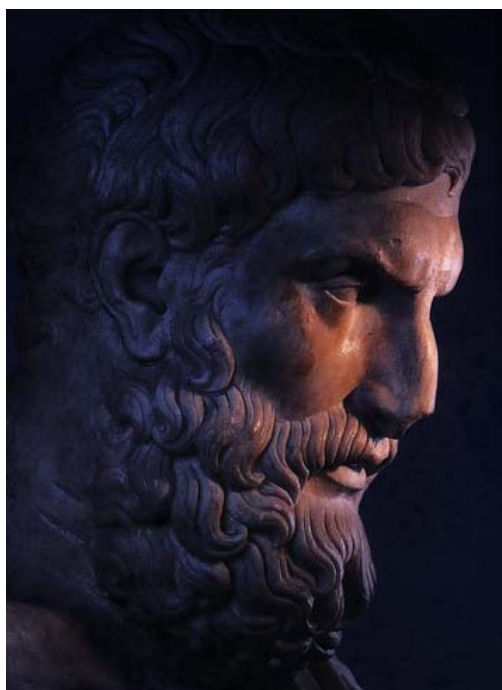
Конфуций
(551-479 гг. до н.э.)

Я тоже хочу

Алексей Балабанов
(25.02.1959-18.05.2013)

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

В последнем фильме maestro российского кино Алексея Балабанова, скоростно покинувшего нас в мае этого года, утверждается (ставшая уже классической) тяга, а точнее - физиологически, психологически и социально присущее стремление людей к **«счастью»**.



Талантливый художник в своих произведениях описал и представил на суд зрителям свою версию онтологии общества, её внутреннее содержание, которое существенно отличается от декларируемых «бумажных законов»² и «красочных» виртуальных телевизионных картинок. Отдавая должное ушедшему мастеру, вернемся, как всегда в нашем обращении, к истокам. Не изменяя традициям, вспомним древних греков и яркого представителя античной философии – Эпикура. Ведь, как известно, практической целью философского учения Эпикура было указать людям путь к счастью³.

Эпику́р (греч. Επίκουρος; 342-271 гг. до н.э.) основатель эпикуреизма, как философского учения и философской школы в Афинах, известной как «Сад Эпикура»⁴, в котором он развил этику наслаждений Аристиппа в сочетании с учением об атомах Демокрита и Левкиппа⁵. Эпикурейцы были яркими представителями античного материализма, а в физике Эпикур исходил из признания вечности и несотворимости мира. На во-

¹ «**Всегда работай. Всегда люби.** Люби жену и детей больше самого себя. Не жди от людей благодарности и не огорчайся, если тебя не благодарят. Наставление вместо ненависти, улыбка вместо презрения. Из крапивы извлекай нитки, из полыни — лекарство. Нагибайся только затем, чтобы поднять павших. Имей всегда больше ума, чем самолюбия. Спрашивай себя каждый вечер: что ты сделал хорошего. Имей всегда в своей библиотеке новую книгу, в погребке — полную бутылку, в саду — свежий цветок» — и всё это наставления Эпикура.

² См. статью Кретьова С.И. в нашем журнале (№ 4, 2012 г.).

³ Философия: Энциклопедический словарь. — М.: Гардарики. Под редакцией А.А. Ивина. 2004.

⁴ Здесь «Сад Эпикура» - как библейский аналог Эдема (евр. наслаждение) - райского сада, сада наслаждений; но в реальной жизни - это место общения людей, посвятивших себя философии. Ветхий завет или Еврейская библия, где упоминается Эдем, как страна наслаждений, впервые был переведен на греческий язык в III веке до н.э., и, возможно, послужил Эпикуру прообразом при создании им своего Сада - сада добродетельных наслаждений и интеллектуальных удовольствий.

⁵ О Левкиппе см. в предыдущем обращении к читателям нашего журнала (№1, 2013 г.).

ротах философской школы Эпикура красовалась надпись: «Гость, тебе здесь будет хорошо; здесь удовольствие — высшее благо».

Практически каждый из героев древности предстает перед своими потомками противоречивой личностью. «Виною» тому служат многочисленные «аккуратные» и не очень переводы, трактовки и толкования, которые по определению субъективны, далеко не беспристрастны и базируются на невозможности адекватной передачи смыслов и интерпретации фактов. Сложность передачи смысла от источника усиливается передачей его последователями, живущими в другой культурно-языковой среде, имеющими свои установки, ментальность и взгляды. В письме к Геродоту Эпикур писал: «...прежде всего, Геродот, следует понять то, что стоит за словами, чтобы можно было свести к ним для обсуждения все наши мнения, разыскания, недоумения, чтобы в бесконечных объяснениях не оставались они необсужденными, а слова не были пустыми, чтобы наши объяснения не уводили от них в бесконечность, в диалектическую игру понятиями, а держались наглядного смысла слов⁶».

Наглядным примером «трудности» передачи смысла служит перевод Конфуция. Опубликованные его «Беседы и суждения»⁷ в исполнении трех переводчиков показывают порой существенное отличие содержания перевода умозаключений автора.

Базовой точкой отсчета философии Эпикура была, как известно, этика Аристиппа (435-366 гг. до н.э.) - философа, основателя школы киренаиков, ученика Сократа. Не все современники и последователи понимали и принимали этику Аристиппа. Но именно она послужила основой формирования этики Эпикура, его «главных мыслей⁸». Первые четыре «главные мысли», считавшиеся ключом ко всей эпикурейской этике и являвшиеся интерпретацией идей Аристиппа, носили название «четвероякое лекарство» - тетрафармакос (тетраφάρμακος) и включали в себя такие утверждения, как: «не должно бояться богов; не должно бояться смерти; благо легко достижимо; зло легко переносимо».

Не менее интересны также и следующие умозаключения Эпикура, некоторые из них удивительно хорошо коррелируют с выводами и наставлениями Конфуция:

«Некоторые хотят стать знаменитыми и быть на виду у людей, надеясь этим приобрести безопасность от людей. Если жизнь их действительно безопасна, значит, они достигли естественного блага; если не безопасна — значит, они так и не достигли того, к чему по природному побуждению стремились с самого начала.

Никакое наслаждение само по себе не есть зло; но средства достижения иных наслаждений доставляют куда больше хлопот, чем наслаждений.

Безопасность от людей до некоторой степени достигается с помощью богатства и силы, на которую можно опереться, вполне же — только с помощью покоя и удаления от толпы.

Богатство, требуемое природой, ограничено и легко достижимо; а богатство, требуемое праздными мнениями, простирается до бесконечности.

Кто праведен, в том меньше всего тревоги, кто неправеден, тот полон самой великой тревоги.

Из всего, что дает мудрость для счастья всей жизни, величайшее — это обретение дружбы.»

Эпикурейская философия, в особенности философия самого Эпикура, не имеет конечной целью нахождение теоретической истины, она не ставит перед собой задачу получить некое

⁶ Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов / Пер. с древнегреч. М. Л. Гаспарова; Ред. тома и авт. вступ. ст. А. Ф. Лосев; АН СССР, Ин-т философии. — 2-е изд., испр. — М.: Мысль, 1986. — 576 с.

⁷ Конфуций. Беседы и суждения: Трактат / Пер. с кит. Вступ. ст. С. Чумакова. — М.: Мир книги, Литература, 2006. — 352 с. — («Великие мыслители»).

⁸ Эпикур. Главные мысли / Тит Лукреций Кар. О природе вещей. Пер. М. Л. Гаспарова. М., 1983. С. 319—324.

чистое знание. Эпикуреизм служит вполне конкретным нуждам: ищет способ избавления человека от страдания.

Эпикурейцы считали, что для счастливой жизни человеку необходимо: отсутствие телесного страдания; невозмутимость души; дружба.

Главный интерес для эпикурейцев представляет чувственный мир, поэтому их основной этический принцип — удовольствие. Но Эпикур представлял удовольствие не вульгарно и упрощенно, а как благородное спокойствие, уравновешенное удовольствие. Он считал, что желания человека безграничны, а средства их удовлетворения ограничены. Поэтому необходимо себя ограничить лишь потребностями, неудовлетворение которых ведет к страданию. От остальных желаний следует отказаться, в этом необходимы мудрость и благоразумие⁹.

Великий Конфуций говорил: «Искренне веруй и люби учиться, храни до смерти свои убеждения и совершенствуй свой путь. В государство, находящееся в опасности, не входи; объятom мятежом, не живи; появляйся когда во Вселенной царит закон и скрывайся в эпоху беззакония. Стыдно быть бедным и занимать низкое положение, когда в государстве царит закон; равно стыдно быть богатым и знатным, когда в государстве царит беззаконие»¹⁰.

На вопрос, каков должен быть истинно славный ученый, Конфуций отвечал: «Истинно славный обладает природною прямою и любит правду, вникает в слова и вглядывается в выражение лица, заботится о том, чтобы поставить себя ниже других – такой, без сомнения, будет истинно славным как в государстве, так и в семье».

Поэтому, завершить своё обращение всё-таки хочется словами более раннего восточного философа – Конфуция, жившего в VI-V веках до н.э.:

*«Счастье – когда тебя понимают,
Большое счастье – когда тебя любят,
Настоящее счастье – когда любишь ты!»*

По-настоящему счастливы члены нашей редакционной коллегии, которые самозабвенно трудятся на научной ниве, передают знания молодежи, живут насыщенной творческой жизнью. Члены нашей редколлегии настоящие эпикурейцы, организующие свои «Сады» в разных уголках нашей большой страны:

в Дивноморском (*Васильев С.Н.* провел 4-е всероссийских мультikonференции по проблемам управления),

в Самаре (*Виттих В.А.* в июне проводит XV-ю международную конференцию ПУМСС, *Пиявский С.А.* провел три международных конференции «Творческий потенциал»),

в Иркутске на озере Байкал (*Массель Л.В.* ждёт всех в июле этого года на XVIII-ю всероссийскую конференцию с международным участием ИМТ),

в Минске (*Голенков В.В.* готовит III-ю международную конференцию OSTIS),

в Ульяновске (*Соснин П.И.* также организует свои международные конференции IST).

Сады цветут и в других местах, но, в отличие от слов известной песни, пусть «цветут сады в душе у нас» не «один раз в год», а всегда: ***всегда работаю, всегда люблю!***

P.S.

Вдумчивый читатель с выстроенной онтологией уже давно обратил внимание, что обращение редакции в большей степени посвящено пытливым молодежи, вступающей в науку. Именно им важно, на наш взгляд, дать нужный настрой на работу, дать необходимые ориентиры, подвигнуть на создание своего «Сада».

⁹ ru.wikipedia.org/Википедия/Эпикуреизм

¹⁰ Конфуций. Беседы и суждения: Трактат / Пер. с кит. Вступ.ст. С. Чумакова. – М.: Мир книги; Литература, 2006. – 352 с. – («Великие мыслители»).

УДК 50.03.05

ПЛАТОНОВСКАЯ ДИАЛЕКТИКА КАК ПЕРВООСНОВА НАУКИ ОБ УПРАВЛЕНИИ ОБЩЕСТВОМ

В.А. Виттих

*Институт проблем управления сложными системами РАН
vittikh@iccs.ru*

Аннотация

Обосновывается необходимость использования платоновской диалектики для создания науки об управлении обществом. В отличие от фундамента естествознания и других точных наук - аристотелевской аналитики, имеющей дело с вечными неизменными объектами «без примеси человеческой субъективности» и обеспечивающей приобретение объективно-истинных знаний, - платоновская диалектика выполняет пропедевтическую функцию по отношению к науке об управлении обществом, которая связана с изучением человеческой деятельности в многообразных её формах. Платоновская диалектика исходит из необходимости достижения диалогического взаимопонимания людей в процессе обсуждения проблемы, требующей решения, благодаря которому через столкновение различных, зачастую противоположных, субъективных точек зрения, формируется мнение, т.е. не достоверное, а вероятно истинное, правдоподобное знание.

Ключевые слова: диалектика Платона, управление обществом, диалог, взаимопонимание, правдоподобное знание, понятие, смысловая модель, онтология.

Общепризнан фундаментальный вклад в мировую науку Аристотеля, создавшего логику – не только как отдельную науку, а как инструмент, орудие всяких других наук. «Мы можем обнаружить у него начатки почти всех наших конкретных наук» [1]. Аристотель поставил и дал ответ на вопрос о достоверном знании и методах его доказательства, к которым относятся аристотелевская аналитика, силлогистика и теория дедукции. Научное доказательство в понимании Аристотеля и есть логическое выведение из истинных посылок. Закон противоречия (непротиворечия) Аристотеля постулирует, что вещь не может обладать и одновременно не обладать некоторым свойством, а суждение не может быть одновременно истинным и ложным. Тем самым удовлетворяется общенаучное требование однозначности формализации знаний, и постулируется тезис о том, что при наличии истинных посылок существует один правильный вывод, единственное верное решение. Система логики Аристотеля и его учение об истине создали основу прежде всего для развития естественных наук, имеющих дело с вечными, неизменными или повторяющимися объектами природы, относительно которых субъект-исследователь может приобретать объективно-истинные знания.

Иная картина складывается применительно к общественным наукам и к науке об управлении обществом, сферой познания которых является человеческая деятельность в многообразных её формах. В отличие от природных объектов, существующих объективно, «без примеси человеческой субъективности», в социуме люди не только присутствуют, но и взаимодействуют между собой. Здесь уже главная задача познания – «*понять чужое «Я» не в качестве некоего объекта, а как другого субъекта, как субъективно-деятельное начало*» [2]. А это означает, что речь идёт не о «субъект-объектных» отношениях (как в естествознании), а о диалоге – форме, в которую в античной философии облекался диалектический процесс поиска (рождения) истины [3]. Для Платона диалектика – высшая наука, метод познания идей, а не просто искусство вести беседу [4].

Г.-Г. Гадамер в своей монографии «Диалектическая этика Платона» [5], изданной впервые в 1931 году, «из анализа платоновского диалога «Филеб», черпает тот образ диалектики, который противопоставляет распространённому объективистко-сциентистскому её толкованию. Последнее скорее ориентировано не на платоновские диалоги, а на результаты интерпретации Аристотеля» [6]. «...Аристотелевскую науку отличает то, что она не нуждается в чётко выраженном согласии партнёров; она есть указание на необходимость, не озабоченную проблемой фактического согласия других людей. Напротив, *диалектика* живёт исходя из силы *диалогического взаимопонимания*, из *понимающего сопровождения* со стороны другого человека; и в каждом шаге этого движения его носителем является [потребность] *убедиться в согласии партнёра*» [5].

«*Аристотель низвёл платоновскую диалектику до уровня вспомогательной эвристической дисциплины* («Топика»), противопоставив ей в качестве строгого научного метода аналитику – теорию аподиктического («доказательного») силлогизма, который исходит из достоверных и необходимых посылок и приводит к «научному знанию» [7]. И если для естествознания (и вообще для всех «точных» наук, включая математическую теорию управления) аристотелевская аналитика стала незаменимым инструментом получения объективно-истинного знания, то её использование в обществознании привело к своеобразной «методологической аберрации»: *общественным наукам пришлось исключать из своего поля зрения «субъективное начало» - человека*, или рассматривать его как поведенческую систему, описываемую в терминах «стимула» и «реакции»; во всех случаях *сознание человека и необходимость достижения взаимопонимания между людьми в расчёт не принимались*. При этом оставалось молчаливо предположить о существовании неких «квазиприродных сил», определяющих развитие общества, и путь к приобретению «объективных» знаний общественными науками был расчищен.

Здесь следует отметить, что, конечно же, не все учёные, занятые изучением общества и решением проблем управления в нём, были захлестнуты «волной объективизма» и исповедовали веру в существование «единственно правильных» решений в общественном развитии, находясь «в фарватере» естественных наук. Но они всегда составляли меньшинство. И основным аргументом в пользу этого утверждения является практика. Если обратиться, например, к деятельности органов государственного или корпоративного управления, то можно обнаружить, что они в своих решениях, как правило, руководствуются здравым смыслом, используют опыт коллег, рекомендации консалтинговых фирм и т.п., опираясь на принципы «идеальной бюрократии», предложенные М. Вебером более 100 лет назад, которые превращают человека в «винтик» управленческого механизма. «Механистичность» и «безличность» являются едва ли не самыми характерными чертами большинства существующих в современном обществе систем управления, которые уже не удовлетворяют потребностям практики. Ведь в веберовской теории человек низведён до автомата, исполняющего формальные правила, инструкции и указания. Нужна иная теория общества, открывающая новые возможности повышения качества жизни и эффективности управления за счёт использования интеллектуальных и волевых ресурсов людей [8].

Для создания науки об управлении обществом, как это вытекает из предыдущего изложения, в качестве первоосновы следует взять не формальную аристотелевскую аналитику, а *платоновскую диалектику*, исходящую из необходимости достижения *диалогического взаимопонимания* людей в процессе совместного *обсуждения проблемы*, благодаря которому через *столкновение различных, зачастую противоположных, субъективных точек зрения*, формируется *мнение*, т.е. не достоверное, а вероятно истинное, *правдоподобное знание*. Как известно, «европейская традиция нового времени, в первую очередь картезианская философия, стремилась свести исследуемую философией духовную деятельность к познанию, уда-

ля взаимопонимание за пределы области исследований» [9]. В противовес этому, платоновский диалог направлен на поиски взаимопонимания.

Диалектика Платона – это теория *идей*. В своём обосновании мира идей Платон исходит из того, что чувственное восприятие не даёт знания постоянного. Только *понятия*, правильно образованные, являются неизменными, и только они дают действительное знание. «Понятие должно иметь объект, к которому оно относится. Этот объект не может быть идентичным объекту чувственного восприятия, он должен быть сверхчувственным объектом – идеей. Следовательно, в наших понятиях совершается познание сверхчувственного мира. *Понятия являются отражением идей*» [4]. «Способом бытия идеи является её воплощаемость и воплощённость во множестве материальных предметов, существующих в качестве слепков с неё и запечатлевающих в себе её образ. Каждая вещь существует лишь постольку, поскольку является материальным воплощением, опредмечиванием идеи... Платоновская идея, однако, есть не просто родовое понятие вещи, но её *смысловая модель*» [10]. Идеи возникают как условия перехода от восприятия вещей к их осмыслению.

Таким образом, в платоновской *онтологии* (учении о бытии) признаётся два отдельных мира: мир вещей и мир идей. Причём, поскольку единичное (вещь) существует как воплощение общего (идеи), мир идей рассматривается как основополагающий: идеи, согласно Платону, и есть истинное бытие. Тогда множество понятий, отражающих некоторую совокупность идей, может составлять фундамент онтологии, с помощью которой отдельный человек или группа людей могут выражать своё отношение к миру. А это означает, что *онтологии становятся инструментом достижения взаимопонимания*.

Список источников

- [1] Уайтхед, А. Избранные работы по философии / А. Уайтхед. – М.: Прогресс, 1990. – 544 с.
- [2] Кохановский, В.П. Основы философии науки / В.П. Кохановский, Т.Г. Лешкевич, Т.П. Матяш, Т.Б. Фатхи. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004.
- [3] Словарь философских терминов. – М.: ИНФРА-М, 2004.
- [4] Философский энциклопедический словарь. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 576 с.
- [5] Гадамер, Г.-Г. Диалектическая этика Платона. Феноменологическая интерпретация «Филеба» / Г.-Г. Гадамер. – СПб.: Санкт-Петербургское философское общество, 2000. – 256 с.
- [6] История философии: Запад – Россия – Восток (книга четвёртая. Философия XX века). – М.: «Греко-латинский кабинет» Ю.А. Шичалина, 1999. – 448 с.
- [7] Новая философская энциклопедия (в четырёх томах). Том I. – М.: «Мысль», 2010.
- [8] Виттих, В.А. Введение в теорию интересубъективного управления / В.А. Виттих. – Самара: СамНЦ РАН, 2013. – 64 с.
- [9] Современный философский словарь. – Лондон, Франкфурт-на-Майне, Париж, Люксембург, Москва, Минск: «ПАНПРИНТ», 1998.
- [10] Всемирная энциклопедия. Философия. – М.: АСТ; Мн.: Харвест, Современный литератор, 2001.

Сведения об авторе

Сведения об авторе статьи Виттихе В.А. приведены в этом номере журнала в статье «Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий» (авторы: В.А. Виттих, Т.В. Моисеева, П.О. Скобелев)

УДК 618.3:50

ОНТОЛОГИИ КАК СМЫСЛОВЫЕ МОДЕЛИ

С.В. Смирнов*Институт проблем управления сложными системами РАН
smirnov@iccs.ru*

Аннотация

В статье излагается опыт смыслового моделирования реальности на основе онтологий. Предполагается, что онтологии пригодны для представления как формально-математических, так и содержательно-описательных (т.е. собственно смысловых) моделей. В качестве предпосылки для выбора базовых элементов онтологических спецификаций постулируется когнитивная способность субъектов моделирования различать в мире объекты («дискретные объекты») и обнаруживать связи между объектами. Поскольку отношения как совокупности связей делятся на свойства и ассоциации объектов, то моделирующими примитивами для онтологий оказываются свойства и классы объектов. Ассоциативные отношения, элементы операционного базиса и аксиомы моделируемой предметной области фиксируются при определении специальных свойств объектов. Анализируется общая схема использования онтологических моделей, констатируется ее органичная ориентация на интеграцию разнородных знаний и очерчиваются необходимые для этого механизмы управления моделями.

Ключевые слова: смысловые модели, объект, свойство, семантическая сеть, формальная онтология, многомодельность, интеграция знаний.

Введение

Стержневая линия античного учения о бытии, выразителем которой стал Платон, четко отделяла мир вещей от мира идей, а переход от восприятия вещей к их осмыслению предполагала фиксировать в *смысловых моделях* (см. [1]). Однако оценки *способов* такого моделирования кардинально разделялись.

Так, Аристотель считал модели в форме «диалектических умозаключений» уместными лишь в «обычной» жизни, тогда как для получения «абсолютного знания» о ней пригодной признавал лишь «высказывающую речь» [2]. С его точки зрения диалектика достаточна для ведения спора и выдвижения правдоподобных заключений при *неполном* знании о мире вещей, что столь характерно для быта. Но лишь «высказывающая речь», могущая быть единственно истинной либо ложной, способна быть *носителем знания*. Именно эта концепция стала краеугольной в науке и в течение столетий воспринималась как единственно верная, предопределив как триумфальные достижения, так и фундаментальные проблемы, начиная с парадоксов логики и теории множеств до обсуждаемых в [1] «методологических aberrаций».

Сейчас уже общепризнанно, что классические научные методологии оказались мало приспособлены к работе со сложной, неоднозначной, неточной и противоречивой информацией, характерной для современных прикладных задач. Традиционное (и, прежде всего, формально-математическое) моделирование имеет здесь ограниченное применение в силу того, что смысловые модели реальности имеют преимущественно диалектический, *содержательно-описательный характер*, либо включают в себя и содержательно-описательную, и формально-математическую компоненты. Новые же возможности смыслового моделирования открываются благодаря развитию инфокоммуникационных технологий и методов *искусственного интеллекта* (ИИ).

По мнению специалистов, эти возможности – следствие достигнутого единства базовых средств отображения различных моделей (т.е. содержательно-описательных и формально-математических) и методов их интерпретации во «внутренний мир» компьютеров. «В качестве таких базовых средств выступают информационные объекты (данные и специальным образом конструируемые структуры данных) и алгоритмы (организуемые специальным образом последовательности встроенных операций преобразования информационных объектов)» [3]. Однако, замечают затем авторы [3], если культура перехода от формально-математических моделей и методов к алгоритмам и данным складывалась на протяжении всей истории развития вычислительной техники, то проблемы отображения содержательно-описательных моделей и средств их исследования в информационные объекты и алгоритмы стали объектом изучения сравнительно недавно и исследуются именно в ИИ.

После драматичного полувекового периода надежд, достижений и разочарований сегодня ИИ на роль базовых смысловых (семантических) моделей выдвигает *формальные онтологии* [4]; это верно как в мировом масштабе (см., например, сайт Международной ассоциации по онтологии и ее приложениям – IAOA), так и на отечественной ниве [5]. Действительно, анализ и созидание в сложных инфокоммуникационных системах (в самом широком охвате, включая социум) оказывается результативным лишь при надежном и согласованном представлении *предмета* внимания действующего субъекта - *актора*. Систематизация, разработка и использование таких представлений и составляют современное содержание *онтологического подхода* в моделировании и управлении. В статье излагается авторский взгляд на сущность и возможности такого смыслового моделирования.

1 Онтология и денотативная объектная модель предметной области

Представляется, что при формулировке знаний, составляющих содержание смысловых моделей, фундаментальную роль играют *два когнитивных суждения о мире*: возможность различения *дискретных объектов* и существование *связей* между ними. Множество объектов, рассматриваемых в контексте всякой *ситуации*, или *задачи*, образует ее *предметную область* (ПрО). Связи между объектами определяют *отношения* в ПрО: унарные интерпретируются как имманентные агрегируемые *свойства объектов* (функции объектов); произвольной арности, или собственно отношения, описывают различные *ассоциации объектов*. Мощностность моделирования, присущая бинарным отношениям, позволяет описывать любые ассоциативные отношения в ПрО с помощью пиринговых связей между объектами. Это позволяет представить картину ПрО в виде сети связанных объектов, которая в теории представления знаний известна как *семантическая сеть*.

Имеются веские основания придерживаться следующего взгляда на конструкцию этой сети (рисунок 1) [6, 7].

С позиции представления объектов ПрО рассматриваемая сеть распадается на две подсети: «*классы*» и «*экземпляры*», - которые находятся в *отношении экзemplификации*. В первой подсети имеется лишь *по два сорта* вершин и дуг: сосуществуют вершины-классы и вершины-свойства; дуги сорта «*является видом*» соединяют вершины-классы, а дуги «*является частью*» соединяют каждую вершину-свойство с одной и только одной вершиной-классом. Именно эта подсеть описывает *понятийную структуру* ПрО, определяя *онтологию* ПрО: совокупность понятий о доступных для ощущения/измерения свойствах объектов и разновидностях объектов в контексте доступных свойств. Подсеть «*экземпляры*» являет собой «денотат» онтологии - *денотативную объектную модель* ПрО, в которой онтология ПрО определяет типы вершин (они суть образы объектов ПрО) и дуг (это образы *связей* объектов ПрО; совокупности однородных связей составляют различные отношения между объектами).

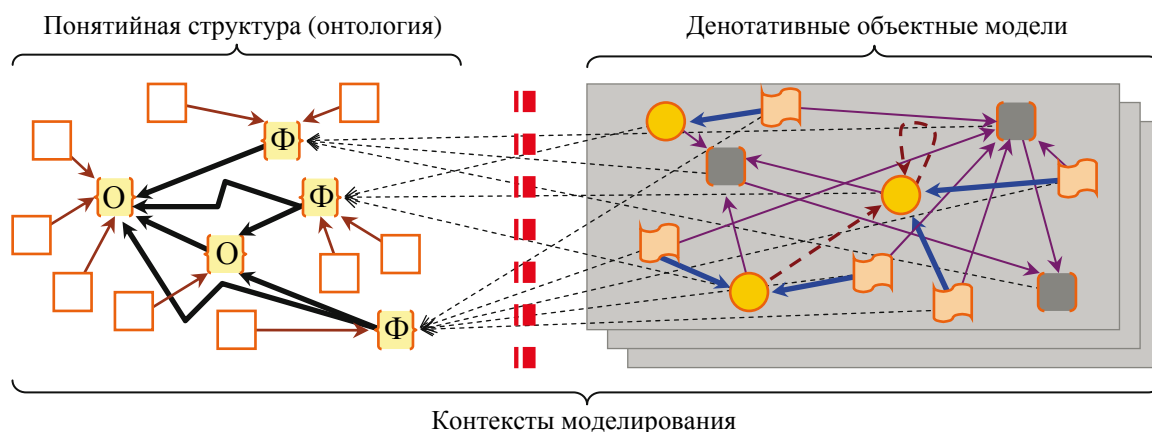


Рисунок 1 – Сетевая объектная модель предметной области:
 Ф – фундаментальные, О – обобщающие классы объектов;
 пунктирные дуги реализуют отношение экземплификации

Таким образом, исходными элементами в представленной картине смысловой модели служат *свойства* и *классы* объектов. *Отношения* между объектами - типичная составляющая онтологических спецификаций - возникают вследствие реализации специальных свойств объектов - *валентностей* [6, 7]. А благодаря идее *демонов*, вошедших в арсенал объектно-ориентированного стиля представления знаний [8] из теории *фреймов* М. Минского, примитив «свойство» пригоден и для фиксации еще одной общепризнанной компоненты смысловых моделей – *условий целостности*, или *аксиом*, ПрО (пример практического применения такого подхода к описанию аксиоматики ПрО можно найти в [9]).

В целом при решении задач онтология представляет *теорию*, а денотативная модель конкретизирует эту теорию применительно к актуальной *ситуации* в моделируемой ПрО. Множественность таких ситуаций делает целесообразным [7]:

- иметь *раздельные спецификации* для онтологической и денотативной компонент объектной модели ПрО (для повторного использования онтологий при моделировании разных ситуаций в ПрО), реализуя отношение экземплификации «внемодельными», технологическими методами;
- использовать при решении задач понятие *контекста моделирования* как актуальной пары \langle онтология ПрО, денотативная модель ПрО \rangle .

Наконец, следует отметить, что смысловые модели предметных областей - онтологии и денотативные модели - *однородны*, поскольку каждая является денотативной объектной моделью своей особенной ПрО. Для денотативной модели это ПрО, описываемая онтологией этой ПрО. Для онтологий это ПрО, которой принадлежат объемы понятий «класс объектов» и «свойство», а онтология, где эти понятия описаны (т.е. «онтология онтологий», или мета-онтология), должна быть семантически замкнута, описывая саму себя. Это естественная «технологическая реакция» на *онтологическую относительность* смысловых моделей реального мира [10].

2 Использование смысловых онтологических моделей

Для акторов, которых «мобилизует» и объединяет проблемная ситуация, смысловые модели (т.е. понятное этим акторам выражение правдоподобного знания) служат и *инструментом достижения взаимопонимания*, и *инструментом разрешения* - по крайней мере на уровне коммуникативных действий - *проблемы* [1, 11]. При этом применение в качестве смысловых моделей онтологий обеспечивает процессу решения задач *систематичность* и

междисциплинарность (благодаря органично присущей онтологическому подходу *многомодельности* и возможностей *интеграции* моделей) [12].

2.1 Общая схема

Укрупненный вид схемы, отражающей опыт построения и использования смысловых моделей на основе онтологий, представлен на рисунке 2.

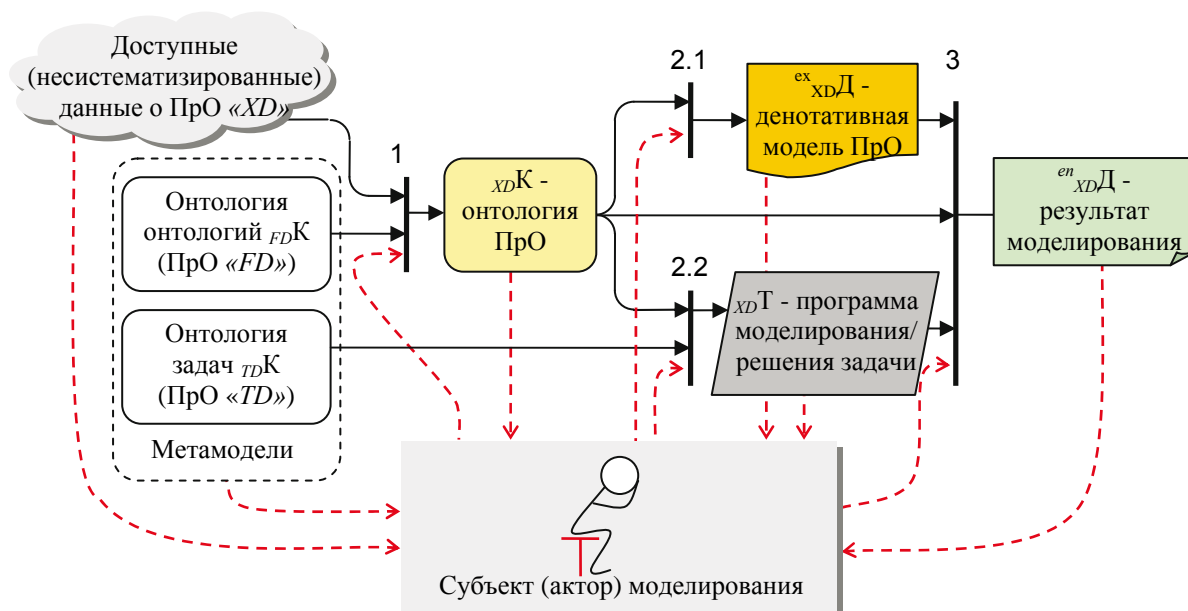


Рисунок 2 – Схема построения и использования смысловых онтологических моделей:
1-3 – этапы моделирования

Безусловно, центральная фигура в схеме – актер, нуждающийся в понимании и разрешении проблемной ситуации. К нему сходятся важнейшие информационные потоки – от эмпирических наблюдений ПрО до интерпретации результатов моделирования. Он, так или иначе, участвует в итеративном формировании всех необходимых моделирующих спецификаций за исключением *метамodelей*, являющихся для него фундаментальной платформой смыслового моделирования.

На рисунке 2:

- x_DK – онтология – продукт *концептуализации*, или *онтологического анализа*, некоторой ПрО «XD»;
- ex_{XD} – экзогенная объектная модель ПрО «XD», построенная на «языке» онтологии целевой ПрО, описание ситуации в ПрО;
- x_DT – денотативная модель специальной «технологической» ПрО «TD», онтология которой TDK описывает мир всякой мыслимой задачи [7]. Этап 2.2 с весьма общей точки зрения можно рассматривать как спецификацию сценария решения задачи, описание воздействий на экзогенную денотативную модель целевой ПрО, в результате которых она должна приобрести некоторые удовлетворяющие пользователя свойства. Операционным базисом такой *трансформации* служит исчисление, основу которого составляют функциональные составляющие онтологии целевой ПрО – надлежащим образом определенные свойства ее объектов;

- ${}^{ex}XDД$ - экзогенная денотативная модель целевой ПрО – продукт интерпретации знания, зафиксированного в $XDТ$, применительно к ${}^{ex}XDД$ (3-й этап¹ на рисунке 2). Результатом, ценным для актора, является либо надлежащим способом трансформированная денотативная модель ПрО, т.е. ${}^{en}XDД$, либо зафиксированная апостериори последовательность воздействий на ${}^{ex}XDД$, трансформирующая ее в ${}^{en}XDД$, либо то и другое вместе.

2.2 Многомодельность

Необходимость одновременного отражения многих сторон, ликов, граней ПрО и согласованного манипулирования соответствующими представлениями при решении задач - вполне осознанная и актуальная проблема смыслового моделирования. Так при моделировании сложных систем построение *многомодельной среды* становится неизбежным, «так как сложная система принципиально является многоаспектной, ... она не может быть описана одной моделью, и необходимо разрабатывать ряд моделей одной и той же системы, предназначенных для решения различных задач или только одной задачи» [13, с. 226]. В частности, средства поддержки коммуникативной деятельности в интересующих системах [11] должны отражать различные позиции акторов, каждый из которых первоначально может располагать особой точкой зрения на ПрО (не говоря уже о границах ПрО) и пути разрешения проблемной ситуации, т.е. располагает собственными смысловыми моделями.

Схема моделирования на рисунке 2 по определению является многомодельной. Исключая ${}^{en}XDД$ как производную аппликацию $XDТ$ к ${}^{ex}XDД$, а также априори фиксированные метамодели $FDК$ и $TDК$, приходим к выводу, что для формального описания указанной общей схемы использования смысловых онтологических моделей пригоден кортеж вида

$$(1) \quad (XDК, {}^{ex}XDД, XDТ).$$

Расширение общей схемы (и, следовательно, вариантов многомодельных структур, поддержание и управление которыми должна обеспечивать среда моделирования на основе онтологий) может и должно выполняться с учетом следующих широко признаваемых особенностей смыслового моделирования:

- основным феноменом этапа концептуализации является возможность формирования и сосуществование нескольких различных онтологий (К-моделей) целевой ПрО;
- «на языке» всякой онтологии можно построить в общем случае сколько угодно различных денотативных (Д-) моделей ПрО;
- для всякой ПрО можно указать множество актуальных задач или множество вариантов решения некоторой одной задачи (это ведет к множественности «технологических» трансформационных (Т-) моделей даже при попытке разрешения одной проблемной ситуации);
- для решения реальных задач наряду с моделированием целевой ПрО требуется, как правило, привлечение знаний из возможно нескольких обособленных *проблемно-* (или *методо-*) ориентированных, инструментальных ПрО;
- в качестве целевой в процессе моделирования может выступать ПрО «*FD*», что означает решение задач построения новых онтологий или изменения имеющихся.

Анализ формализма (1) с учетом сказанного, выявивший все теоретически возможные многомодельные схемы использования введенных онтологических смысловых моделей, выполнен в [14].

¹ Этот этап в [7, 12] именуется фазой *вычисления*, или *вычислительного эксперимента* с объектной моделью ПрО. Однако, как однажды заметил Э. Дейкстра, «компьютерная наука касается компьютеров не больше, чем астрономия телескопов», поэтому вычисление, вообще говоря, следует понимать как *поведение*, свойственное многим системам, например, актерам в проблемной ситуации.

2.3 Интеграция знаний

Во-первых, *интеграцию знаний* при организации смыслового моделирования на основе онтологий резонно связывают с *композицией* формальных онтологий (*ontology merging*) – темой, рассмотрение которой выходит за рамки данной статьи. Интересующегося читателя отсылаем к работам [15, 16], где описаны методы объединения онтологий, сопряженные с базовыми положениями, установленными в разделе 1.

Во-вторых, интеграция знаний – отличительное свойство рассматриваемого подхода, прямо вытекающее из присущей ему многомодельности. При этом в многомодельной среде необходимо поддерживать такое управление гетерогенными моделями, которое обеспечит возможность реализации всевозможных схем их использования, упомянутых в подпункте 2.2:

- одновременное манипулирование в ходе решения задачи несколькими денотативными объектными моделями ПрО, описанной одной онтологией;
- совмещение нескольких взглядов на целевую ПрО, когда при решении задачи необходимо оперировать объектными моделями, построенными согласно различным онтологиям этой ПрО (случай многоаспектного представления целевой ПрО);
- совместное использование объектных моделей из разных ПрО, включая модели, конкретизирующие некие общеупотребительные методы решения задач. Т.е. речь идет о междисциплинарных задачах и совместном использовании моделей, отвечающих каждой отдельной дисциплине, а как частный случай указывается на привлечение для решения задачи моделей в методе-ориентированных ПрО;
- решение задач построения или изменения онтологий (К-моделей), а также Т-моделей на основе соответствующих метамodelей;
- организация взаимосвязанных «вычислительных» экспериментов для реализации альтернативных и эволюционных исследований ПрО.

Оказывается, что для реализации этих возможностей достаточно двух «контуров» управления моделями на этапе «вычислений» (рисунок 3) [14].

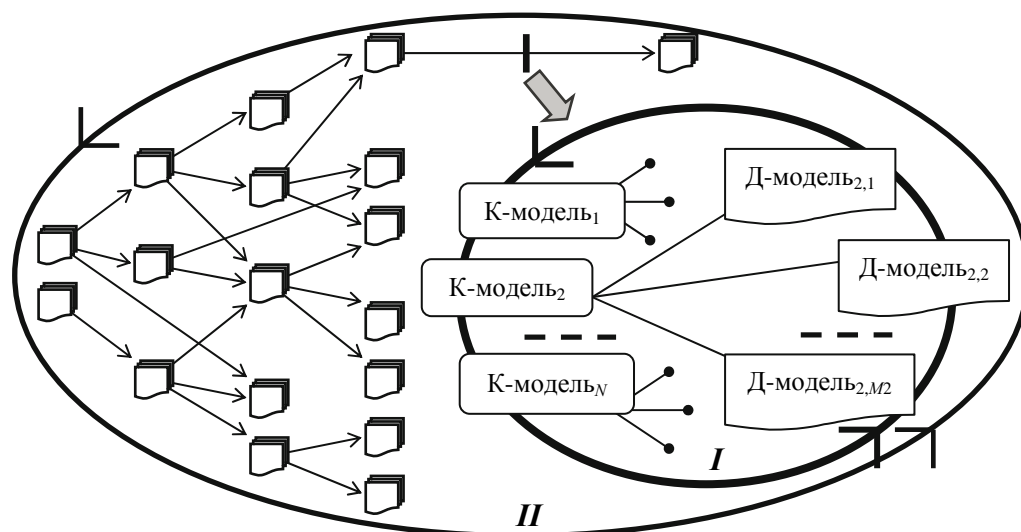


Рисунок 3 - Управление моделями на этапе «вычислений»:
I – задачный и II – проектный «контуры» управления

В первом, или *задачном* (поскольку его должен обеспечивать операционный базис онтологии задач TDK – см. рисунок 2), контуре путем переключения контекстов моделирования –

надлежащего определения «текущей» пары ⟨ К-модель, Д-модель ⟩ - обеспечивается работа с несколькими Д-моделями из разных, вообще говоря, ПрО. При этом должен контролироваться состав допустимых ПрО (Т-модель должна быть компетентна в каждой из них) и корректность контекстов моделирования (К- и Д-модели в контексте моделирования должны представлять одну и ту же ПрО).

Второй, проектный, контур (II на рисунке 3) не является обязательным и связан с макроуправлением «вычислениями». Осуществление управления состоит здесь в возможности проведения взаимосвязанных серий экспериментов с одновременной структуризацией сведений о выполненных «вычислениях» в форме растущего ациклического графа. Необходимость поддержания такого механизма управления требует введения в многомодельную среду специальной ПрО в области обработки информации, операционные составляющие которой, контролируя «правильный» рост структуры хранения информации о «вычислительных экспериментах», способны обеспечить транзакционные свойства этих актов.

Заключение

Опыт онтологического описания предметных областей, которое рассматривается здесь как основа смыслового моделирования, накоплен в течение достаточно продолжительного периода исследований и разработок в сфере объектно-ориентированного моделирования предметных областей, когда появлявшиеся новые потребности требовали постоянного переосмысления и развития достигнутых результатов. В найденных решениях в качестве основных ценностей фигурируют определенный минимализм, однородность теоретических и вследствие этого технологических конструкций.

В целом онтологический подход дает достаточно ясный взгляд на состав, назначение и структуру моделирующего комплекса для поддержки коммуникативной деятельности в интерсубъективных системах, а также механизмов управления моделями при решении задач. При этом охватывается большинство содержательных проблем разработки смысловых моделей: организации системы знаний об актуальной ПрО и о способах решения задач в этой ПрО, планирования решения задач и управления вычислениями, методологии отчуждения знаний от разработчика. Решения этих проблем оказываются в высокой степени унифицированными, а используемые модели однородными.

Список источников

- [1] **Виттих, В.А.** Платоновская диалектика как первооснова науки об управлении обществом / В.А. Виттих // Онтология проектирования. – 2013. - №2.
- [2] **Аристотель.** Сочинения: в 4-х т. Т. 2 / Ред.: З.Н. Микеладзе. – М.: Мысль, 1978. - 687 с.
- [3] **Христьяновский, Д.Г.** Проблемы моделирования в прикладных интеллектуальных исследованиях / Д.Г. Христьяновский, А.И. Эрлих // Труды III конф. по искусственному интеллекту (20-24 октября 1992 г. Тверь, Россия). Т. 2. - Тверь: Российская ассоциация ИИ, 1992. С. 78-81.
- [4] **Guarino, N.** Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation / N. Guarino // Int. J. of Human Computer Studies. - 1995. - V.43. №5/6. - P. 625-640.
- [5] **Хорошевский, В.Ф.** Онтологический инжиниринг в России: ситуация, проблемы, перспективы / В.Ф. Хорошевский // Системный анализ и семиотическое моделирование: Материалы первой всероссийской научной конф. с международным участием (SASM-2011) (24-28 февраля 2011 г., Казань, Россия). – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2011. С. 67-73.
- [6] **Смирнов, С.В.** Онтологии в задачах моделирования сложных систем / С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды II международной конф. (20-23 июня 2000 г. Самара, Россия). – Самара: СамНЦ РАН, 2000. - С. 66-72.

- [7] **Смирнов, С.В.** Прагматика онтологий: объектно-ориентированная модель знаний о предметной области / С.В. Смирнов // 11-я национальная конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября-03 октября 2008 г., Дубна, Россия): Труды конф. Т. 3. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – С. 208-216.
- [8] **Dilger, W.** Object-oriented Knowledge Representation – an Overview / W. Dilger // J. New Generation Computation Systems. - 1989. - V. 2. - № 4. - P. 339-363.
- [9] **Смирнов, С.В.** Валидация эвристического подхода к решению задачи базирования детали / С.В. Смирнов // Известия Самарского научного центра РАН. - Часть I: 2011. - Т. 13. - №6 (44). - С. 274-280; Часть II: 2012. - Т. 14. - №6 (48). - С. 190-197.
- [10] **Куайн, В.** Онтологическая относительность / В. Куайн // Современная философия науки: знание, рациональность, ценности в трудах мыслителей Запада: хрестоматия. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 1996.- 400 с.
- [11] **Виттих, В.А.** Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки / В.А. Виттих // Онтология проектирования. – 2012. - №2. – С. 7-15.
- [12] **Смирнов, С.В.** Онтологическое моделирование в ситуационном управлении / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. – 2012. - №2. - С. 16-24.
- [13] **Емельянов, В.В.** Теория и практика эволюционного моделирования / В.В. Емельянов, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 432 с.
- [14] **Смирнов, С.В.** Онтологический подход к формированию гетерогенных сред моделирования / С.В. Смирнов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». - 2011. - №4(32). - С. 50-61.
- [15] **Stumme, G.** FCA Merge: Bottom-Up Merging of ontologies / G. Stumme, A. Maedche // Proc. 17th Int. Conf. on Artificial Intelligence - IJCAI'01 (Seattle, WA, USA, August 4-10, 2001). - P. 225-230.
- [16] **Виноградов, И.Д.** Алгоритм объединения концептуальных схем на основе реконструкции их формального контекста / И.Д. Виноградов, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды III международной конф. (4-9 сентября, 2001 г., Самара, Россия) – Самара: СамНЦ РАН, 2001. - С. 213-220.

Сведения об авторе



Смирнов Сергей Викторович, 1952 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1975 г., д.т.н. (2002). Директор Института проблем управления сложными системами РАН, профессор кафедры «Инженерия знаний» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Член РАИИ и ИАОА. В списке научных трудов более 100 статей, 2 монографии в области прикладной математики, компьютерного моделирования сложных систем, создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений в технологических и организационных сферах.

Sergei Victorovich Smirnov (b. 1952) graduated from the Korolyov Aerospace Institute (Kuibyshev-city) in 1975, D. Sc. Eng. (2002). Director at Institute for the Control of Complex Systems of the Russian Academy of Sciences, holding a part-time position of professor at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics Knowledge engineering sub-department. He is RAAI and IAOA member. He is co-author of more than 100 publications in the field of applied mathematics, complex systems simulation and development knowledge based decision support systems in control and management.

УДК 50.03.05

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНСЕНСУСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.А. Виттих¹, Т.В. Моисеева², П.О. Скобелев^{1,3}

¹Институт проблем управления сложными системами РАН
vittikh@iccs.ru

²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

³Научно-производственная компания «Разумные решения» (Группа компаний «Генезис знаний»)
skobelev@kg.ru

Аннотация

Повышение эффективности управления связывается с достижением взаимопонимания и консенсуса в процессах совместного принятия решений лицами, находящимися в проблемной ситуации и принимающими участие в её урегулировании. Взаимопонимание рассматривается не как одинаковость точек зрения, а как «притяжение различных»: если один человек имеет возможность удовлетворить потребность другого, то договорённость об оказании соответствующей услуги можно интерпретировать как достижение взаимопонимания между ними. В этом контексте для ускорения и совершенствования процедуры принятия решений на основе консенсуса предлагается строить мультиагентные модели ситуаций, обеспечивающих поддержку процессов достижения взаимопонимания. Описываются этапы работ, которые необходимо осуществить на пути создания средств поддержки взаимопонимания и консенсуса.

Ключевые слова: принятие решения, интересубъективное управление, регулирование ситуации, взаимопонимание, консенсус, мультиагентная модель ситуации, сеть потребностей и возможностей.

Практика корпоративного и государственного управления показывает, что наиболее распространёнными являются два способа принятия решений по урегулированию той или иной ситуации: первый базируется на принципе единоначалия и наделяет исключительными полномочиями топ-менеджера, располагающегося на верхней ступени иерархической лестницы, а второй (более демократичный) исходит из мнения большинства, формируемого путём голосования (принимается тот вариант решения, за который отдано наибольшее количество голосов).

Оба эти подхода характеризуются тем, что по отношению к какой-то (пусть даже меньшей) части людей, находящихся в общей для всех ситуации, осуществляется принуждение принять навязанную им точку зрения, с которой они не согласны. И долгое время такое проявление насилия считалось допустимым и даже нормальным. Однако мир становится открытым и динамичным, человек в нём начинает осознавать себя всё более свободным, коммуникация приобретает производительную силу, развивается социальная самоорганизация, растёт роль знаний каждого конкретного человека в принятии решений внутри организации.

В этих условиях уже нельзя игнорировать мнение меньшинства, тем более, что именно оно может подсказать путь выхода из сложившейся проблемной ситуации с наименьшими потерями. Нужна смена самой парадигмы управления (принятия решений). С этой целью в работе [1] предложены принципы построения теории интересубъективного управления, в которой ставка делается на ненасильственные способы принятия решений, ориентированные

на достижение взаимопонимания и консенсуса всех тех, кто осознаёт себя причастным к сложившейся ситуации и готов участвовать в её урегулировании.

Достижение взаимопонимания и консенсуса на практике осуществляется путём совместного обсуждения сложившейся ситуации (проблемы), в процессе которого происходит столкновение различных, зачастую противоположных, точек зрения, приводящее иногда к изменению позиций участников переговоров, т.е. за основу принимается платоновская диалектика [2]. Во времена Платона так и было: люди использовали диалогический способ познания мира, не приводящий к приобретению объективно-истинного знания, на котором впоследствии фокусировала своё внимание аристотелевская аналитика, а вырабатывающий мнение – вероятно-истинное, правдоподобное знание. При этом важно иметь в виду, что диалектика Платона предполагает «понимающее сопровождение со стороны другого человека», в то время как аристотелевская наука вообще не озабочена проблемой согласия других людей [3]. Иными словами, решение, определяющее продуктивный выход из любой ситуации, должно коллективно вырабатываться в ходе диалога лиц, являющихся непосредственными участниками ситуации.

Взаимопонимание может рассматриваться не только как согласие (общее для всех сторон отношение к кому-либо или чему-либо) или единомыслие (*understanding*), но и как своеобразное «единство противоположностей», обозначаемое в английском языке как «*reciprocal understanding*» (взаимное, двустороннее или обоюдное понимание): если один человек имеет возможность удовлетворить потребность другого, то договорённость об оказании соответствующей услуги можно интерпретировать как достижение взаимопонимания между ними [4]. Тогда взаимопонимание, а соответственно и консенсус (который не предполагает, что «все за», а означает, что «никто не против»), могут трактоваться в двух смыслах: согласия как общности позиций (точек зрения) и единства как «притяжение различных» (а не одинаковость). Именно во втором понимании используются эти понятия в работе [5].

В этой работе для ускорения и повышения эффективности процессов достижения консенсуса предлагается использовать мультиагентные технологии, позволяющие автоматизировать процессы разрешения конфликтов и нахождения балансов интересов. Дело в том, что в обычной жизни принятие решения об урегулировании ситуации на основе консенсуса – «плохо сходящаяся» процедура, которая временами может и «расходиться», если люди перестают понимать друг друга. Для того чтобы решить (хотя бы частично) эту проблему, участники переговоров должны сначала договориться о принципах, на основе которых они будут искать компромиссы, и заложить их в создаваемую мультиагентную модель взаимодействия.

В качестве такого универсального принципа предлагается концепция сети потребностей и возможностей (ПВ-сети), в которой выделяются агенты потребностей и возможностей участников процесса принятия решений по урегулированию проблемных ситуаций, которым доступна формализованная мультиагентная модель ситуации. Агенты потребностей и возможностей могут иметь конфликтные интересы, предпочтения и цели, продвижение к которым (если говорить об экономике предприятий) поддерживается бонусами и наказывается штрафами на виртуальном рынке, где деньги фактически играют роль энергии, мотивирующей или ограничивающей возможности агентов. Оставляя в стороне детали математической и алгоритмической формализации ролей агентов и протоколов их взаимодействия [5-6], отметим главное, что каждый агент пытается максимально достичь своего идеального состояния (действуя эгоистично), но наталкиваясь на предпочтения и ограничения других агентов, вынужденно соглашается, путем переговоров, на уступки, даже ухудшающие его положение, в интересах общего блага предприятия, получая при этом компенсацию своего ухудшения (в качестве блага в зависимости от ситуации может выступать прибыль предприятия или срок поставки важного заказа, социальная справедливость, снижение рисков и т.д.).

В ходе конкурентных и кооперативных действий агентов ПВ-сети формируется решение проблемы в форме согласованного плана действий участников, который далее может быть интерактивно доработан пользователями. План считается построенным и консенсус найденным, когда ни один агент не может более улучшить ситуацию, даже если он не удовлетворен решением; в этом случае фиксируется динамический останов системы, и результаты выдаются пользователям для окончательного согласования, принятия или доработки решения. Иными словами, принятие окончательного решения о способе урегулирования ситуации на основе консенсуса всегда остается за людьми. Поясним сказанное, опираясь на примеры управления ресурсами в реальном времени (фабриками, грузовиками и т.д.) [6], в которых для создания средств поддержки достижения взаимопонимания и консенсуса предлагается пройти следующие этапы работ.

Этап 1. Интерактивная «умная среда» адаптивного планирования:

- в создаваемой мультиагентной системе адаптивного планирования строится общий, открытый для обсуждения план действий, который первоначально формируется и согласовывается агентами ПВ-сети, действующими от лица и по поручению всех участников (например, для грузовой компании – диспетчеров, менеджеров и даже водителей);
- созданный начальный план – не статическая, один раз построенная структура данных, а скорее первое приближение и приглашение, и предложение к разговору (диалогу) для согласования позиций, поскольку одновременно на бизнес-радаре предприятия рассчитываются важные показатели для предприятия в целом и для каждого участника в отдельности, и становятся видны «узкие места» на горизонте времени (показатели простоев, прибыли, задержки и т.д.);
- глядя на этот план, в своей части, каждый участник может задать себе и другим вопросы и сделать свой ход – предложить перераспределить заказы на ресурсы, изменив последовательность операций, или выступить с новым встречным предложением, которое значительно улучшает показатели системы в целом;
- сделанное предложение изменит ситуацию для других участников, и они должны будут отреагировать своими предложениями в рамках общей системы ограничений – к чему это приведет: построится новый план с улучшенными показателями или придется отменить, предложенное, казалось бы, разумное решение, не все последствия которого оказались просчитаны?

Этап 2. Интеллектуальная система для выработки, согласования и принятия, а также контроля исполнения решений («ко-пилот»):

- по аналогии с тем, как действуют люди в поисках согласия, расширим теперь модель и дадим агентам возможность выявить «узкие места» в плане и выступить с предложениями по улучшениям, заранее попытавшись подсчитать те самые последствия;
- кроме того, предлагается предоставить сторонам возможность не просто принять или отклонить план, а вступить в диалог для его улучшения, когда исполнитель самого нижнего уровня (водитель, рабочий и т.д.), который обычно не является лицом, принимающим решения, и никак не участвует в этом процессе, может мотивированно принять или отклонить задачу, разбить задачу на подзадачи, указать реалистическую длительность выполнения операции и т.д. Для этого появляется специальный компонент по работе с пользователями в ходе принятия решений с соответствующими формами диалога (в настоящее время мы уже конструируем интеллектуальные терминалы - на базе планшетов мастеров, сотовых телефонов водителей и т.д., - которые позволяют развить двустороннюю

информационно-коммуникационную составляющую в работе планирующих систем для поддержки принятия решений и поиска консенсуса);

- в таком подходе «исполнитель» нижнего уровня (теперь пишем это слово в кавычках – подчеркивая вовлеченность каждого в процесс принятия решений) постепенно становится полноценным и полноправным участником процессов принятия решений, поскольку часто оказывается, что он-то часто знает больше (но более узко), чем коллеги-управленцы, находясь в чем-то ближе к реальной жизни. Например, молодые технологи редко дают пожилым квалифицированным рабочим правильную технологию, последние много лучше знают особенности изделий, процессов, парка станков, а опытный водитель грузовика, например, знает лучше навигатора, где хорошая дорога и где опасная, и что на той дороге ветви деревьев после дождя опускаются так низко, что не дают фуру проехать, и т.д. Высокая ценность такого рода онтологических знаний, равно как и возможность их «извлекать» в диалоге с пользователями, для повышения эффективности работы предприятий будет особо отмечена ниже;
- наконец, пользователи должны иметь возможность вводить в систему данные о факте исполнения операции (события задержки, переноса, отмены операций и пр.). Это позволяет получить автономную систему, реализующую полный цикл управления любого живого организма: восприятие–планирование–исполнение–перепланирование в случае расхождения плана и факта, как некоторого интеллектуального ассистента («ко-пилота»), живущего «на плече» у каждого участника и помогающего ему принимать и согласовывать решения по ситуации (в точности, как в американских боевиках, где в будущем у каждого солдата на глазу вместо очков будет умный терминал, оперативно дающий рекомендации и подсказывающий решение в трудной ситуации).

Этап 3. Самообучающаяся интеллектуальная система для выработки и согласования решений:

- использование онтологий предметной области, отделенных от программного кода системы, дает конечным пользователям в определенных пределах возможность пополнять и развивать функции системы без ее перепрограммирования;
- более того, система получает потенциальную возможность самообучаться в ходе работы, и когда исполнитель отвергает или задерживает задачу, которую система спланировала для него в определенное время, вправе поинтересоваться: в чем причина?
- ответ на этот вопрос как раз и может приводить к необходимости расширить базу знаний системы. Например, рабочий может сообщить, что операция не может быть выполнена в указанное время в принципе (нормы не подходят и требуют пересмотра), или размеры изделия не позволяют соединить части и нужны новые операции, которые технологи потом добавляют в техпроцесс, изменив базу знаний. Или водитель видит, что дорога занесена снегом и сообщает системе, что проехать нельзя – что также скажется при планировании следующей поездки в этот район (и еще система сможет переспросить, не устранена ли причина проблемной ситуации, если была причина указана класса «временная» в онтологии). Еще один пример: если молодой рабочий трижды сорвал назначенную ему «микронную» операцию, то есть ли смысл делать это в четвертый раз, без специального разговора с мастером, дополнительного обучения и т.д.

Очевидно, что нарастающая сложность рассматриваемых систем компенсируется теми дополнительными возможностями, которые они открывают перед предприятиями в плане обеспечения оперативности и согласованности решений, позволяя тем самым повысить эффективность производства.

Вопросы практического воплощения изложенных основ создания средств поддержки взаимопонимания и консенсуса рассматриваются в статье [7] на примере обзора проблематики построения интеллектуальных систем нового поколения для ситуационного управления ресурсами предприятий в реальном времени. С учетом этого в целом справедлив вывод о пригодности положений формирующейся теории intersubjectivного управления как фундаментальной первоосновы науки об управлении социально-экономическими системами.

Список литературы

- [1] **Виттих, В.А.** Введение в теорию intersubjectivного управления / В.А. Виттих – Самара: СамНЦ РАН, 2013. – 64 с.
- [2] **Виттих, В.А.** Платоновская диалектика как первооснова науки об управлении обществом / В.А. Виттих // Онтология проектирования. – 2013. - №2.
- [3] **Гадамер, Г.-Г.** Диалектическая этика Платона. Феноменологическая интерпретация «Филеба» / Г.-Г. Гадамер. – СПб: Санкт-Петербургское философское общество, 2000. - 256 с.
- [4] **Виттих, В.А.** Знания, основанные на понимании, в процессах принятия решений / В.А. Виттих // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды VI международной конф. (14-17 июня 2004 г., Самара, Россия) – Самара, СамНЦ РАН, 2004. - С. 37-44.
- [5] **Виттих, В.А.** Мультиагентные модели взаимодействия для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах / В.А. Виттих, П.О. Скобелев // Автоматика и телемеханика. – 2003. - №1. - С. 177-185.
- [6] **Скобелев, П.О.** Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания Самарской научной школы мультиагентных систем // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2010. - №12. - С. 33-46.
- [7] **Скобелев, П.О.** Ситуационное управление и мультиагентные технологии: коллективный поиск согласованных решений в диалоге // Онтология проектирования. – 2013. - №2.

Сведения об авторах



Виттих Владимир Андреевич, 1940 г. рождения. Окончил Куйбышевский индустриальный институт (ныне Самарский государственный технический университет) в 1962 г., д.т.н. (1976), профессор (1976). Научный советник Института проблем управления сложными системами РАН, заведующий кафедрой инженерии знаний Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, член Научного совета Российской академии наук по теории управляемых процессов и автоматизации. В списке научных трудов более 280 работ (в том числе 5 монографий) по проблемам управления и моделирования в сложных системах.

Vladimir Andreevich Vittikh (b. 1940) graduated from Kuybyshev Industrial Institute (at present Samara State Technical University) in 1962, D.Sc.Eng. (1976), professor (1976). Scientific counselor of the Institute for the Control of Complex Systems of RAS, Head of the knowledge engineering department at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics, member of the scientific council on the theory of the controlled processes and the automation of the RAS. He is the author (co-author) of more than 280 publications (among them 5 monographers) deals with the complex systems, control, management and modeling problems.

Моисеева Татьяна Владимировна. Окончила Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королева, училась в аспирантуре в Финансовой академии при Правительстве РФ. Кандидат экономических наук, доцент. В настоящее время доцент кафедры Информационных систем и технологий Поволжского государственного университета телекоммуникаций и



информатики. Автор более 60 работ в области маркетинга и информационных систем и технологий.

Moisseeva Tatyana Vladimirovna graduated from Kuibyshev Aviation Institute named after S.P. Korolyov, studied at the post-graduate course at the Financial Academy under the Government of Russia. Candidate of science in the sphere of economics, assistant-professor. Nowadays works as assistant-professor at the Information systems and technologies department at the Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics. She is the author of more than 60 publications in the sphere of marketing and information

systems and technologies.



Скобелев Петр Олегович, 1960 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1983 г., д.т.н. (2003). Ведущий научный сотрудник Института проблем управления сложными системами РАН, профессор кафедры «Инженерия знаний» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, учредитель, президент и генеральный конструктор Группы компаний «Генезис знаний». В списке научных трудов более 100 статей, 7 учебных пособий, 3 патента по мультиагентным системам для решения сложных задач в области логистики, понимания текстов, извлечения знаний и др.

Skobelev Petr Olegovich (b. 1960) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after S.P. Korolyov in 1983, D. Sc. Eng. (2003). Lead scientist at Institute for the Control of Complex Systems of the Russian Academy of Sciences, holding a part-time position of professor at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics Knowledge Engineering sub-department, owner, president and chief constructor of Knowledge Genesis Group of companies. He is co-author of more than 100 publications, 3 patents, 7 textbooks in multi-agent systems for solving complex problems the domain of real time logistics, text understanding, data mining and other.

УДК 004.896

СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: КОЛЛЕКТИВНЫЙ ПОИСК СОГЛАСОВАННЫХ РЕШЕНИЙ В ДИАЛОГЕ

П.О. Скобелев

Научно-производственная компания «Разумные решения» (Группа компаний «Генезис знаний»)
skobelev@kg.ru

Аннотация

Предлагаются принципы создания интеллектуальных систем нового поколения для ситуационного управления ресурсами предприятий в реальном времени на основе формирующейся теории интерсубъективного управления. Предложен мультиагентный подход к построению рассматриваемых систем, связанный с переходом к автономному циклу управления ресурсами, включающему реакцию на события, распределение и планирование ресурсов, оптимизацию решения (при наличии времени), согласование с пользователями, мониторинг и контроль выполнения построенного плана, а также перепланирование при расхождении плана и факта – циклу, присущему любым живым организмам. Ключевой особенностью подхода становится возможность поддержания диалога для достижения системой консенсуса лиц, принимающих решения. Предлагаются направления дальнейших исследований и разработок рассматриваемых систем.

Ключевые слова: теория интерсубъективного управления, онтологии, мультиагентные технологии, принятие решений, консенсус, реальное время.

Введение

Вызовы глобальной экономики, связанные с растущей конкуренцией, повышением сложности решаемых задач, априорной неопределенностью и высокой динамикой изменений спроса и предложения, заставляют предприятия искать новые подходы к повышению продуктивности и эффективности использования своих ресурсов: кадровых, финансовых, знаний, материальных и других [1].

По мнению величайшего ученого современности, физика и космолога, проф. Стивена Хоукинга, построившего термодинамику поведения «черных дыр», новый 21 век будет «веком сложности», сменяющим «век физики» и «век биологии»¹, в том числе, можно предположить, и в сфере управления проектами, производством, транспортом и т.д.

В век сложности «простые» директивные подходы «программно-целевого управления» будут все больше заменяться на более гибкое и эффективное «ситуационное управление», приобретающее новый смысл в современной науке, в контексте работы [2], основой которого становится командная работа, построенная на взаимопонимании и согласии (консенсусе) лиц, принимающих решения, в режиме реального времени. Ситуационное управление при этом отрицает формальное механическое следование созданным ранее «повторяющимся» правилам без какого-либо анализа сути ситуации и, наоборот, предполагает детальный разбор всех особенностей ситуации и коллективную выработку, возможно, новых правил, причем в диалоге всех заинтересованных участников, для принятия решений по контексту ситуации. Простой пример может пояснить важную разницу: при планировании возвратов высокоскоростных поездов класса «Сапсан» к расписанию при возникновении непредвиденных событий диспетчерам требуется опираться на простое правило «Всегда пропускать «Сапсан»

¹ Stephen Hawkins says the 21st century will be the century of complexity - blogsscientificamerican.com

вперед в случае конфликтов с другими пассажирскими или грузовыми поездами». В то же время сложность задачи составления и коррекции расписаний столь велика, что в определенных условиях диспетчер, действуя по этому формальному правилу, может просто не просчитать последствий своего решения, и задержанный грузовой поезд самого нижнего приоритета быстро создаст огромную пробку других поездов и затормозит движение сразу нескольких других «Сапсанов», интересы которых не были учтены.

Иными словами, упрощающая подходы к управлению «бюрократия» простых правил, отлично работавшая в условиях «простого» 20-го века, имеет все меньше шансов быть успешной в пришедший 21-ый век сложности, где «все оказывается связанным со всем».

Именно поэтому, как отмечается в [3], причиной многих проблем современного менеджмента является продолжающееся использование принципов идеальной бюрократии, создающей многоуровневую иерархию власти (вертикаль власти), ставящей на вершину пирамиды и многократно абсолютизирующей роль «менеджера-организатора», далеко не всегда понимающего предмет деятельности и возможный путь к результату, стремящуюся к централизованному «закрытому» принятию решений на самом верху и игнорирующую контекст каждой ситуации, персональные качества исполнителей и ряд других важных деталей.

Решение этой проблемы для повышения продуктивности и эффективности современных предприятий видится, наоборот, в переходе от традиционных централизованных, монолитных, иерархических структур к открытым, распределенным, сетевым организациям, исповедующим в своей повседневной работе истинный предпринимательский, исследовательский и созидательный дух (а не следование повторяющимся рутинным правилам); организованным для командной работы (а не для принятия всех решений одним «начальником» на верху пирамиды), требующей взаимопонимания, и для этого использующим знания, конкурирующие мнения и убеждение (аргументацию), как основной действующий инструмент выработки решений (но не приказы сверху-вниз), уважение к чужому мнению (а не их игнорирование), переговоры равных сторон, не регламентированные уставом (против насаждаемых не к месту бизнес-процессов), а также ориентации на ничем в принципе не ограниченную оплату по конечному результату.

Однако для реализации такого подхода на практике и переходе к более эффективному управлению предприятиям нужны интеллектуальные системы нового класса, принципиально отличающиеся от традиционных пакетных систем. Системы могут работать в реальном времени и реагировать на события, изменять планы работ сотрудников, оптимизировать эти планы (пока есть время) и постоянно взаимодействовать со всеми заинтересованными участниками для выработки и согласования принимаемых решений, после чего вести мониторинг и контролировать выполнение плана, а при его расхождении с реальностью – проактивно инициировать перепланирование, т.е. обеспечивать автономность работы системы (почти как биологического организма), находящейся в режиме сопряженной работы («ко-пилота») с сотрудниками организации.

В основе такого процесса управления предприятием оказывается коммуникация, направленная на выработку согласованных решений. Действительно, при таком подходе пользователь становится неотделимой частью системы, он уже совсем не наблюдатель, а участник – лицо, принимающее решение, который постоянно вовлечен в действие.

Кроме того и сама система управления должна быть построена на основе коммуникации – что на практике может быть реализовано на основе мультиагентных технологий, в которых решение любой сложной проблемы ищется в ходе диалога (коммуникации) между агентами, отстаивающими свои эгоистические интересы, но способными идти на взаимные уступки. В разработанных нами в последнее время интеллектуальных системах планирования коммуникационная составляющая оказывается много важнее самого процесса планирования. Новое

поколение разрабатываемых систем получает возможность обращаться к пользователю и другим системам с вопросами, запросами на услуги и уточнениями к поставленным ранее задачам в части их ограничений и предпочтений, и даже выступать со встречными предложениями, если не может выполнить поставленную задачу, а также преодолеть поставленные ограничения.

Таким образом, если сами агенты оказываются построенными на основе жесткой логики и четких алгоритмов, близких формальным моделям автоматов с памятью и набором состояний, то работа системы в целом на деле оказывается построенной на основе взаимодействий и переговоров (диалогов) между ними, управляемых по событиям (по Аристотелю и по Платону – в терминах работы [4]). Главный результат – построение слаженного, согласованно действующего «организма» предприятия, работающего на конечную цель в консенсусе мнений всех участников.

Как будет показано ниже, такой способ решения сложных задач оказывается приемлем для широкого диапазона применений. В целом же настоящая работа конкретизирует положения работ [2-4] для создания интеллектуальных систем управления ресурсами в реальном времени на основе мультиагентных технологий.

1 Новая теория управления – на пути к ситуационному управлению

Кризис современного менеджмента, во многом до сих пор базирующегося на ключевых идеях идеальной бюрократии М. Вебера, наиболее отчетливо проявляет себя в условиях, когда окружающий мир становится все более неопределенным, неустойчивым и быстроизменяющимся [3]. В цитируемой работе показывается, что причина такой ситуации – стремление менеджеров к сохранению иерархии власти и игнорирование личных качеств сотрудников, превращающее их в рядовые «винтики», что неприемлемо при организации любой инновационной деятельности, предпринимательской, исследовательской или созидательной.

Факт, что основные резервы для повышения эффективности деятельности любой организации следует искать не в совершенствовании устаревшей по своей сути бюрократии, а в более полном использовании интеллектуальных и волевых ресурсов людей, постепенно осознанных пионерами бизнеса. Например, одна из секций Московского международного форума «Открытые инновации-2012» была впервые целиком посвящена развитию интерпренерства, поскольку «многие современные компании, ориентированные на успех и достижение долгосрочных результатов, начинают развивать внутрикорпоративную культуру интрапренерства, стимулирующую проявление в обычной ежедневной деятельности предпринимательского духа, интеграцию предпринимательских возможностей личности и ресурсов предприятия» [5].

Такой подход предполагает стимулирование и поощрение новых идей, снятие ограничений на сферы деятельности подразделений и их сотрудников (ломка барьеров), признание роли знаний в управлении проектами, лояльность к пробам и ошибкам, даже неудачам, работу в команде, ориентацию на результат, развитие систем вознаграждения за труд. И это, конечно, требует поддержки со стороны высшего руководства.

На практике реализация такого подхода вынужденным образом ломает существующие бюрократические стереотипы в менеджменте компаний и приводит к появлению принципиально новых сетевых форм организации предприятий, основанных на принципах организационной демократии [6]. Примером можно считать холонические предприятия, развивающие идеи Артура Кестлера [7], основой которых становится многоярусная сеть бизнес-единиц, самоорганизующихся для решения поставленных задач на основе ресурсных центров. Наиболее характерные свойства подобной предприятий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики традиционных и холонических предприятий

Традиционные предприятия	Холонические предприятия
Централизация функций	Децентрализация функций
Иерархическая структура, жесткие связи	Сетевая структура, переменные связи
Закрытость к среде	Открытость к среде
Объем знаний, используемых в принятии решений, строго фиксирован, решения принимаются по формальным правилам бизнес-процессов	Объем знаний не фиксирован, приоритет - приобретению новых знаний, решения принимаются не формально, а по существу ситуации
Назначение сотрудников: плановый подход, все ресурсы распределены заранее	Назначение сотрудников: рыночный подход, ресурсы распределяются по мере необходимости и потребности
Распределение ресурсов: статическое, на основе штатного расписания, статуса и должностных инструкций	Распределение ресурсов: динамическое, на основе знаний и опыта, компетенций, конкуренции и кооперации
Выдача команд «сверху вниз» по жесткой иерархии	Переговоры «равный с равным», круг не ограничен (каждый с каждым), необходимые участники выбираются по ситуации
Пакетное жесткое планирование, следование регламентам и инструкциям	Гибкое планирование, поиск компромиссов, принятие решений по ситуации в реальном времени
Полная определенность	Полная неопределенность
Коммуникации регламентированы	Коммуникации не регламентированы
Тотальный внешний контроль	Внутренняя мотивация
Постоянная месячная оплата	Переменная (сдельная или почасовая) оплата

В результате таких преобразований в управлении предприятиями на смену традиционным менеджерам приходят талантливые лидеры (акторы), формирующие междисциплинарные команды, в которых «приказы» заменяются на дискурсные обсуждения, связанные с выработкой солидарных решений без принуждения, и главным догматом становится глубокое познание предмета, исследовательская и созидательная деятельность, достижение взаимопонимания и работа на конечный результат.

Общая упрощенная схема ситуационного управления, которая должна осуществляться в подобных организациях, представлена ниже:

- 1) любой из членов организации обнаруживает проблему и фиксирует ситуацию, в которой проблема себя проявляет (пришел новый заказ, сломался станок и т.д.);
- 2) обязанность члена организации – описать ситуацию, сформулировать проблему и «вбросить» ее на «общий стол» для начала обсуждения путем ввода соответствующего события;
- 3) на событие, связанное с появлением проблемы, отзываются любые члены организации (нет ограничений в регламенте), понимающие проблему или знающие подходы к ее решению, готовые подключиться к решению (и заранее еще никому не ясно, какие силы потребуются);
- 4) активно ищутся любые знания, документы и материалы, примеры решения подобных проблем, релевантные теме;

- 5) доброволец (лидер-актор), готовый взять на себя решение задачи (их может быть несколько), делает «шаг вперед» и выступает организатором (модератором) команды, предлагая начать решать проблему, в ходе чего начинает формироваться команда;
- 6) любой из подключающихся в любой момент времени членов команды (сразу или по запросу) может дать свое предложение (сделать свой ход), как начать решать задачу, добавить или уточнить условия решения задачи, ограничения или предпочтения, пригласить новых членов за общий стол переговоров, если у них есть требуемые компетенции;
- 7) в ответ другие члены команды дают собственные предложения, которые могут быть как конкурирующими, так и дополняющими другие (кооперативными);
- 8) если обнаружено противоречие – ищется точка принятия решений, которое повлекло данный конфликт, осуществляется возврат на несколько шагов назад, делаются взаимные уступки по критериям и принимается новое решение в интересах организации в целом, после чего поиск решения вновь продолжается;
- 9) в результате на «общем столе» постепенно уточняется суть проблемной ситуации, которая обрастает деталями, и далее начинает формироваться решение задачи – выраженное, например, в виде эскиза конструкции объекта или наметка плана действий и т.д.;
- 10) одновременно может развиваться несколько подобных процессов, направленных на поиск альтернативных решений проблемы или поиск решения при различных начальных условиях и т.д.;
- 11) когда проблема решена (построен план действий) и нет более предложений по улучшению решения – процесс поиска и согласований решений останавливается и начинается процесс его реализации.

Рассмотрим, как должна строиться и функционировать типовая интеллектуальная система предлагаемого класса *Smart Solutions* для ситуационного управления ресурсами предприятий.

2 Структура и функции типовой системы *Smart Solutions*

Для решения рассмотренных выше задач любой организации (компании) предлагается следующая общая структура модулей типовой базовой системы управления ресурсами предприятия, представленная на рисунке 1.

Рассмотрим функции каждого модуля и его использование в системе.

Распознавание образов – распознает типовые ситуации, возникающие в ходе поступления событий, например новых заявок («паттернов» событий) и вырабатывает прогноз и рекомендации по распределению ресурсов предприятия и планированию, с учетом предыстории. Данный модуль позволяет включить в контур работы системы автоматическое обучение и использовать результаты обучения системы для улучшения качества и эффективности планирования.

Например, данный модуль может распознать факт, что некоторая заявка поступает в систему с определенной периодичностью, что позволит заранее забронировать определенные ресурсы для ее выполнения. В случае же, если в ожидаемое время заявка не поступила, система может сгенерировать соответствующее предупреждение менеджеру уточнить ситуацию с клиентом и освободить предварительно зарезервированные под заявку ресурсы.

В этом модуле может применяться технология кластеризации, являющаяся одним из подходов в области извлечения знаний (data mining), связанных с обнаружением знаний в потоках данных. Кластерный анализ позволяет обнаруживать в данных о заявках скрытые закономерности, которые практически невозможно найти другим способом, и представить их в удобной форме, помогающей принимать наилучшие решения.

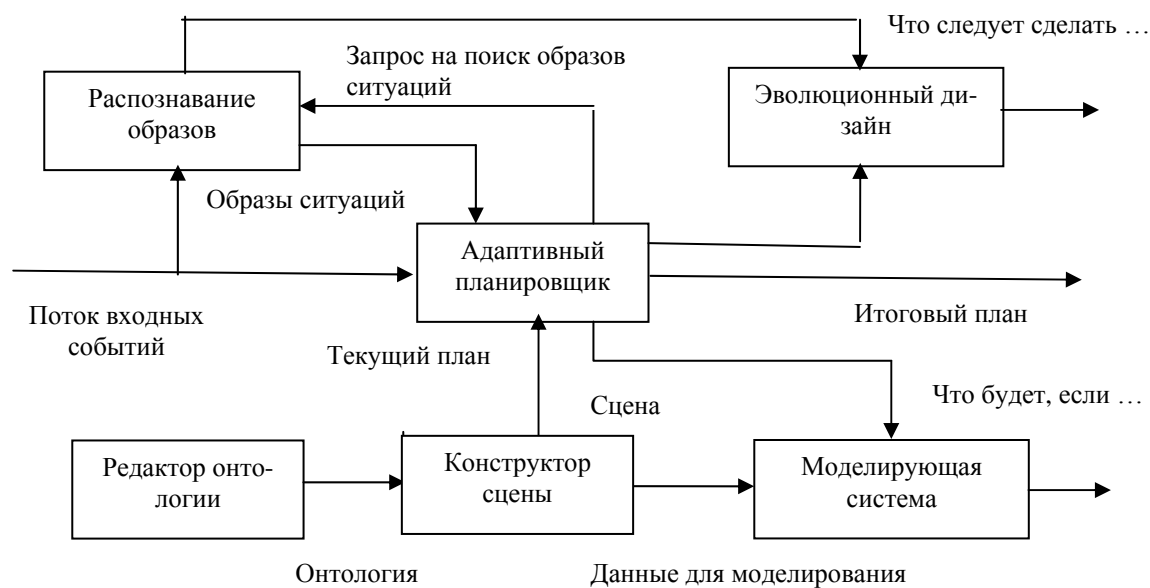


Рисунок 1 – Общая структура базовой системы

Адаптивный планировщик – обрабатывает поток входящих событий: поступлений заявок, ввода новых ресурсов, выхода из строя ресурсов и т.п. В результате обработки событий формируется близкий к оптимальному план (если есть время) или хотя бы допустимый план распределения и работы ресурсов, а также, по мере необходимости, осуществляется динамическое изменение плана по событиям, происходящим в реальном времени. Планировщик одного подразделения организации может взаимодействовать с планировщиками других подразделений, передавая им те или иные события и согласовывая принимаемые решения.

Таким образом, для обеспечения масштабируемости и производительности предлагаемой системы один планировщик может превращаться в целую сеть взаимодействующих планировщиков, при этом функционирующих на отдельных серверах.

Конструктор сцены – позволяет редактировать начальную конфигурацию сети и определить все параметры ресурсов компании. При этом необходимо вручную или автоматически импортировать данные из различных источников (существующих баз данных, файлов Excel и т.д.). Основывается на общей базе знаний (онтологии), описывающей деятельность компании и расширяющейся при развитии бизнеса с использованием редактора онтологии.

Редактор онтологии – позволяет ввести и изменять общую онтологию компании, описывающую модель знаний предметной области, которая затем применяется в конструкторе сцены для описания конфигурации бизнеса предприятия. Онтология содержит базовые понятия и отношения между ними, представляемые в форме семантической сети. Онтологии изначально возникли как удобные средства представления знаний для создания интернет-систем нового поколения (Semantic Web), но в последнее время все чаще применяются в различных системах моделирования и поддержки принятия решений [8].

Онтология компании при решении задач распределения ресурсов может содержать:

- описание классов объектов и отношений компании, включая типы заказов, классы ресурсов и т.д.;
- описание классов отношений (ресурс зарезервирован для заявки, заявка выполняется ресурсом и др.);
- описание классов операций бизнес-процесса компании, описывающих жизненный цикл заявки;

- описание классов атрибутов объектов и отношений.

Онтология позволяет отделить знания предметной области компании от текста программ, что также создает основу для дальнейшего развития системы и наращивания ее функций без перепрограммирования.

Моделирующая система – программный модуль, позволяющий осуществлять моделирование ситуаций по принципу «Что, если?». В любой момент текущее состояние компании и план работы на ближайший период времени могут быть выгружены в эту систему, чтобы затем промоделировать, что произойдет в случае того или иного события (например, заключения крупного договора с новым клиентом или субподрядчиком, расширением парка ресурсов, продажи или изменения параметров части ресурсов и т.п.).

Эволюционный дизайн – модуль, вырабатывающий предложения по улучшению конфигурации сети в части увеличения или уменьшения определенного числа ресурсов, изменению географии ресурсов и т.д.

Следует отметить, что все указанные компоненты могут поставляться заказчику в любой конфигурации с учетом его приоритетов и растущих потребностей, в зависимости от специфики решаемых задач.

Рассмотрим более подробно центральный модуль системы по адаптивному планированию и его основные компоненты (рисунок 2):

- Исполняющая система* (Run Time Multi-Agent Execution System) – подсистема, обеспечивающая асинхронное выполнение программ агентов при переходе из одного состояния в другое (диспетчер агентов) и передачу сообщений между агентами, при котором агент получает «квант» времени на обработку событий и далее возвращает управление диспетчеру для продвижения следующих агентов, т.е. агенты работают как сопрограммы. Частью этой системы является также Инспектор агентов (Agent Inspector) и Журнал переговоров агентов (Agent Log), показывающий все сообщения между ними.
- Очередь событий* (Event Queue) – подсистема, обеспечивающая накопление событий, приходящих из внешнего мира, и их последовательную обработку. Поскольку система является управляемой событиями, при каждом событии сохраняется метка времени его поступления, а также есть возможность регулировать порядок поступления событий в систему на обработку, когда следующее событие поступает после завершения обработки предыдущего или, не ожидая этого сигнала, в первую очередь выбираются приоритетные события и т.п.
- Мир агентов ПВ-сети / Виртуальный рынок* (Virtual World of RDN - Virtual Market) – место работы агентов сети потребностей и возможностей (ПВ-сети [9]), в котором запускаются и исполняются экземпляры классов агентов. Под управлением исполняющей системы агенты могут создаваться и уничтожаться в мире, существовать в мире, принимать и передавать сообщения, обращаться в сцену для чтения информации, записывать информацию в сцену, подписываться на события и получать уведомления и т.д.
- Сцена мира* (Scene of the World) – основная структура данных, которая содержит формализованную модель ситуации во внешнем мире, которая может уточняться через онтологию. Сцена мира корректируется событиями (в том числе, пользователем), чтобы обеспечить адекватность системы в восприятии ситуации в окружающем мире. Сцена содержит первоначальное описание ситуации, которое далее постепенно трансформируется в решение проблемы с учетом поступающих событий, и, в результате, содержит, например, новый план действий для пользователя (водителя грузовика, мастера и рабочего и т.д.).
- Конструктор онтологий, моделей и сцен* (Ontology Editor) – позволяет вручную корректировать начальную сцену или вносить в нее изменения в ходе работы.

- **Онтологии (Ontology)** – структуры данных, представляющие собой модели знаний предметной области, используемые для построения моделей начальных ситуаций или их корректировки. Имеются базовые онтологии, которые могут дополняться специализированными для предметной области понятиями и отношениями и далее – специальными расширениями для каждого отдельного предприятия.
- **Библиотеки планирования (Basic Virtual Market & Domain-Specific Extensions)** – содержат базовые и специализированные компоненты, обеспечивающие работу классов агентов ПВ-сети и их переговоры на виртуальном рынке (например, выявление конфликтов, определение зон перекрытия, расчет сдвигов и т.п.), доступ к сцене, содержащей формализованную модель ситуации, а также эластичную обработку критериев, предпочтений и ограничений агентов, расчеты микроэкономики и поддержки счетов агентов и другие функции.
- **База данных (Data base)** – позволяет сохранять исходные и промежуточные сцены, а также сцены с результатом решения проблемы.
- **Специализированные компоненты и интеграция с третьими системами (3rd Party & Integration Components)** – компоненты, которые позволяют выполнять дополнительные функции для предметной области (например, расчет расстояний по карте для грузовиков и т.п.).

Данная структура оказывается типовой для многих приложений в области управления ресурсами в реальном времени.

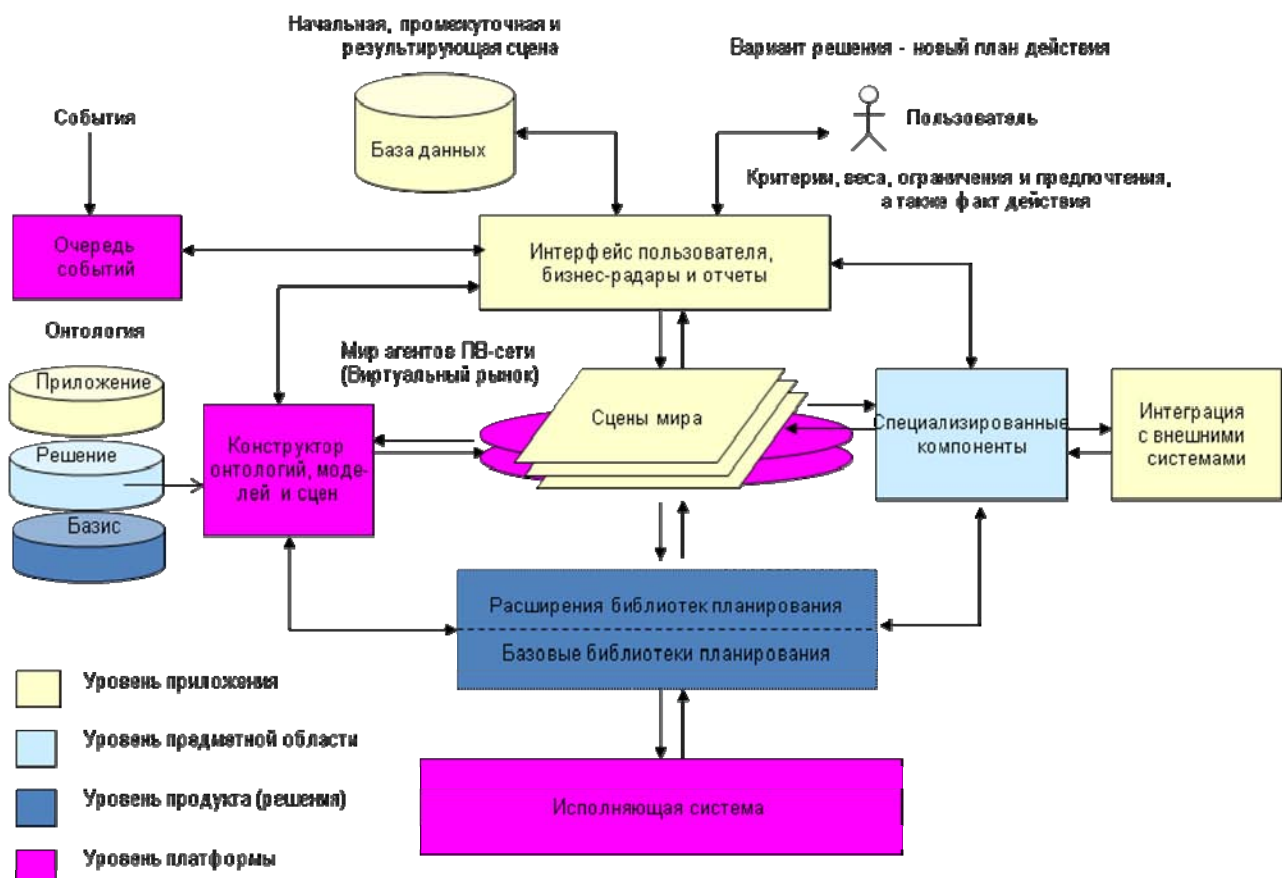
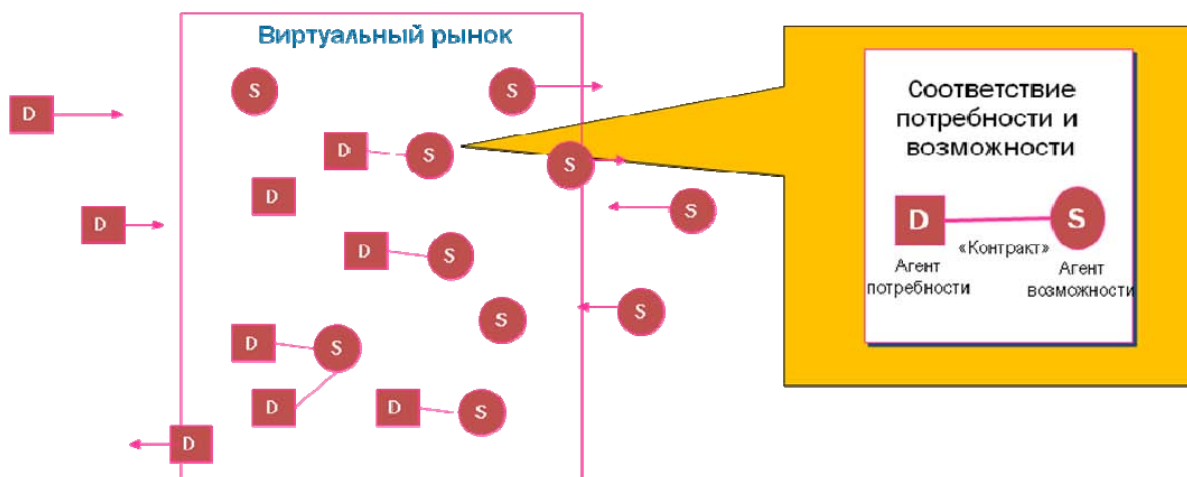


Рисунок 2 – Структура модуля адаптивного планирования (цветом выделены уровни системы)

3 Физические основы математической модели ПВ-сети

В основе работы предлагаемой системы лежит концепция сети агентов потребностей и возможностей (ПВ-сети), функционирующих на виртуальном рынке системы (рисунок 3) [9, 10].

Даная концепция позволяет проектировать мультиагентную систему как набор конфликтных по определению агентов «планировщиков-оптимизаторов» со своими целями и задачами, критериями, предпочтениями и ограничениями для принятия решений, но которые при этом могут кооперировать и конкурировать при принятии решений в интересах объединяющего их общего целого (участка, цеха, предприятия). Важнейшей особенностью этой концепции является возможность пересмотра агентами своих ранее принятых решений при обнаружении конфликта между ними и выработка согласованного решения путем переговоров, в ходе которых агенты имеют эластичность по своим критериям и делают уступки той стороне (агенту), которая наиболее ухудшает результат и приносит наибольшие «страдания» системе в целом.



Постоянный поиск соответствий между конкурирующими и кооперирующими агентами потребностей (D) и возможностей (S) на виртуальном рынке системы позволяет строить решение любой сложной задачи как динамическую сеть связей, гибко изменяемую в реальном времени.

Рисунок 3 – Виртуальный рынок ПВ-сети системы

В ПВ-сети агенты могут получать и применять *роли потребностей (заказов) и возможностей (ресурсов)*. Роль потребности несет в себе знание «идеала» (будущего), а роль возможности – знание «реальности» (настоящего и прошлого). Так, каждый агент «грузовик» знает наверняка, каков был его маршрут, где сейчас он находится, каким грузом он загружен и каков дальнейший план действий и т.д. Получая предложения от разных грузовиков (возможностей), заказ (потребность) может решить, какой из них ему лучше всего подходит. Но, с другой стороны, и сам грузовик может породить новую «потребность», специфицируя какие именно заказы ему нужны в текущий момент времени, чтобы быть полностью загруженным, глядя на пустые слоты в его расписании.

В результате ПВ-сеть может быть образована программными агентами потребностей и возможностей, постоянно стремящимися найти друг друга, разорвать существующие и установить новые связи, которые более выгодны системе. Например, для компании грузовых перевозок модель ПВ-сети может включать агентов клиента и заказа, грузовика и груза, маршрута поездки, магазина и склада, водителя и т.д. При этом заказ постоянно ищет себе луч-

ший грузовик, а грузовик встречно – заказ, но также маршрут и водителя и т.п. Сложность модели ПВ-сети и точность моделирования реальной транспортной сети увеличиваются как с ростом числа программных агентов, представляющих интересы различных физических и абстрактных сущностей, необходимых для работы каждой сети, так и с ростом типов и вариантов взаимодействий между агентами разных типов.

При этом основой взаимодействия всех указанных агентов становится общий виртуальный мир агентов, представляющий в данном случае виртуальный рынок, на котором агенты могут покупать или продавать свои сервисы, исходя из экономической целесообразности. Правила принятия решений агентами при этом определяются моделью микроэкономики ПВ-сети, определяющей стоимости таких сервисов, систему штрафов и бонусов, как агенты делают прибыль, какие налоги и при каких действиях должны платить и т.п. Все это призвано дать агентам возможность накапливать виртуальные деньги, играющие роль энергии в системе, и использовать их для формирования новых или поддержания существующих связей. При этом принятие решений несколькими агентами и установление связей между ними для решения задач, непрерывно возникающих при поступлении каждого нового события, вызывает изменение условий функционирования других агентов и тем самым определяет процесс *самоорганизации* системы, приводящей к перестройке расписания в ответ на событие.

Знания, на основе которых агенты принимают решения, как уже указывалось выше, отделены от программного кода и хранятся в онтологии системы, что обеспечивается с помощью специального конструктора онтологий, моделей и сцен. Конкретная ситуация, складывающаяся с ресурсами, описывается в виде сцены, связывающей конкретные экземпляры объектов (название компании клиента, имя водителя грузовика, номер транспортного средства и т.п.). Типовые конфигурации могут сохраняться в виде моделей (например, цеха - размещение станков и рабочих).

Постоянная активность всех агентов сети, причем как со стороны потребностей, так и возможностей, вызывает *многосторонние переговоры* на виртуальном рынке, идущие квазипараллельно. При этом особенностью подхода является тот факт, что каждый агент рассматривается как машина состояний, возвращающая управление диспетчеру после каждого такта переговоров. Каждый агент постоянно старается добиться своей цели и для этого вступает в отношения (связи) с другими агентами (заказ бронируется на грузовик, грузовик – на водителя и т.д.), которые могут пересматриваться агентами в результате выявления и разрешения конфликтов под действием приходящих извне или генерируемых внутри системы событий.

При этом конфликты, порождаемые событиями (например, отказ грузовика), могут решаться агентами заказов и ресурсов путем переговоров и взаимных уступок, направленных на достижение приемлемых для всех *компромиссов*. Компромисс достигается тогда, когда один агент уступает свое место другому, причем с ухудшением своего положения, что сопровождается выигрышем для всей системы или второго агента и соответствующим образом компенсируется из запаса виртуальных денег. Разрешение конфликта может вызывать целую цепочку операций перепланирования (включая переход заказов на другой ресурс, сдвигку заказов вправо или влево по шкале времени на ресурсе, обмен заказами между ресурсами и т.д.), глубина которой может быть ограничена допустимым временем ответа или другими факторами. В то же время, если имеется запас времени, решение о выделении ресурса или сформированное расписание использования ресурса может подвергаться непрерывной, в том числе, и классической оптимизации, или, в общем случае, балансировке интересов всех участников, поскольку, как уже было отмечено выше, каждый заказ или ресурс может иметь собственную специфическую систему критериев, предпочтений и ограничений.

Так, при поступлении нового заказа в систему создается его агент, который от лица этого заказа вступает в контакт с агентами ресурсов для поиска лучшего своего размещения. Если

наиболее подходящие ресурсы уже заняты, они могут начать предлагать размещенным на них ранее заказам поискать себе новые размещения. Этот процесс, как цепная реакция, может захватывать все новые заказы и ресурсы, формируя расходящуюся волну изменений.

Если же вдруг, по каким-то причинам, выбранный грузовик позже становится недоступен (поломка, авария и т.д.), то его агент должен найти все заказы, которые сейчас планируются на размещение в этом грузовике, и сообщить им о недоступности ресурса. Эти заказы активизируются и начинают искать себе другие грузовики, что позволяет оперативно, гибко и надежно перепланировать маршруты поездок. Результат считается достигнутым и система завершает свою работу в том случае, когда ни у одного агента нет больше возможностей улучшить свое состояние.

Таким образом, решение задачи при данном подходе формируется *эволюционным образом*, в ходе отработки каждого нового события, и потому является необратимым (для обратимости необходимо воспроизведение условий, при которых решение принималось). При этом формирующееся расписание рассматривается не как «статическая» структура данных, полученная в результате однократного применения некоторого монолитного алгоритма, имеющая жестко фиксированные связи, а как неустойчивое динамическое равновесие (или «устойчивое неравновесие»), получаемое и поддерживаемое путем взаимодействия двух противоположных сущностей «потребностей» и «возможностей», играющих роли взаимосопряженных понятий «инь» и «янь».

Следует отметить, что чем выше удовлетворенность потребностью или возможностью, тем сильнее связи между элементами расписания (порядок в системе), и тем труднее его будет изменить в будущем. И, наоборот, чем менее удовлетворены агенты своими состояниями, и чем активнее они продолжают искать альтернативные варианты, тем ближе система к состоянию хаоса, но и тем гибче может перестраиваться расписание. При этом даже самый небольшой заказ, при определенных условиях, может повлечь за собой кардинальную структурную перестройку всего расписания, когда малые изменения на входе системы породят непредсказуемо большие изменения на выходе. Такие процессы самоорганизации, близкие по своей природе процессам нелинейной термодинамики [11-12], должны позволять наблюдать в системе и ряд других феноменов сложных динамических систем, такие как «порядок и хаос», «осцилляции», «катастрофы» и т.п.

Разработанный подход интегрирует многие современные идеи оптимального планирования, реализуемого в мета-эвристиках, создавая среду конкурирующих и кооперирующих алгоритмов (агентов). Так, агенты могут запоминать и избегать плохих решений за счет использования своей памяти, информировать друг друга о промежуточных опциях, при близости опций принимать решения случайно, прекращать поиск при наличии ограничений по времени принятию решений и т.д.

При этом за счет представления задачи в форме, близкой к естественной, логика принятия решений системы становится более прозрачной как для программистов, так и для операторов, что позволяет встраивать большее число эвристик без увеличения сложности кода и уменьшает общее время разработки системы, а также делает результаты системы доступными для понимания пользователем.

4 Онтологии и мультиагентный подход к разработке системы

4.1 Мультиагентный подход к созданию системы

Применение мультиагентных технологий для перехода к поддержке принятия решений по управлению ресурсами в реальном времени позволяет адаптивно перераспределять ресур-

сы при появлении в ходе работ новых задач или других непредвиденных событий, которые не могут быть спланированы заранее, а также в ходе коммуникации между сотрудниками.

Адаптивность означает, что при обнаружении каких-либо изменений (новый проект, отпуск исполнителя, новые задачи, изменение сроков и др.) график работ не перестраивается полностью, а изменения вносятся «точно», только на тех операциях плана, который затрагивают эти изменения с возможной подвижкой или переброской операций на другого исполнителя.

Принципы работы мультиагентной подсистемы адаптивного планирования кратко могут быть сформулированы следующим образом [9]:

- для каждой задачи и исполнителя создается свой программный агент, получающий требования, предпочтения и ограничения на планирование, у которого имеется индивидуальное расписание;
- агент начинает планирование путем поиска необходимых ему ресурсов в сцене, которая описывает текущую ситуацию в подразделении, а именно, какой сотрудник какие задачи исполняет на текущий горизонт плана;
- если подходящие ресурсы (исполнители) заняты, фиксируется конфликт и начинаются переговоры по его разрешению путем сдвига и освобождения временных слотов;
- в ходе переговоров возможны варианты: новая задача уйдет на менее подходящий ресурс (исполнителя), предыдущая задача уйдет или сдвинется;
- даже после решения своей задачи и построения плана каждый агент не останавливается и продолжает пытаться улучшить свое положение.

Такой подход отличает предлагаемую систему от существующих систем управления ресурсами, в которых задачи и ресурсы считаются известными заранее и не меняются в ходе планирования или исполнения [13-14].

Ключевая логика системы реализуется агентами (для примера управления проектами), которые функционируют от имени заказов, проектов, задач, подразделений, продукции, сотрудников, программных компонентов, документов и т.д. (таблица. 2).

Основные направления переговоров между агентами представлены на рисунке 4.

При возникновении любых событий план считается построенным или скорректированным, когда система достигла согласованного состояния и ни один из агентов не может улучшить его или время для получения результата истекло.

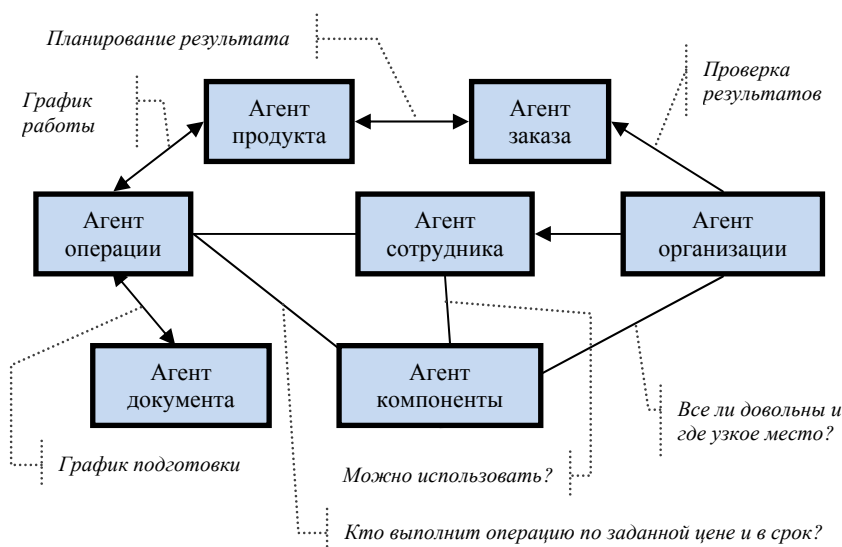


Рисунок 4 – Основные классы агентов и протоколов взаимодействия

Таблица 2 – Основные классы агентов системы

Имя агента	Описание агента	Атрибуты
Заказ по теме	Заказ ищет наилучшие возможности для реализации в рамках существующих или новых бизнес-центров (центров проектов, имеющих целью прибыль - БЦ) и центров знаний (ресурсных центров, имеющих целью получение знаний - ЦЗ), интересов и компетенций исполнителей	Содержание, стоимость, срок и другие
Проект	Пытается организовать и выполнить проект с учетом заданных критериев, предпочтений и ограничений, технологических и бизнес процессов, наличия исполнителей	Онтологический описатель содержания проекта, состава исполнителей, принадлежности к БЦ, бюджета и сроков проекта, результатов
Организация (в целом БЦ или ЦЗ, команда по проекту)	Пытается достигнуть и улучшить результат для группы в целом по заданным критериям, наблюдает за ситуацией, меняет стратегию выбранным агентам, усиливает или смягчает ограничения и предпочтения для выявления и разрешения «узких мест», фиксирует получение результата.	Тип организации, состав организации, критерии и стратегии действий, ожидаемые результаты и текущие показатели
Сотрудник	Хочет быть занят максимально по профилю и получать бонусы за качество, производительность и т.д. Пытается усовершенствовать свои компетенции для достижения более высокого уровня квалификации и оплаты труда.	Организации, к которым принадлежит, профиль компетенций, план работы, текущая задача, уровень квалификации, зарплата, авторство документов или программ и др.
Программная компонента или документ	Хочет быть максимально использована в проектах, при необходимости - быть доработана. Учитывает связь с другими компонентами, документами, тестами и др.	Назначение, применение, онтологический дескриптор, автор, использование в проектах, связь с другими компонентами, стоимость.
Технологический или бизнес процесс	Хочет быть выполнен наилучшим образом как цепочка из отдельных операций (задач), необходимых для выполнения заказов по проектам.	Состав изделия, перечень операций и граф связи между ними, критерии исполнения, сроки и стоимость.
Операция	Ведет поиск наилучших работников, документов и компонент, с учетом предпочтений и ограничений проекта и связи с другими операциями.	Компетенция и квалификация исполнителя, продолжительность, связь с проектом и другими операциями
Результат (продукт)	Пытается создаваться в результате выполнения проекта из готовых или новых компонент	Характеристики результата (продукта)
Другие концепты ПВ-сети	Заказчики и партнеры, мероприятия, лидеры и т.д.	Предполагается дополнять по мере развития системы

4.2 Онтология и сцена предприятия

Онтология предприятия позволяет дать спецификацию концептов и отношений предметной области управления проектами для конкретных предприятий, которые используются рассмотренными выше агентами [15].

Фрагмент онтологии предприятия, включающей концепты «задача», «проект», «исполнитель» и некоторые другие, дан на рисунке 5.

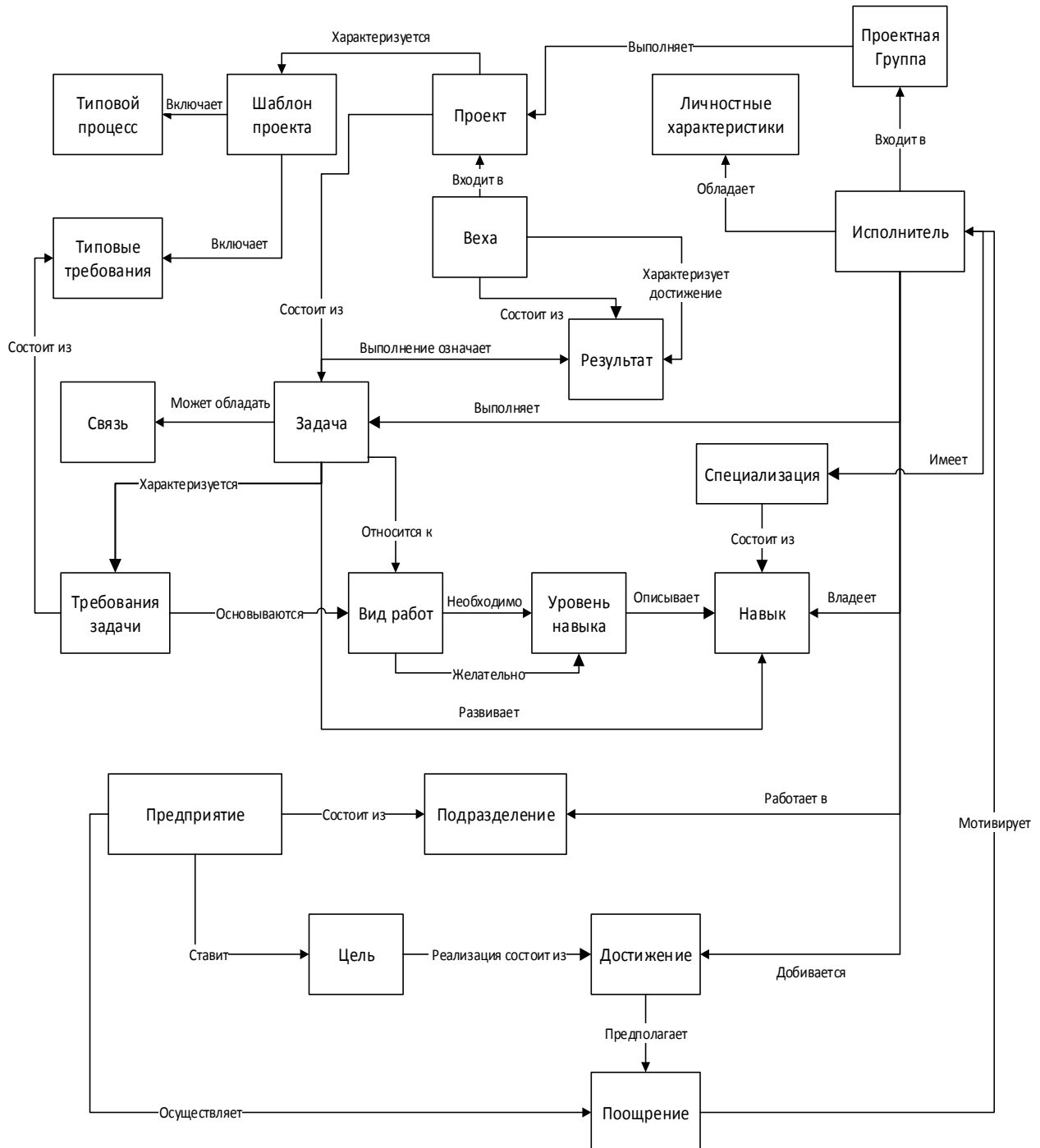


Рисунок 5 – Фрагмент онтологии предприятия для управления проектами

Онтология позволяет построить формализованную модель ситуации на реальном предприятии, называемую «сценой» (рисунок 6).

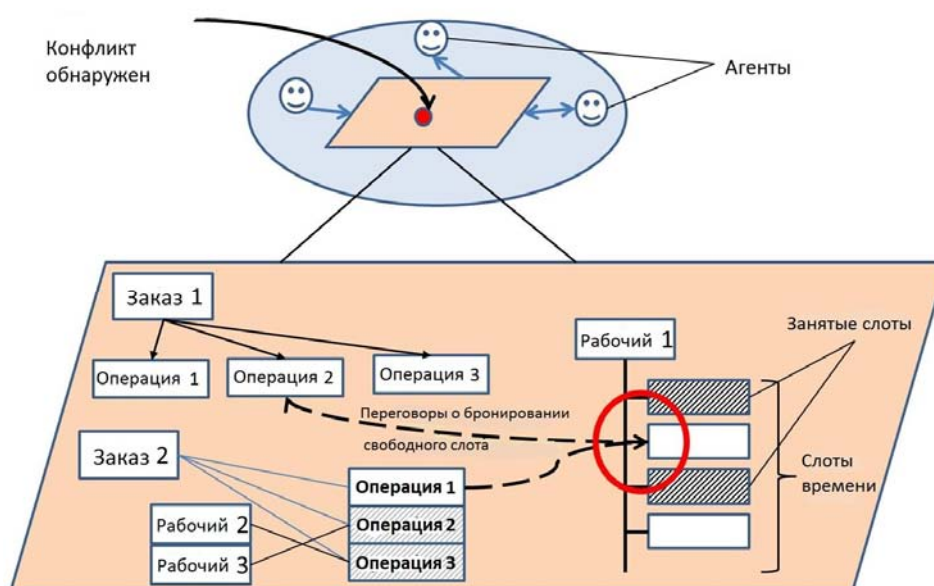


Рисунок 6 – Представление сцены предприятия

На рисунке 6 показано, что в сцене имеется описание всех заказов (пример Заказ 1), исполнителей (в данном случае, Рабочие), операций (Операция 1 и др.), временные слоты и некоторые другие объекты.

4.3 Архитектура и компоненты системы

Система построена по принципу трехзвенной архитектуры «интерфейс пользователя – бизнес-логика планирования – база данных», каждое звено которой может быть расположено на отдельном компьютере.

Центральным компонентом системы является сервер приложений, который осуществляет адаптивное планирование по событиям и взаимодействие всех подсистем, производит обработку данных и обеспечивает разграничение прав доступа пользователей в системе.

В создаваемых системах может быть предусмотрено несколько основных специализированных автоматизированных рабочих мест (АРМ): руководителя компании и исполнителей проектов, диспетчеров и водителей, мастеров и рабочих – все они устроены по одному принципу. Каждый АРМ представляет собой клиентское приложение, например для Microsoft Windows, позволяющее пользователю в интерактивном режиме взаимодействовать с системой и членами команды.

АРМы руководителей всех уровней предназначены для управления заказами, проектами и задачами, включая распределение задач, планирование работ, мониторинг и контроль результатов, корректировку планов и некоторые другие сервисные функции.

АРМы исполнителей предоставляют пользователям на местах возможность выбирать задачи и создавать новые, просматривать список назначенных им задач и выражать степень их предпочтения, отмечать прогресс выполнения, давать собственные оценки времени работы по задачам, встраивать новые задачи, делить и объединять задачи и ряд других.

Подсистема адаптивного планирования работает непрерывно на серверной стороне и может использовать любую реляционную базу данных.

Основными компонентами планирования являются: агент-диспетчер, сервис обмена сообщениями, сервис поддержки жизненного цикла агентов, сервисы создания и удаления агентов, поддержка протокола коммуникации между агентами и поддержка сцены плана.

Подсистема интеграции позволяет системе взаимодействовать с другими информационными системами предприятия в частности, в настоящее время выполнена интеграция с СУБД Oracle, PTC Windchill и Microsoft Office Project, 1С и ряд других.

В процессе обработки данных в системе возникают различные события, которые обрабатываются подсистемой планирования в реальном времени, включая изменение параметров проекта, появление новой задачи, изменение параметров задач (плановые сроки выполнения и др.), изменение состояния ресурсов (появление нового ресурса, изменение доступности ресурса, изменение параметров навыков сотрудника), факт исполнения задачи (отметка фактов выполнения, указание предпочтений пользователей) и некоторые другие.

Данный список продолжает развиваться и пополняться, отражая степень адаптивности к неопределенности и изменчивости предприятия.

5 Работа пользователя с системой

Предлагаемый подход во многом изменяет привычные представления о работе пользователя с системой (запустил программу – получил результат).

Здесь разрабатываемые системы никогда не останавливаются и постоянно продолжают работать, даже когда решение найдено и нет возможности улучшить результаты. Смысл этого процесса – не только ожидание нового события, чтобы постоянно держать план в актуальном состоянии, но и возможность проактивного улучшения полученного решения, путем попыток вытягивания его из локальных оптимумов с разных сторон, силами разных агентов.

При этом в начальный момент пользователь может загрузить из базы данных или сам сконструировать новую сцену с описанием проблемы и запустить процесс поиска решения. При этом он может указать для системы желаемые критерии, ограничения и предпочтения, включая/выключая критерии или регулируя значимость отдельных критериев изменяемыми весами. В результате работы система порождает план, который строится в ходе переговоров агентов, выявляющих и разрешающих конфликты.

Полученный план может не понравиться пользователю, и тогда пользователь может вручную интерактивно изменить и переназначить заказы на ресурсы, что может немедленно вызвать процесс перераспределения других заказов по ресурсам; но пользователь может заморозить части расписания, которые кажутся ему построенными правильным образом. Кроме того, пользователь может изменить критерии построения решения – и теперь система «распустит» соответствующие связи и начнет с начала – не факт, что решение будет лучше и потому пользователю следует запомнить полученное ранее решение, прежде чем начать играть с системой. Любое, даже самое малое изменение в плане может, при определенных условиях, запускать лавинообразную автокаталитическую реакцию и приводить к кардинально большим изменениям на выходе, как описано выше.

В разрабатываемом сейчас гомеостатическом подходе веса могут изменяться самой системой по результату планирования, т.е. система получает способность саморегулироваться.

Если построенный план устраивает пользователя, он может его принять к исполнению и тогда система перейдет в режим мониторинга исполнения намеченного плана. При подходе времени очередной операции система спросит пользователя, готов ли он к выполнению требуемого действия, или следует перепланировать задачу. Постоянное «откладывание» задачи может наталкиваться на новые следующие задачи, образовывать конфликты и приводить к перераспределению задач между исполнителями.

При этом в любой момент времени пользователь может ввести новое событие в систему, связанное с появлением нового заказа, задержкой выполнения существующего, недоступностью ресурса, что вызовет перестройку плана и его новое согласование с исполнителями.

В результате обеспечивается согласованная работа сотрудников предприятия, фактически переходящих к работе в режиме консенсуса.

6 Дальнейшее развитие: концепция виртуального «круглого стола» для согласования коллективных решений

Развитие предлагаемого в [3] интерсубъективного подхода приводит к следующей концептуальной модели предприятия, которая может быть названа виртуальным «круглым столом» для решения проблемных ситуаций.

Виртуальный «круглый стол» представляет собой определенный регламент (дисциплину) согласованного принятия решений специалистами–актерами (лицами, принимающими решения) различных подразделений, собранными для разрешения междисциплинарных проблемных ситуаций на постоянной или временной основе, как в примере в разделе 2 (рисунок 7).

В центре такой модели является уже рассмотренная выше *сцена мира* – базовое формализованное описание контекста ситуации, но теперь разделяемое всеми актерами. Важнейшим требованием является то, что данное описание в ходе работы может расширяться новыми понятиями и отношениями, что может быть реализовано с применением онтологий.

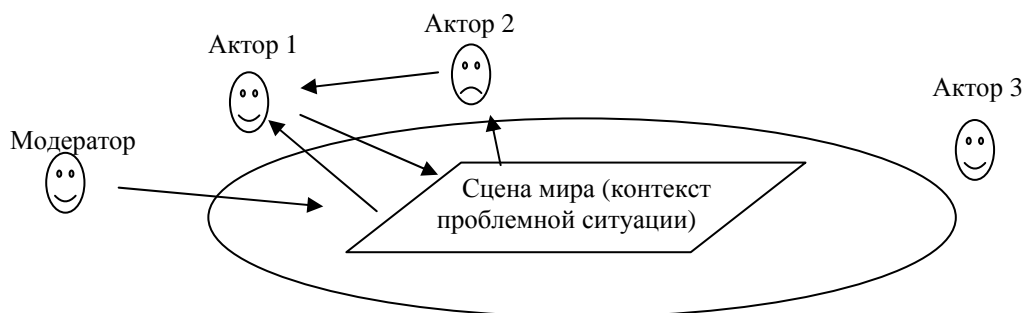


Рисунок 7 – Виртуальный «круглый стол» специалистов для разрешения проблемной ситуации

Модератор виртуального «круглого стола» отвечает за общую работу и выбор технологии решения проблемной ситуации, например, участники получают право принимать решения «по кругу».

В развитие рассмотренного выше подхода к решению проблемной ситуации *каждый актер* считывает исходную информацию о задаче и контексте, переводит ее в систему собственных субъективных представлений, решает поставленную задачу в своем мире, на основе своей базы знаний, но при заданных предпочтениях и ограничениях, и далее возвращает и встраивает полученный результат в контекст сцены.

Полученное решение принимается другими актерами и тогда процесс продолжается по кругу и управление передается следующему актору, либо возникает конфликт-противоречие между целями, предпочтениями и ограничениями акторов. В этом случае процесс останавливается, и начинаются прямые переговоры между актерами, направленные на разрешение конфликта путем взаимных уступок. После разрешения локального конфликта «движение» продолжается – до выявления нового конфликта и его разрешения. В конечном счете, на виртуальном круглом столе образуется решение поставленной задачи, согласованное со всеми актерами, которое записывается модератором как результат.

Актеры могут быть как удовлетворены своим результатом, так и оставаться недовольными, что заставляет их искать встречные предложения.

За каждым актором, в свою очередь, может стоять свой «круглый стол» других специалистов, которые помогают ему принимать решения, т.е. общая архитектура предприятия приобретает *вложенно-рекурсивный принцип* построения (принцип русской «матрешки»). Команды могут формироваться как снизу, в порядке собственной инициативы, так и по приглашению, но в идеале каждый раз - по контексту ситуации.

Рассмотрим примеры возможной работы такой концептуальной модели для различных предприятий и совершенно различных задач.

Пример 1: Проектирование нового сложного изделия. Пусть требуется решить задачу проектирования нового автомобиля для покупателей среднего класса. В этом случае за виртуальным «круглым столом» должны собраться следующие акторы: главный конструктор двигателей, главный технолог, главный дизайнер, главный финансист и ряд других специалистов по разработке автомобилей. Пусть известны и заданы основные требования к параметрам нового автомобиля: габаритные размеры и технико-ходовые качества, максимальная цена и предельный объем возможных инвестиций и т.д.

В этой ситуации начать решать задачу может главный конструктор двигателей, который вбросит на «круглый стол» свою уже готовую лучшую конструкцию двигателя. Эта конструкция активизирует главного технолога, который увидит, что на производство данного двигателя потребуется новое технологическое оборудование и предложит лучшее в мире оборудование одной из фирм. При этом существенно возрастет стоимость проекта, о чем немедленно сообщит агент финансиста, который покажет, насколько именно превышен уровень возможных инвестиций. Данный сигнал остановит процесс и вызовет необходимость пересмотра решений – в результате либо более дешевая технологическая линия будет найдена, либо придется выбрать другой двигатель, который может быть собран на существующем оборудовании. Далее процесс проектирования будет продолжаться, пока все участники не отработают свои лучшие пожелания, с учетом действующих ограничений, и новый автомобиль не будет проработан во всех деталях.

Можно по аналогии представить себе подобный процесс, связанный с разработкой новых месторождений нефти (нефтяники, бурильщики, строители и другие специалисты) и другими приложениями.

Пример 2: Управление ресурсами предприятия в реальном времени. Пусть имеется крупное предприятие теплоэнергетики, которое располагает несколькими электрическими и тепловыми станциями, а также сетью тепловых магистралей, и дает энергию, обогревает город и обеспечивает его горячее водоснабжение. За «круглым столом» такого предприятия, в числе основных акторов, должны присутствовать не только специалисты по теплоэнергетике, но и трейдеры, продающие энергию, снабженцы, приобретающие газ или уголь для выработки тепла, экологи и т.д.

Предположим, что прогноз трейдеров показывает резкое увеличение потребности в электроэнергии на ближайшие дни, что потребует выработки дополнительной электроэнергии. Специалисты от различных станций могут предложить свои варианты ввода дополнительных турбин в работу, каждый из которых имеет свою стоимость, но какие-то из них еще требуют большего времени, а некоторые должны отправиться в плановый ремонт. Если предлагается наиболее экономичный вариант с турбинами, работающими на газе, то тут же может оказаться, что предприятие уже выработало свой резерв поставок от Газпрома и новый дополнительный забор газа приведет к большим штрафам, о чем сообщит специалист по снабжению. Потребуется вернуться за наш «круглый стол» и выбрать вариант с угольными станциями. Но тогда может активироваться эколог, который, видя плотную облачность в ближайшие дни, сообщит о том, что неблагоприятная метеорологическая обстановка и запуск угольных станций приведет к запредельной концентрации вредных веществ в атмосфере и

крупным экологическим штрафам. В результате будет принято решение отложить на некоторое время плановый ремонт наиболее эффективной турбины, запуск которой не потребует больших новых поставок газа, что позволит трейдерам продать больше энергии и даст дополнительную прибыль предприятию.

Пример 3: Распознавание образов нештатных ситуаций в потоке телеметрии. Представим себе работу команды специалистов ЦУП, ведущих наблюдение за работой Международной космической станции. Виртуальный «круглый стол» ЦУП формируют специалисты по каждой из подсистем станции, военные, специалисты по связи и другие.

Предположим, что специалист по одной из подсистем замечает незначительное изменение параметров в потоке телеметрии, пока в пределах нормы. Тем не менее, данный сигнал может активировать специалистов, отвечающих за те подсистемы, которые зависят от данной подсистемы, или, наоборот, обеспечивают ее работу. Для работы этих специалистов потребуется более детальный сбор данных с борта станции, что, при наличии ограничений по памяти бортового компьютера, потребует изменить план опроса датчиков и записи телеметрии, а также план последующей ее передачи на Землю, т.к. станция не всегда видна. Таким образом, более детальное погружение в анализ вызовет согласованное изменение планов других подразделений и специалистов. Полученная телеметрия может показать, что также изменились незначительно параметры одной из обеспечивающих систем, например, начала садиться одна из батарей, что, в свою очередь, должно привести к пересмотру возможной программы научных экспериментов и внеплановой замены батареи со следующим кораблем. В более сложном случае, даже незначительные изменения других признаков, но связанные между собой, могут свидетельствовать о приближающихся серьезных нарушениях работоспособности станции, что аналогичным образом требует моделирования ситуации и проигрывания всех последствий. Наконец, могло быть установлено, что отклонение данных телеметрии вызвано случайными помехами и не представляет угрозы для станции.

При этом каждый актер может входить в несколько постоянно или временно действующих команд («виртуальных столов»), показывающих основные решаемые задачи и контуры управленческих решений предприятия в каждый момент времени.

В результате, в любой такой системе должен реализовываться главный принцип самоорганизации Г. Куппера: локальные взаимодействия порождают глобальные структуры, которые, в свою очередь, влияют на породившие их элементы и локальные взаимодействия [12]; что именно, и только это, позволяет создавать эффективные организации, демонстрирующие устойчивое стабильное развитие на многие годы.

7 Переход к распределенным интеллектуальным системам управления ресурсами предприятий («системы систем»): адаптивная многоуровневая p2p сеть планировщиков

Предлагаемый подход может быть реализован как интеллектуальная распределенная система, которая создается из интеллектуальных подсистем управления отдельными подразделениями, например, типовыми цехами крупного машиностроительного предприятия с начальной ориентацией на возможность адаптивного построения и корректировки планов по событиям, поступающим в реальном времени, например, от пользователей или из существующих систем управления предприятиями, с датчиков линий автоматического производства, планшетов мастеров или сенсорных экранов рабочих, что может сразу вызывать перераспределение и пересогласование ресурсов в реальном времени.

Рассмотрим пример применения для машиностроительных предприятий, для которых переход к принятию решений в реальном времени обеспечивает повышение эффективности

использования ресурсов цехов путем сокращения и устранения их простоев или дефицита, в частности, дорогостоящих станков с ЧПУ или остродефицитных кадров высококвалифицированных рабочих.

Согласованность решений интеллектуальных систем управления цехами при этом может быть обеспечена за счет разработки многоуровневой адаптивной p2p сети указанных систем (рисунок 8), от англ. «peer-to-peer», означающего взаимодействие между этими системами по принципу «равный с равным» и «каждый с каждым», в отличие от принятых доминирующих отношений «ведущий-ведомый» в каскадной (водопадной) модели бизнес-процессов управления предприятиями.

Такой подход позволяет строить принципиально новые сложные «системы систем» холонического типа (завод как сеть цехов, цех – как сеть участков и т.д.) – автономных, но согласованно действующих, как единый организм, на основе принципов самоорганизации и эволюции, обеспечивающие более высокую открытость, гибкость, производительность, масштабируемость, надежность и живучесть.

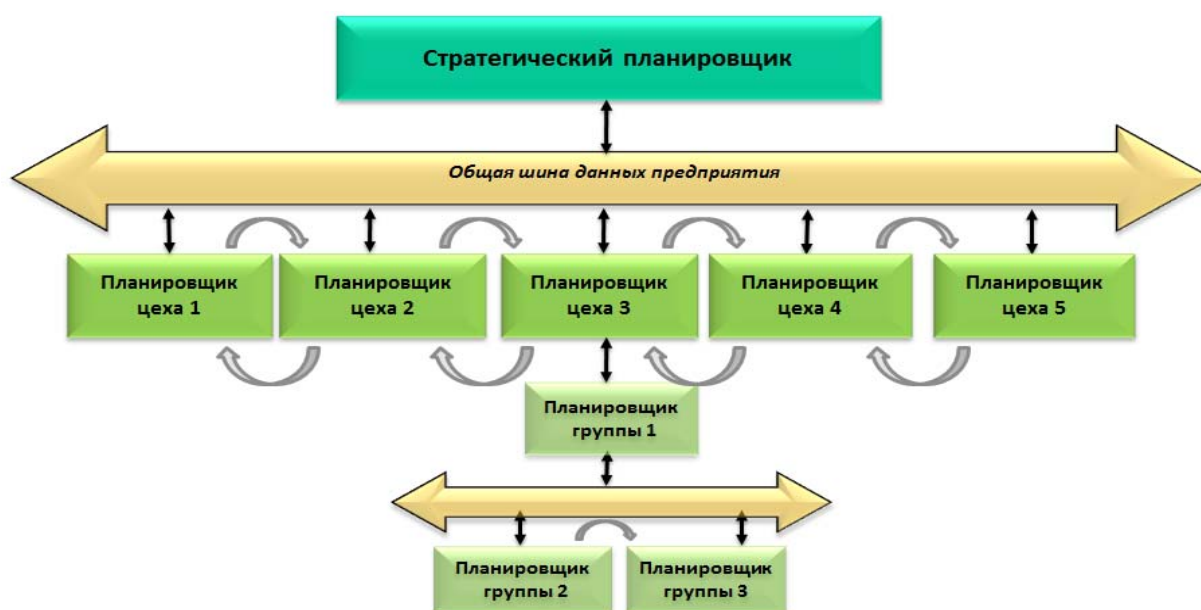


Рисунок 8 – Архитектура распределенной сетевидной интеллектуальной системы управления ресурсами, построенной в виде адаптивной p2p сети планировщиков реального времени

Такая архитектура реализует основной принцип сетевидного подхода (“Solve problems as local as possible and as global as required”), поскольку любая проблема решается в ней так локально, как это только возможно (читай в одном планировщике), и так глобально, как это требует проблема – если не удастся решить проблему в одной из систем – начинается «волна» - цепная реакция взаимодействий с другими системами.

Предлагаемая распределенная интеллектуальная система для управления ресурсами в реальном времени будет построена с применением холонической архитектуры как многоярусная адаптивная p2p сеть интеллектуальных систем управления цехами, включающая как систему стратегического планирования по предприятию в целом на большой горизонт планирования (1-2 года), так и системы оперативного управления, которые призваны обеспечить согласованное принятие решений на всех уровнях управления предприятия и быструю, адаптивную реакцию на непредвиденные события на более короткий горизонт (2-3 месяца).

В такой системе стратегический планировщик, построив первую грубую версию плана, «сбросит» ее вниз на согласование оперативным планировщикам цехов, которые, спланиро-

вав свою работу автономно, начнут переговоры по горизонтали для согласования своих оперативных планов. Успешно созданные «внизу» планы будут доведены до стратегического планировщика за исключением тех планов, где цехам не удалось договориться и требуется выделение дополнительных ресурсов (например, разрешение на вторую смену в одном из цехов на один из месяцев). Получив такое разрешение, конфликтные цеха смогут перепланировать свою работу и прийти к соглашению.

Хорошо известна типичная ситуация из реальной жизни крупного предприятия, когда план работ еще не успели построить и распечатать, а он уже устарел (пришел новый заказ, задержалась оплата уже принятого заказа, появилась новая задача, рабочий ушел в отпуск и т.д.). Предлагаемая система будет решать эту проблему постоянно «устаревающих планов», адаптируя связанную сеть операций на общем поле ресурсов предприятия через их рассмотренные выше вертикальные и горизонтальные взаимодействия, регламенты которых будут разработаны в ходе проекта.

В результате, в предлагаемой системе может быть показано взаимодействие мультиагентных систем, показывающее ко-эволюцию самоорганизующихся систем, фактически, взаимодействие «роя с роем» по сравнению с обычным «агент-агент» взаимодействием.

Создание такого рода новых интеллектуальных систем для перехода к реальному времени при производстве и сбыте продукции машиностроительных предприятий, позволяющих работать в условиях неопределенности и высокой динамики изменений, когда ни число заказов, ни число ресурсов наперед не известно, достигнуто впервые в мире – замещая устаревшие в этом отношении компоненты таких традиционных ERP систем (Enterprise Resource Planning), как хорошо известные на рынке SAP, Manugistics, i2, i-Log и других, ориентированных на классические устаревшие «пакетные» формы работы.

Разрабатываемые системы могут при этом использоваться как полностью автономно, так и интегрироваться с существующими системами автоматизации управления предприятиями, что существенно расширяет рынок сбыта для конечного продукта.

Предлагаемая многоярусная структура распределенной сети взаимодействующих интеллектуальных систем [16] для управления организациями позволит на практике реализовать холонический подход к управлению машиностроительными предприятиями, создав такую архитектуру, которая полностью отображается в структуру самого предприятия.

Данный подход обеспечивает такие важные преимущества разрабатываемой системы, как повышение качества и эффективности решений по планированию ресурсов, открытость к поэтапному подключению планов новых подразделений, высокая оперативность, гибкость и производительность, надежность и живучесть, масштабируемость и интегрированность общей системы управления ресурсами, сокращает расходы на владение и сопровождение такой системой, а также уменьшает риски ее внедрения.

Примеры применений разработанного подхода для решения сложных задач в интересах РКК «Энергия», ОАО «РЖД», крупных машиностроительных и транспортных предприятий приведены в [17-19].

Один из ярких новых проектов, подтверждающих актуальность, новизну и значимость подхода – выигранный IP (комплексный проект) ARUM в Европейской ФП7 программе «Smart Factory» в команде с Айрбас, EADS и ведущими Европейскими университетами (Манчестер, Кельн, Прага и др.), специализирующимися на мультиагентных технологиях².

В этом проекте изложенный подход развивается в направлении создания сетевых систем для управления машиностроительными предприятиями в сочетании с расширением онтологий «на лету» в условиях, когда новое изделие еще ставится на поток и часто

² Информация по проекту ARUM есть на официальном сайте: www.arum-project.eu, а также на сайте EADS: http://www.eads.com/eads/int/en/news/press.20121105_eads_arum.html

возможны задержки поставок, неверная документация, недостаточные умения и опыт мастеров и рабочих – на этом этапе работа в режиме консенсуса приобретает особую актуальность и значимость.

В ходе проекта предполагается апробация и опытная эксплуатация разработанной системы как на одном из заводов *Airbus* в Гамбурге (Германия) и в компании по производству пищевого оборудования для самолетов *MGS* (подразделение *Jacobuchi*) в Италии, так и на одной из судовой верфей Германии.

Заключение

В настоящей работе предлагаются принципы создания интеллектуальных систем для ситуационного управления ресурсами предприятий в реальном времени на основе формирующейся теории интересубъективного управления [3].

Предложен мультиагентный подход к построению рассматриваемых систем, связанный с переходом к автономному циклу управления ресурсами, включающему реакцию на события, распределение и планирование ресурсов, оптимизацию решения (при наличии времени), согласование с пользователями, мониторинг и контроль выполнения построенного плана, а также перепланирование при расхождении плана и факта – циклу, присущему любым живым организмам.

Направления дальнейших исследований и разработок будут связаны с развитием принципов достижения консенсуса в ситуационном управлении, созданием сетевых систем для поддержки механизмов принятия и согласования решений на основе развития логики и протоколов взаимодействия для виртуального «круглого стола», использование онтологий, обучение на основе опыта, а также переход к высокопроизводительным вычислениям в облачных приложениях.

Благодарности

Выражаю признательность членам Редколлегии и коллегам, высказавшим замечания и давшим рекомендации по улучшению данной статьи.

Список источников

- [1] *Портер, М.М.* Международная конкуренция / М.М. Портер. - М.: Междунар. отношения, 1993.
- [2] *Виттих, В.А.* Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки / В.А. Виттих // *Онтология проектирования*. – 2012. - № 2. – С. 7-15.
- [3] *Виттих, В.А.* Введение в теорию интересубъективного управления / В.А. Виттих – Самара: СамНЦ РАН, 2013. – 64 с.
- [4] *Виттих, В.А.* Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий / В.А. Виттих, Т.В. Моисеева, П.О. Скобелев // *Онтология проектирования*. – 2013. - №2.
- [5] Московский международный форум инновационного развития «Открытые инновации 2012» <http://2012.forinnovations.org/ru/> - актуально на 22.06.2013 г.
- [6] *Клок, К.* Конец менеджмента и становление организационной демократии / К. Клок, Дж. Голдсмит. – СПб.: Питер, 2004.
- [7] *Koestler, A.* The Ghost in the Machine / A. Koestler. – London: Arcana books. – 1989.
- [8] *Смирнов, С.В.* Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // *Онтология проектирования*. – 2013. - №2.
- [9] *Виттих, В.А.* Мультиагентные модели взаимодействия для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах / В.А. Виттих, П.О. Скобелев // *Автоматика и телемеханика*. – 2003. - №1. – С. 177-185.

- [10] **Виттих, В.А.** Метод сопряженных взаимодействий для управления ресурсами в реальном времени / В.А. Виттих, П.О. Скобелев // Автометрия. – 2009. - № 2. – С. 78-87.
- [11] **Николис, Г.** Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. / Г. Николис, И. Пригожин – М.: Мир, 1979. – 512 с.
- [12] **Küppers, G.** Self-organization – The Emergence of Order. From local interactions to global structures / G. Küppers – <http://www.unibielefeld.de/iwt/sein/paper>
- [13] Handbook of Scheduling: Algorithms, Models and Performance Analysis / Edited by J. Y-T. Leung. - Chapman & Hall - CRC Computer and Information Science Series. – 2004.
- [14] **Stefan, V.** Meta-heuristics: The state of the Art / V. Stefan // Local Search for Planning and Scheduling. Edited by A. Nareyek // ECAI 2000 Workshop (Germany, August 21, 2000). - Springer-Verlag, Germany, 2001.
- [15] **Скобелев, П.О.** Онтологии деятельности для ситуационного управления предприятиями в реальном времени / П.О.Скобелев // Онтология проектирования. – 2012. - № 1. – С. 6-38.
- [16] **Скобелев, П.О.** Сетевцентрический подход к созданию больших мультиагентных систем для адаптивного управления ресурсами в реальном времени / П.О. Скобелев П.О., А.В. Царев // Материалы международной научно-практической мультиконференции «Управление большими системами». Т.3. - М., 2011. – С. 263-267.
- [17] **Скобелев, П.О.** Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания Самарской научной школы мультиагентных систем / П.О. Скобелев // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2010. - №12. – С. 33-46.
- [18] **Skobelev, P.** Multi-Agent Systems for Real Time Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling: Industrial Application / P. Skobelev // 10-th Intern. Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems(HoloMAS 2011). France, Toulouse.2011. Springer. – P. 5-14.
- [19] **Скобелев, П.О.** Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития / П.О. Скобелев // Приложение к журналу «Информационные технологии». – 2013. - №1. – С. 1–32.



Скобелев Петр Олегович, 1960 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1983 г., д.т.н. (2003). Ведущий научный сотрудник Института проблем управления сложными системами РАН, профессор кафедры «Инженерия знаний» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, учредитель, президент и генеральный конструктор Группы компаний «Генезис знаний». В списке научных трудов более 100 статей, 7 учебных пособий, 3 патента по мультиагентным системам для решения сложных задач в области логистики, понимания текстов, извлечения знаний и др.

Skobelev Petr Olegovich (b. 1960) graduated from the Korolyov Aerospace Institute (Kuibyshev-city) in 1983, D. Sc. Eng. (2003). Lead scientist at Institute for the Control of Complex Systems of the Russian Academy of Sciences, holding a part-time position of professor at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics Knowledge Engineering sub-department, owner, president and chief constructor of Knowledge Genesis Group of companies. He is co-author of more than 100 publications, 3 patents, 7 textbooks in multi-agent systems for solving complex problems the domain of real time logistics, text understanding, data mining and other.

УДК 618.3

ОНТОЛОГИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, КРАТКИЙ ОБЗОР

Н.М. Боргест¹, М.Д. Коровин²

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

¹*borgest@yandex.ru* ²*maks.korovin@gmail.com*

Аннотация

В статье делается попытка описать современное состояние и тенденции в области создания и внедрения онтологий. Представлен краткий обзор новейших средств поддержки онтологий и применяемых стандартов для построения онтологий, приведены актуальные положения международной ассоциации по прикладным онтологиям в области оценки функциональных и структурных качеств онтологий разрабатываемых сложных информационных систем в различных предметных областях. Представлены фазы жизненного цикла онтологии как компоненты информационной системы.

Ключевые слова: *онтологии, обзор, жизненный цикл, стандарты, информационные системы.*

Введение

Международная ассоциация прикладных онтологий подготовила Коммюнике от 15 июня 2013 года по вопросу оценки онтологий в течение всего жизненного цикла [1]. Этот документ, подготовленный в форме рекомендаций, отражает последние тенденции в области создания и поддержки прикладных онтологий как компонентов информационных систем. Использование разрабатываемых семантических моделей предметных областей и происходящих в них процессов позволит создать новый класс интеллектуальных систем с высокой степенью автоматизации. Бурное обсуждение Коммюнике членами Международной ассоциации прикладных онтологий на форуме разработчиков подтолкнуло авторов к написанию краткого обзора современного состояния в области создания и использования онтологий. В оригинале (на английском языке) Коммюнике будет опубликовано в журнале «Прикладные онтологии» («Applied Ontology» Journal). В нашем номере журнала с согласия разработчиков Коммюнике публикуется его перевод на русский язык, выполненный сотрудниками редакции (см. с. 66-74).

1 Стандарты и онтологии

Развитие работ в области информационных компьютеризированных систем и онтологий, накопление успешных практик и обобщающих методик подталкивает специалистов предметных областей (ПрО), баз данных и онтологов к разработке стандартов, фиксирующих полезные начинания. Некоторые примеры таких успешных «рекомендаций» рассмотрены ниже.

1.1 ISO 10303 (STEP)

Стандарты ISO 10303 определяют средства описания (моделирования) промышленных изделий на всех стадиях жизненного цикла. Проект STEP развивается с середины 80-х годов прошлого века. Единообразная форма описаний данных о промышленной продукции обес-

печивается введением в STEP языка Express, инвариантного к приложениям. Первая версия стандарта ISO 10303-11, посвященного языку Express, опубликована в 1990 г. В стандартах STEP использован ряд идей, ранее воплощенных в методиках информационного IDEF1X и функционального IDEF0 проектирования. Но роль стандартов STEP не ограничивается введением только грамматики единого языка обмена данными. В рамках STEP предпринята попытка создания единых информационных моделей (онтологий) целого ряда приложений. Эти модели получили название прикладных протоколов. В качестве альтернативного языка для обмена геометрическими и техническими данными о промышленных изделиях может использоваться язык разметки XML. В 2004 г. компаниями Dassault Systemes и Lattice Technology предложено подмножество 3D XML языка XML, которое получает все большую популярность для межсистемных обменов в CALS-технологиях.

Стандарт ISO 10303 состоит из целого ряда документов (томов), в которых описываются основные принципы STEP, правила языка Express, даны методы его реализации, модели, ресурсы, как общие для приложений, так и некоторые специальные (например, геометрические и топологические модели, описание материалов, процедуры черчения, конечно-элементного анализа и т.п.), прикладные протоколы, отражающие специфику моделей в конкретных предметных областях, а также методы тестирования моделей и объектов. Удовлетворению требований создания открытых систем в STEP уделяется основное внимание — специальный раздел посвящен правилам написания файлов обмена данными между разными системами, созданными в рамках STEP-технологии.

1.2 ISO 22745 (eOTD)

Международная ассоциация управления кодами электронной коммерции (ECCMA) активно продвигает стандарты ISO 22745 (Системы промышленной автоматизации и интеграции), ISO 8000 (Качество информационных технологий) и eOTD (открытый технический словарь).

Стандарт ISO 22745 включает в себя словарь, представляющий собой совокупность терминов, определений и концепций, применяемых для описания отдельных объектов, организаций, адресов, товаров и услуг. В комплексе стандартов ISO 22745 описаны элементы данных, относящиеся к конкретным классам и парам значений свойств.

Открытый технический словарь позволяет точно определить свойства в соответствии с данными ISO 10303, определять информацию и обмениваться данными с партнерами из других стран без искажения смысла данных.

1.3 ISO (P-LIB)

ISO 13584 PartsLibrary - это серия международных стандартов для представления и обмена доступными для компьютерной интерпретации данными о поставляемых компонентах и комплектующих изделиях (узлах, деталях).

Стандарт ISO 13584 (P-LIB) включает в себя 7 разделов:

- общий обзор и основополагающие принципы;
- концептуальная модель библиотеки деталей;
- основные ресурсы;
- логическая модель библиотеки поставщика;
- данные о поставщике;
- программный интерфейс к данным;
- методология структуризации классов (семейств) деталей.

Стандарт ISO 13584 регламентирует:

- средства описания и технологию представления информации о компонентах и комплектующих;
- технологию обработки данных, в том числе хранения, передачи, доступа изменения и архивирования.

В отличие от стандарта ISO 10303 STEP, предназначенного для описания конкретного экземпляра продукта, стандарт P-LIB позволяет описывать классы продуктов (компонентов и комплектующих):

- стандартные детали, определенные международными или национальными стандартами (например, крепеж или подшипники);
- библиотеки (базы) данных о деталях конкретного поставщика.

1.4 ISO 15926

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных стандартов организации онтологических баз данных является ISO 15926. Данный стандарт определяет структуру объектов. В нем специфицируется модель данных, определяющая значение сведений о жизненном цикле в едином контексте. Эталонная модель данных (справочная онтология) отражена в библиотеке справочных данных (RDL). Интеграция приложения в информационное пространство требует приведения в соответствие классов и атрибутов прикладной модели этого приложения к классам и атрибутам эталонной модели (операционная онтология) [2].



Рисунок 1 – Структура классов в стандарте ISO 15926

Стандарт ISO 15926 содержит несколько частей.

- ISO 15926-1 содержит обзор ISO 15926.
- ISO 15926-2 специфицирует обобщенную концептуальную модель данных, поддерживающую представление всех аспектов жизненного цикла установки непрерывного производства.
- ISO 15926-4 определяет библиотеку справочных данных, которая может периодически обновляться компетентным органом, назначенным ISO в качестве регистратора, обла-

дающего требуемой инфраструктурой для обеспечения действенного применения данной справочной библиотеки данных.

- ISO 15926-5 специфицирует инструкции для регистратора, касающиеся справочных данных.
- ISO 15926-6 специфицирует сведения, требуемые при определении дополнений к справочным данным, специфицированным ISO 15926-4.

2 Онтологические редакторы и средства поддержки онтологий

Проектирование семантически связанных хранилищ данных – современная быстроразвивающаяся отрасль. К новейшим разработкам в области онтологического инжиниринга относятся:

2.1 15926 Editor

Разработанный компанией Techinvestlab (Россия) программный продукт для работы с данными в формате ISO 15926 позволяет создавать онтологии ПрО в рамках базовой онтологии, изложенной во второй части стандарта ISO 15926. Данный редактор в состоянии обрабатывать любые RDF-совместимые наборы данных. Особенностью данной программы является возможность работы с большими объемами информации, что недоступно большинству открытых онторедкторов. Основные задачи, решаемые ISO 15926, включают в себя получение информации из большинства существующих онтологий в максимально возможном количестве форматов, проверку справочных данных, создание новых справочных данных, в том числе позволяя автоматическую их генерацию из существующих источников [3].

2.2 COLORE

Common Logic Ontology Repository - это проект, разработанный в университете Торонто, целью которого является создание репозитория онтологий верхнего уровня, который бы служил в качестве испытательной площадки при решении задач оценки онтологий и методов их интеграции в рамках логики первого порядка. Языком описания онтологий для данного проекта был выбран недавно принятый стандарт ISO 24707, являющийся языком спецификации онтологий верхнего уровня и баз знаний [4].

2.3 HyQue

Система HyQue, разработанная в университете Карлтона, предназначена для проверки соответствия формализованных гипотез экспериментальным данным (через ряд SPARQL запросов) и определенным формальным правилам. HyQue использует наборы правил, специфические для конкретных ПрО. Результаты работы системы представляются в форматах RDF и OWL [5].

2.4 Makleod

Данная программа состоит из набора скриптов, призванных оказывать поддержку в решении типовых задач при создании онтологий. В настоящий момент разработчики проекта решают задачу автоматизации операций, не затрагивающих семантику. К таким операциям можно отнести, например, проверку согласованности онтологий. Целевыми онтологиями для данной программы являются онтологии, описанные на языке Common Logic. В ближайшем бу-

дущем планируется объединить данный продукт с проектом COLORE, в рамках которого он будет использоваться для оценки и поддержки онтологий, хранящихся в репозитории [6].

2.5 NCBO BioPortal

Интернет-портал NCBO BioPortal предоставляет доступ к часто используемым онтологиям в биомедицинской сфере и инструментам для работы с ними. Портал поддерживает поиск по нескольким онтологиям одновременно, позволяет создавать и обозревать связи между терминами в разных онтологиях. Портал также позволяет создавать аннотации к текстам в RDF формате [7].

2.6 OntoHub

OntoHub - это программа для управления распределенными гетерогенными онтологиями. Она создана в университете Бремена для поддержки создания и интеграции онтологий, написанных на разных языках. OntoHub поддерживает большинство известных языков описания онтологий наряду с языками формальной логики при создании сложных междисциплинарных связей и отношений в рамках формальной семантики [8].

2.7 OntologyTest

Разработанный в университете Сан-Пабло (Испания) набор инструментов OntologyTest предназначен для проверки соответствия онтологии функциональным требованиям. Программа выполнена в виде набора тестов, которые можно выполнять независимо друг от друга, что позволяет упростить процедуру проверки онтологий как в процессе создания, так и на этапе их эксплуатации [9].

2.8 OntoQA

Программное средство оценки и анализа онтологий, использующее набор метрик для определения и оценки различных параметров онтологии и базы знаний. Метрики подразделяются на две категории – оценка структуры организации онтологии и то, как структурированы сами записи в онтологии. Отличительной чертой данного продукта является его способность взаимодействовать с онтологией, находящейся в стадии разработки, что значительно упрощает процесс анализа [10].

2.9 OOPS

Ontology Pitfall Scanner - это web-приложение, предназначенное для обнаружения потенциальных проблем в логике онтологии, которые могли бы привести к ошибкам в моделировании ПрО. Данная программа позволяет создателям онтологий проверять свои системы на наличие логических ошибок на этапе создания. Примером ошибок, обнаруживаемых данным инструментом, является зацикливание определений двух классов друг через друга, что может привести к проблемам в работе механизма поддержки принятия решений [11].

2.10 OOR

Open Ontology Repository - это онтологический репозиторий, предоставляющий возможности для хранения, обмена, поиска, управления и других дополнительных сервисов для работы с базами знаний [12].

2.11 OpenLinkVirtuoso

Универсальный сервер Virtuoso предназначен для хранения и обработки мультимодельных (RDF и SQL) справочных данных. Он предоставляет платформонезависимую поддержку безопасного хранения, обмена и интеграции онтологических данных. Гибридная архитектура Virtuoso предоставляет функционал классического сервера в области управления данными в реляционных таблицах SQL и управления данными в SPARQL-совместимых RDF [13].

2.12 RepOSE

Repair of Ontological Structure Environment - является системой для поиска и исправления ошибок в онтологиях. Данный продукт способен распознавать и ошибки моделирования ПрО, и семантические дефекты онтологии. Существует несколько редакций RepOSE, одна из них является свободно распространяемой для некоммерческого использования и находится в широком доступе [14].

2.13 SigmaKEE

Sigma Knowledge Engineering Environment - это система для создания, поддержки и оценки теорий, описанных на языке логики первого порядка. Она работает с форматом KIF и оптимизирована под онтологию SUMO [15].

Представленный краткий обзор ряда новейших онтологических систем позволяет заключить, что наряду с разработкой средств создания онтологий появляется все больше инструментов оценки существующих онтологий и средств поддержки их жизненного цикла [1, 16].

Заключение

Представленный краткий обзор и подготовленные в форме Коммюнике рекомендации констатируют актуальность проводимых исследований. Переход к применению семантических технологий при создании информационных систем находит свое отражение в стремительном развитии данной области знаний, как в области стандартов, так и в появлении программных средств создания и поддержки онтологий.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Министерству науки и образования РФ, поддержавшему разработки по созданию интеллектуальных систем управления в реальном времени по государственному контракту Минобрнауки РФ № 07.524.12.4022 и государственному контракту Минобрнауки РФ №14.514.11.4005

Список источников

- [1] Ontology Summit 2013 Communique. Towards Ontology Evaluation across the Life Cycle. Current Version is: v1.0.4 - 2013.05.31 http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologySummit2013_Communique. Коммюнике Онтологического саммита 2013. Оценка онтологий в течение всего жизненного цикла. Перевод с англ. опубликован в журнале Онтология проектирования. - 2013. - №2. - с. 66-74
- [2] *Андриченко, А.Н.* Тенденции и состояние в области управления справочными данными в машиностроении/ А.Н. Андриченко // Онтология проектирования. - 2012. - №2. - с. 25-35.
- [3] <http://techinvestlab.ru/dot15926Editor>, актуально на 05.05.2013

- [4] **Schorlemmer, M.** and **Kalfoglou, Y.** Institutionalising Ontology-Based Semantic Integration, *Applied Ontology* (2008) 3:131-150.
- [5] Ontology Description using OWL to Support Semantic Web Applications, Rajiv Pandey, *India International Journal of Computer Applications* Volume 14– No.4, January 2011.
- [6] *OntologySummit 2013 Extrinsic Aspects of Ontology Evaluation Community Input*, 2013.
- [7] *BioPortal: Ontologies and Integrated Data Resources at the Click of a Mouse*. Noy NF, Shah NH, Whetzel PL, Dai B, Dorf M, Griffith N, Jonquet C, Rubin DL, Storey MA, Chute CG, Musen MA. *Nucleic Acids Res.* 2009(37)W170-3.
- [8] **Kutz, O.** **Mossakowski, T.** and **Lücke D.** “Carnap, Goguen, and the Hyperontologies: Logical Pluralism and Heterogeneous Structuring in OntologyDesign”. In: *Logica Universalis 4.2* (2010): Special Issue on ‘Is Logic Universal?’, pp. 255–333.
- [9] **Suárez-Figueroa, M.C.**(coord.): *NeOn Methodology for Building Contextualized Ontology Networks*. NeOn European Project Deliverable 5.4.1 (2008).
- [10] **Abdulaev A.** *Reality, Universal Ontology and Knowledge Systems: Toward the Intelligent World*, 2008. 306 p.
- [11] <http://oeg-lia3.dia.fi.upm.es/oops/index-content.jsp>, актуально 05.05.2013.
- [12] **Baclawski K.** *Ontology repository research issues workshop*, August 2009. Founder, convener and chair.
- [13] Alan Ruttenberg: *Harnessing the Semantic Web to Answer Scientific Questions*. 16th International World Wide Web Conference. <http://www.w3.org/2007/Talks/www2007-AnsweringScientificQuestions-Ruttenberg.pdf>.
- [14] **Ivanova, V., Laurila J Bergman, Hammerling U, and Lambrix P.** *Debugging taxonomies and their alignments: the ToxOntology - MeSH use case*. 1st International Workshop on Debugging Ontologies and Ontology Mappings, 2012.
- [15] **Benzmüller, C., Gabbay, D., Genovese, V., and Rispoli, D.,** (2011). *Embedding and Automating Conditional Logics in Classical Higher Order Logic*. Submitted to IJCAI 2011.
- [16] **Боргест Н.М., Коровин М.Д.** *Онтологии: современное состояние, стандарты, средства поддержки*. Уч. пособие. СГАУ.– Самара, 2013– 84 с.

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 (национального исследовательского университета). Член Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям (IAOA). В списке научных трудов около 100 работ в области автоматизации проектирования.

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

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.

УДК 519.7

КОНЦЕПТУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОЗНАЧНЫХ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. МОЗГОПОДОБНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ

Г.Г. Четвериков¹, Е.С. Кнышова², И.Д. Вечирская¹

¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина
chetvergg@gmail.com, ira_se@list.ru

²Севастопольский институт банковского дела Украинской Академии банковского дела
Национального Банка Украины

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы концептуально-психологических аспектов математического моделирования структур на основе алгебры конечных предикатов как универсальных функциональных преобразователей пространственного типа. Исследуется декомпозиция подобных многозначных структур на дискретно-аналоговые преобразователи и цифровые субблоки (матричный селектор и коммутатор).

Ключевые слова: логика, конечный предикат, алгебра конечных предикатов, многозначная структура, АКП-структура.

Введение

Развитие современных средств вычислительной техники поставило ряд задач и проблем, которые в той или иной степени связаны с взаимодействием человека с интеллектуальными системами (ПК или ЭВМ: интерактивный режим). Большинство этих задач до сих пор не нашли адекватного и эффективного решения и классифицируются как задачи искусственного интеллекта (ИИ). Создание систем идентификации, предсказания и распознавания образов, в которых интерактивный режим работы является главной частью всего комплекса интеллектуальных свойств, выдвинуло эти задачи на одно из первых мест.

Исследование распознавания человеком образов показывает, что в модели мира, создаваемой мозгом, функционируют два механизма: опознавания и видения объекта. Первый дает возможность классифицировать объекты в результате семантического анализа, второй позволяет описать их в мелких деталях и свойствах (структурный анализ). Мозг, как хранитель объективной модели мира, устроен адекватно с содержанием мировой реальности, иначе человек не смог бы эволюционировать и совершенствоваться в процессе своего развития. Естественно, напрашивается вывод о целесообразности и необходимости математического и технического моделирования принципов функционирования человеческого мозга для решения задач создания систем искусственного интеллекта.

В настоящее время широкую интерпретацию получили две формы передачи информации, определяемые рефлексивным и континуальным мышлением. В первом случае человек думает словами, а иногда преобразует их в образы. Такой способ передачи информации обладает малой информативной емкостью и требует активного участия мозговых структур по расшифровке, переработке, дополнению принятой информации. Этот вид мышления не может существовать без ключа – языка. Незнание языков делает получаемую информацию бесполезной для создания образов. При континуальном сознании мышление осуществляется не словами, а образами. Это своеобразная аналоговая система или квантование при очень малом

шаге квантования и большом объеме элементарных сигналов, поступающих в мозг в единицу времени. Таким образом, одной из актуальных задач на сегодняшний день является исследование и изучение принципов функционирования и логики работы мозга, в частности, овладение контролем над сознанием, т.е. возможностью осознавать самого себя и возможностью создавать (моделировать) логику работы мозга в виде, так называемых, мозгоподобных преобразователей информации [1].

1 Выбор математического аппарата

Наличие алгебры конечных предикатов (АКП) дает возможность осуществления перехода от алгоритмического описания информационных процессов к их описанию в виде уравнений, которые задают отношения между входящими в них переменными [1]. Все переменные в уравнении равноправные и любые из них могут выступать в роли как независимых, так и в роли зависимых. Наличие уравнений и их преимущество перед алгоритмами состоит в том, что появляется возможность рассчитать реакцию системы в случае неполной определенности исходной информации, в то время как при не полностью заданной области определения алгоритм является неработоспособным. Показано, что изменение знаний об объекте система уравнений АКП, реализованная в виде соответствующей структуры, всегда готова к использованию, а алгоритм часто требует существенного изменения еще до начала работы. Отметим, что с помощью формул АКП строим АКП-структуры, которые реализуют соответствующие конечные предикаты. Данный подход аналогичен процессу построения комбинационных схем по формулам алгебры логики. В зависимости от уровня функционально-структурной реализации имеем АКП-структуры первого, второго и третьего рода [2].

В качестве математического аппарата исследования используется алгебра конечных предикатов [1]. Последнюю трактуем как алгебру, носителем которой является множество M всех предикатов U^m , где U - непустое множество каких-либо переменных, которое называют универсумом, т.е. $U = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$. Здесь x_1, x_2, \dots, x_m - какие-либо места предметов. Поэтому их иначе называют предметными переменными. Заметим, если предмет a находится на месте x_i $i = (\overline{1, m})$, то говорят, что переменная x_i принимает значение a и при этом имеет такую запись $x_i = a$. Если $a_1, a_2, \dots, a_m \in U$ и $x_1 = a_1, x_2 = a_2, \dots, x_m = a_m$, то справедлива запись $(a_1, a_2, \dots, a_m) \in U^m$ и говорят, что предметный вектор (набор) принадлежит предметному пространству U^m . Число m называют размерностью пространства U^m . Любое подмножество T пространства U^m называют m - местным отношением, заданным на U^m . Для формульной (аналитической) записи таких отношений используют явный способ задания конечного алфавитного оператора, который служит отправным моментом для аппаратного метода решения уравнений алгебры конечных предикатов [1].

Пусть T - множество всех отношений на U^m , Q - множество всех предикатов на U^m . Отношение T и предикат Q называют соответствующими друг другу, если для любых x_1, x_2, \dots, x_m имеем:

$$Q(x_1, x_2, \dots, x_m) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_1, x_2, \dots, x_m \notin T \\ 1, & \text{если } x_1, x_2, \dots, x_m \in T \end{cases} \quad (1)$$

В соответствии с (1) возможен переход от произвольного отношения T к соответствующему ему предикату Q . Предикат Q , который находят по выражению (1), называют характеристической функцией отношения T .

Предикатом распознавания предмета $a \in U$ переменной x_i , где $i = (\overline{1, m})$ называют условия вида:

$$a(x_i) = x_i^a = \begin{cases} 0, & \text{если } a \neq x_i \\ 1, & \text{если } a = x_i \end{cases} \quad (2)$$

Предикат $a(x_i)$ следует рассматривать как предикат $a(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m)$ из $P \subseteq Q$, все аргументы которого, кроме x_i , несущественны. Выражение в виде $a(x_i)$, где $i = (\overline{1, m})$, $a \in U$ заменим на x_i^a (здесь a называют показателем для переменной x_i). Таким образом, алгеброй конечных предикатов над M называют множество T с базисными элементами $x_i^a (i = \overline{1, m}, a \in U)$ и базисными операциями: дизъюнкция, конъюнкция и отрицание. Исключение из базиса данной алгебры операции отрицания позволяет получить так называемую дизъюнктивно-конъюнктивную алгебру предикатов. Доказана ее полнота [2]. Таким образом, данная алгебра рассматривается как инструмент исследования, а не как его предмет.

2 Основные концепции построения многозначных систем ИИ

В настоящей работе рассмотрены основные концепции построения систем ИИ, адекватных основным задачам деятельности человека и использующих гибридные средства с многозначным кодированием. С материалистической точки зрения эти концепции согласуются с открытыми человеком законами диалектики и их проявлениями в задачах, связанных с распознаваниями образов: законом единства и борьбы противоположностей — в виде наличия параллельно действующих в пространстве и времени механизмов как дискретного, так и непрерывного отображения объектов; законом перехода количественных изменений в качественные — количественные изменения уровня градации яркости и цвета приводят к качественным изменениям в отображении объектов; законом отрицания отрицания (двойного отрицания) — в виде изменения и чередования признаков кодирования сообщений об объектах в нейронах мозга — от пространственного к временному и от двузначного к многозначному.

Процессы распознавания образов в системах ИИ, создаваемых в настоящее время, реализуются на процессорах фон-Неймана, характеризующихся итеративными алгоритмами функционирования. Тогда для распознавания, к примеру, черно-белого изображения, состоящего из 400 точек, имеющих только две градации яркости, путем последовательного перебора возможных решений процессор фон-Неймана должен выполнять 2^{400} операций (в десятичной системе счисления это $10^{119.5}$). Для сравнения: число атомов в видимой Вселенной 10^{73} . Это сравнение и ряд других, схожих с ним, побуждает создателей систем ИИ к поиску выхода из создавшегося положения.

В частности, в работах [3-5] сделан акцент на концепции нейрофизиологических и нейрокибернетических аспектов механизмов живого мозга. Связано это с тем, что естественные нейронные структуры из нервных клеток - нейронов, по существу, являются высокоэффективными распознающими системами и, по этой причине, представляют интерес не только для медиков и физиологов, но и для инженеров, занимающихся проектированием систем ИИ. Однако прямой перенос результатов исследований нейрофизиологов в инженерную практику в настоящее время невозможен из-за отсутствия соответствующей биоэлектронной технологии и элементной базы, что привело к разработке и созданию множества разновидностей искусственных нейронов, реализованных на элементах импульсной техники. Но и здесь возникли осложнения из-за неадекватности нейронных моделей множеству требований, предъявляемых к системам ИИ. Как альтернатива, в работах [3, 4] предлагается создание нейроподобных моделей на основе техники многопроцессорных вычислительных систем с програм-

мируемой архитектурой, в частности, на основе цифровых интегрирующих структур. Таким образом, сохраняя структуру фон-Неймана, строятся системы ИИ, являющиеся существенно двузначными, но моделирующими нейронные процессы пространственного суммирования разных по уровню воздействий, инерциальных и пороговых свойств нейронных мембран, а также изменения частоты следования передаваемых сообщений. Хотя очевидно, что все перечисленные свойства и функции многозначны и дискретны по уровню.

Как следствие, неадекватность используемых принципов кодирования и элементной базы моделируемым процессам влечет за собой избыточность, усложнение и неочевидность используемого математического и технического аппарата преобразований, потерю микроуровня параллелизма в обработке, ожидаемого быстродействия и гибкости перестройки структуры без существенных изменений архитектуры и связей.

3 Концептуальная модель ячейки многозначной системы

Изложенные концепции, теоретические и экспериментальные исследования и возникающие осложнения при создании систем ИИ способствуют выдвижению концепции адекватности многозначной логики и структур задачам создания систем ИИ с желаемыми свойствами и возможностями. В частности, универсальные многозначные структуры пространственного типа изначально (на микроуровне) обладают максимальным параллелизмом (быстродействием) на уровне элемента структуры, работают с многоуровневым сигналом; обладают универсальностью в рамках выбранного структурного алфавита и гибкостью перестройки без изменения самой структуры; реализуют неразрывную связь как многозначного, так и двузначного кодирования, т.е. предоставляют возможность наглядного соотнесения аналоговых и многозначных алгоритмов, закладываемых в операционные, программно-управляющие и запоминающие средства, использующие двузначное кодирование [6].

Сравнение эквивалентных по функциональным возможностям дву- и многозначных универсальных структур доказывает высокую экономичность и надежность последних при создании технических средств ИИ, а также их широчайшие функциональные возможности. Кроме того, в работе [9] отмечается, что многозначные алгебры Мальцева-Поста (итеративные алгебры функций) в последнее время находят все более широкое применение в кибернетике, теории алгоритмов и программировании, при создании высокоэффективных систем и методов управления базами данных (ассоциативными базами данных), а в работах [6-8] дан анализ возможного применения математического аппарата АКП при создании мозгоподобных преобразователей информации.

В этой связи для раскрытия путей использования задела знаний в области многозначного кодирования и структур при создании систем ИИ предлагается концептуальная структурно-функциональная модель ячейки многозначной системы ИИ [6]. Каждая система ИИ характеризуется набором функций, выполняемых ею и узлами, которые реализуют эти функции и информационные обмены. В соответствии с решаемыми задачами структурно-функциональная ячейка распадается на три иерархических уровня: функциональный (аналитико-синтетический); тактический (анализаторно-координационный); стратегический (координационный). Соответственно на функциональном уровне в состав ячейки входит коммутатор многозначных сигналов, комплекс пороговых устройств, дешифраторы промежуточных признаков, формирователи многозначных функций. Коммутатор многозначных сигналов служит управляющим устройством по входу системы ИИ, определяющим от какого входного сигнала ей работать: извне или стратегического уровня. Комплекс пороговых устройств позволяет реализовать преобразование непрерывных или дискретных по времени и уровню многозначных входных сигналов в пространство существенно многозначных характери-

ческих функций, семантическую обработку входного сигнала системы, а также формирование пространства промежуточных признаков неоднородного преобразования. Промежуточные признаки (пространство существенно многозначных характеристических функций) дешифрируются далее в управляющие сигналы выходного комплекса формирователя многозначных функций, реализующего аналитические функциональные преобразования. Результат преобразований на функциональном уровне поступает на выход ячейки, а также на стратегический уровень для оценки с точки зрения семантического содержания.

Тактический уровень системы ИИ в данной модели реализуется с помощью анализаторно-координационного процессора, в задачи которого входит управление коммутатором входных сигналов, настройкой порогов пороговых устройств функционального уровня, дешифраторов промежуточных признаков с целью выбора вида реализуемого функционального преобразования и синхронизации работы тактического, функционального и стратегического уровней. Кроме того, процессор тактического уровня осуществляет функциональные настройки (выбор вида реализуемых многозначных функций) формирователя многозначных функций. На *стратегическом* уровне процессор-супервизор позволяет системе ИИ осуществлять окончательный семантический анализ с участием оператора, обмен данными с оператором, входом и выходом данной ячейки, с базой знаний системы, а также контролировать в автоматическом и диалоговом режиме процесс решения задач на тактическом уровне. Последнее дает возможность проследить процедуры реализации произвольного алгоритма на всех этапах его выполнения и, тем самым, осуществить селекцию и накопление в базе знаний эффективных алгоритмов из множества других, менее эффективных.

Ячейка системы ИИ наращивается на функциональном уровне как по входам, так и по выходам, а также объединяется с другими ячейками по входам дешифраторов промежуточных признаков: на тактическом уровне — через анализаторно-координационный процессор; на стратегическом — через процессор-супервизор и базу знаний. Концептуальная модель ячейки системы ИИ базируется на концепции симбиоза (неразрывной связи и взаимодействия) дву- и многозначных средств обработки данных, поэтому на стратегическом уровне в ней содержатся комплексы преобразователей формы представления данных — преобразователи из двузначного кода в многозначный ($2 \rightarrow k$) и обратно ($k \rightarrow 2$). Очевидно, что их использование в системе ИИ определяет, на каком уровне решаются задачи, в какой логике и с каким быстродействием (какова пропускная способность системы ИИ). Кроме того, применение этих средств исключает необходимость работы оператора с двузначными трансляторами при вводе-выводе данных.

4 Обоснование выбора многозначного кодирования в системах ИИ

Во всех разрабатываемых, описываемых и анализируемых системах ИИ в настоящее время безоговорочно и исключительно используется двузначное кодирование, алгебра логики и соответствующее программное обеспечение. Как альтернатива существует умозрительное направление многозначной логики и структур на ее основе, использующих многоуровневое кодирование и характеризующихся большей степенью общности, в сравнении с двузначным, а также безграничными возможностями в функциональном отношении, но практически мало или совсем неиспользуемое в вычислительной технике и системах ИИ. В настоящей работе предлагается не противопоставлять эти два подхода, а по аналогии с естественным интеллектом исследовать возможность симбиоза, который в универсальных многозначных структурах пространственного типа постоянно существует: значность, равная двум, всегда присутствует в многозначных построениях и всегда ими используется, не являясь альтернативой многозначности.

Эта фундаментальная и элементарно простая предпосылка позволяет взглянуть на задачу создания систем ИИ с кардинально других позиций, отслеживается и обрабатывается во всем ее дальнейшем изложении. Как подход к созданию систем ИИ такая концепция позволяет уже сегодня, на основе имеющейся в серийном производстве микроэлектронной элементной базы, в частности параллельных аналого-цифровых преобразователей и многоканальных быстродействующих аналоговых коммутаторов, цифро-аналоговых преобразователей разрабатывать, создавать и исследовать системы ИИ по структуре, представленной на рисунке 1.

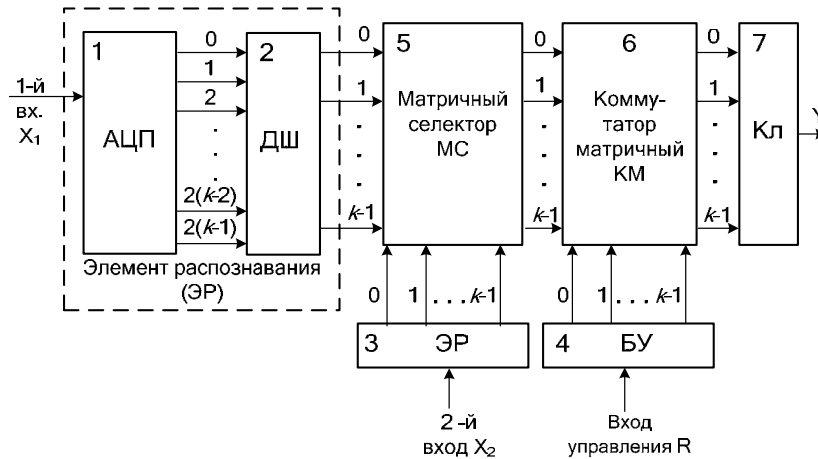


Рисунок 1 - Двухвходовый многозначный УФП (АКП-структура третьего рода)

АКП-структура третьего рода на основе двухвходового многозначного универсального функционального преобразователя (УФП) [6, 7] включает такие компоненты: элемент распознавания k -значной переменной, который образован параллельным аналого-цифровым преобразователем (АЦП) вместе с пространственным дешифратором (ДШ), матричный селектор и матричный коммутатор, блок управления, параллельный цифро-аналоговый преобразователь (ключевой коммутатор). Описав логику работы этих компонент соответствующими уравнениями АКП, получим их математические модели. Использование концепции унификации и данной алгебры обеспечит граничный параллелизм и однородность структуры в целом. Получение аналитических соотношений входных/выходных переменных составляющих компонент позволит формализовать и автоматизировать процедуры синтеза многозначных структур пространственного типа [6, 7, 9]. Причем существующая элементная база не требует никаких доработок, и даже наоборот — позволяет снизить требования к допускам по точности в случае ее использования в составе многозначных структур. Таким образом, применение двухвходовых АКП-структур третьего рода, а также построение пространственного дешифратора, матричного селектора и коммутатора на элементах конъюнкции позволило обеспечить однотипность и однородность ее внутренней структуры, а также повысить быстродействие за счет граничного параллелизма структуры. В АКП-структуре используются логические, а не вычислительные методы промежуточных преобразований с применением концепции унификации двух- и k -значного кодирования, что обеспечивает упрощение структуры промежуточных субблоков матричного селектора и коммутатора (рисунок 2).

В задачах разработки и создания многозначных систем ИИ первостепенной является проблема сложности многозначных элементов и структур. С одной стороны, системы ИИ должны обладать предельно высоким быстродействием, достигаемым обычно за счет распараллеливания процессов преобразования информации, с другой — параллелизм обработки приводит к увеличению аппаратных затрат вообще, а в многозначных структурах параллельного (пространственного) типа еще с ростом значности структурного алфавита, в част-

ности. Отсюда делается вывод о несравнимо большей сложности многозначных структур по сравнению с двузначными и, как следствие их меньшей надежности. Однако результаты исследований, сравнимых по логической мощности универсальных многозначных и двузначных структур, показали полную несостоятельность такого вывода. Более того, подробный анализ совокупных свойств многозначных и двузначных структур показывает, что в отношении необходимой вводимой избыточности, обеспечивающей работоспособность структур с произвольным структурным алфавитом, избыточность является неизбежной и не всегда она меньше у двузначных структур [9].

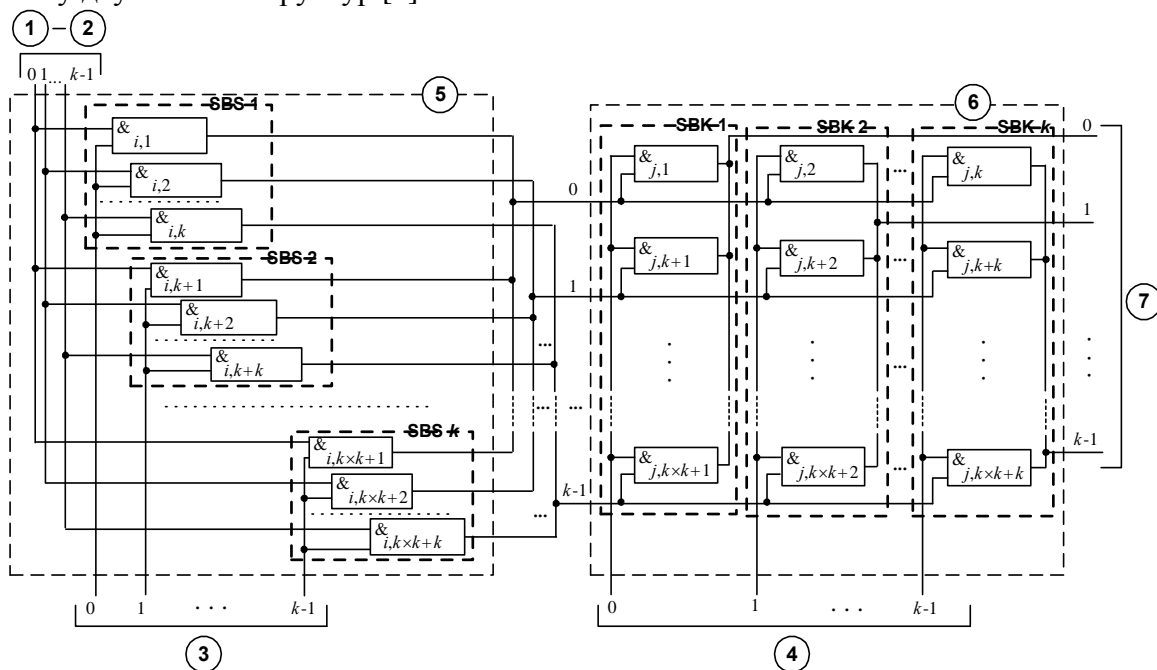


Рисунок 2 - Структура и логика реализации комбинационно-матричных схем (селектора; коммутатора)

Заключение

Таким образом, приведенные результаты позволяют сделать следующий вывод: использование новых алгебро-логических средств моделирования естественно-языковых конструкций в виде системы уравнений на языке АКП и явного способа задания конечного алфавитного оператора, который лежит в основе аппаратного метода решения этих уравнений, обеспечивает реализацию свойства обратимости АКП-структур и широкое распараллеливание обработки символьной информации. Фундаментальные исследования алгебро-логической структуры естественного языка, а также алгебро-логических средств его моделирования в виде соответствующих АКП-структур позволяют вплотную подойти к решению важной научной проблемы: созданию качественно новых технологий обработки символьной информации на базе концепции унификации и методов синтеза обратимых логических модулей на основе универсальных многозначных преобразователей информации.

Список источников

- [1] **Бондаренко, М.Ф.** Мозгоподобные структуры: справочное пособие. Т.1 / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко. – К.: Наукова думка, 2011. – 460 с.
- [2] **Четвериков, Г.Г.** Формалізація принципів побудови універсальних k-значних структур мовних систем штучного інтелекту / Г.Г. Четвериков // Доповіді НАН України. – 2001.– №1(41). – С. 76 –79.

- [3] **Каляев, А.В.** Нейроподобные моделирующие и вычислительные структуры / А.В. Каляев, И.А. Каляев // Электронное моделирование. – 1986. – №2. – С.3-9.
- [4] **Абу-Мустафа, Я.С.** Оптические нейронно-сетевые компьютеры / Я.С. Абу-Мустафа, Д.И. Псалтис // В мире науки. – 1996. – №5. – С.42-52.
- [5] **Бодянский, Е.В.** Самообучающаяся нейро-фази система для адаптивной кластеризации текстовых документов / Е.В. Бодянский // Бионика интеллекта. – 2009. – № 1(70). – С. 34-38.
- [6] **Бондаренко М.Ф.** Основи теорії багатозначних структур і кодування в системах штучного інтелекту / М.Ф. Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г. Четвериков. – Харків: Фактор-друк, 2003. – 336 с.
- [7] Патент 2147789 РФ, МКВ Н 03 К 19/02, Н 03 М 1/00. Функциональный преобразователь с многозначным кодированием / М.Ф. Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г. Четвериков (Україна). – №97101717/09; Заявл. 04.02.97; Опубл. 24.04.2000, Бюл.№11. – 6 с.
- [8] **Вечірська, І.Д.** Математичні аспекти побудови ланцюгів лексичних одиниць / І.Д. Вечірська, Г.Г. Четвериков // Бионика интеллекта. – 2012. – № 2(79). – С. 84-88.
- [9] **Бондаренко, М.Ф.** Концепції уніфікації інформаційно-інтелектуальних технологій в системах мовлення / М.Ф. Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г. Четвериков // Бионика интеллекта. – 2011. – №3(77). – С.150–156.

Сведения об авторах



Четвериков Григорий Григорьевич, 1952 года рождения. В 1974 году окончил Харьковский институт радиоэлектроники (ныне – Харьковский национальный университет радиоэлектроники) по специальности «Прикладная математика». Доктор технических наук (2005), профессор, профессор кафедры программной инженерии. Директор межрегионального Центра прикладной и математической лингвистики Украинского языкового информационного фонда НАН Украины и Харьковского национального университета радиоэлектроники. Имеет более 150 научных публикаций.

Grigoriy Chetverikov (b. 1952) graduated with honours (1974) from Kharkov Institute of Radioelectronics, speciality “Applied Mathematics”. He received his Doctor of Engineering degrees (2005). Professor subdepartment “Software Engineering”. He has got more than 150 scientific publication. He current research interests include description of declarative knowledge with help of formal logic.

Кнышова Елена Сергеевна, 1987 года рождения. В 2009 году окончила Национальную юридическую Академию им. Ярослава Мудрого по специальности «Прокуратура и правоведение». Ассистент кафедры правоведения факультета экономики и банковского права Севастопольского института банковского дела Украинской Академии банковского дела Национального Банка Украины. Имеет 3 публикации.

Helen Knyshova (b. 1987) graduated from Kharkov National Law Academy (2009), Presecutor Law Department. She current research interests include description of declarative knowledge with help of formal logic.

Вечирская Ирина Дмитриевна, 1979 года рождения. В 2001 году окончила Харьковский институт радиоэлектроники (ныне – Харьковский национальный университет радиоэлектроники) по специальности «Прикладная математика». Кандидат технических наук (2008), старший научный сотрудник (2012). Имеет более 50 научных публикаций.



Iryna Vechirska (b. 1979) graduated with honors (2001) from Kharkov Technical University of Radioelectronics, specialty «Applied Mathematics». She received her PhD in Technical Science (2008), senior scientist (2012), associate professor of subdepartment “Software Engineering”. She has got than 50 scientific publication. She current research interests include description of declarative knowledge with help of formal logic.

ABSTRACTS
V.A. Vittikh**9-11**

Institute for the control of complex systems RAS
vittikh@iccs.ru

PLATO'S DIALECTICS AS THE BASIS OF SOCIETY MANAGEMENT SCIENCE

Necessity of the usage of Plato's dialectics for creating of society management science is substantiated. Opposite to the natural science and other exact sciences foundation (Aristotelian analytics, which deals with eternal immutable objects "without any admixture of human subjectivity" and provides acquisition of objectively true knowledge) Plato's dialectics performs the propaedeutics function towards society management science, which is connected with studying of human activity in its varied forms. Plato's dialectics proceed from the necessity to reach mutual understanding through dialogues in the process of discussing the problem which must be solved thanks to which an opinion is formed through the conflict of various frequently opposite points of view, we mean not reliable but probably true, verisimilar knowledge.

Key words: *Plato's dialectics, society management, dialogue, mutual understanding, verisimilar knowledge, concept, ontology, support system of communicative actions, multi-agent interaction models.*

S.V. Smirnov**12-19**

Institute for the Control of Complex Systems of the RAS
smirnov@iccs.ru

ONTOLOGIES AS SEMANTIC MODELS

The article deals with the experience of semantic ontology-based modelling. It is supposed that ontologies are suitable for representation of both formal and descriptive (i.e. actually semantic) models. As the precondition for a choice of base elements of ontological specifications the cognitive ability to distinguish objects («discrete objects») in the reality and to find connections between objects is postulated. Because the relationship as a set of relations is divided into properties and associations of objects, therefore properties and classes of objects turned out to be modeling primitives for ontologies. Associative relations, elements of operational basis and axioms of a modeled object domain are fixed at definition of special properties of objects. The general plan of ontological models use is analyzed, its organic orientation to integration of diverse knowledge is ascertained and a mechanism of models control is outlined.

Key words: *semantic models, object, property, semantic networks, formal ontology, multimodelling, knowledge integration.*

V.A. Vittikh¹, T.V. Moisseeva², P.O. Skobelev³**20-25**

¹ *Institute for the control of complex systems RAS*
vittikh@iccs.ru

² *Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics*

³ *Smart Solutions, Ltd (Knowledge Genesis Group)*
skobelev@kg.ru

DECISION MAKING ON THE BASIS OF CONSENSUS USING MULTI-AGENT TECHNOLOGIES

Increasing of the management efficiency is connected with reaching mutual understanding and consensus in the course of concurrent decision making by persons found in problem situation and taking part in its regulation. Mutual understanding is considered not as points of view similarity but as different points of view gravitation: if a person has opportunity to satisfy another person's need than agreement on providing of appropriate services can be interpreted as mutual understanding achievement between them. According

to this context we offer to build multi-agent situation models which guarantee support of the processes of mutual understanding achievement on the basis of consensus for acceleration and improvement of decision making procedure. The main stages which must be fulfilled on the path to creating of mutual understanding support and consensus means are described.

Key words: *decision making, inter-subjective management, regulation of the situation, mutual understanding, consensus, multi-agent situation model, needs and opportunities network.*

P.O. Skobelev

26-48

Smart Solutions, Ltd (Knowledge Genesis Group)
skobelev@kg.ru

SITUATION-DRIVEN DECISION MAKING AND MULTI-AGENT TECHNOLOGY: FINDING SOLUTIONS IN DIALOGUE

The design principles of intelligent systems for situation-driven decision making are proposed based on new theory of result-oriented management and team work. Multi-agent technology is considered as a basic framework for designing autonomous intelligent systems which provide reaction on events, resource allocation, scheduling and optimization, communication with decision makers for coordination of decisions, monitoring and control of plans and re-scheduling in case of growing gap between plan and reality. The key feature of the systems is ability to find consensus between team members for coordinated decisions which provide high productivity and efficiency of enterprises. Future steps in developments are discussed.

Key words: *new theory of management, team work, enterprise resources, ontology, multi-agent technology, consensus, real time.*

N.M. Borgest¹, M.D. Korovin²

49-55

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University)
¹borgest@yandex.ru ²maks.korovin@gmail.com

ONTOLOGIES: CURRENT STATE, SHORT REVIEW

This article makes an attempt to describe the current state with the ontology development. A short review of the newest ontology support tools and standards is given. The actual situation in the ontology development and implementation is described based on the international association of the applied ontologies data. Examination of functional and structural qualities of ontologies is described from the informational system's point of view in different domains. The ontology lifecycle phases are shown.

Key words: *ontology, review, lifecycle, standards, informational systems.*

G.G. Chetverikov, H.S. Knyshova, I.D. Vechirska

56-63

Kharkov National University of Radio Electronics,
Sevastopol Institute of Banking of the Ukrainian Academy of Banking of the National Bank of Ukraine, Ukraine
chetvergg@gmail.com, ira_se@list.ru

CONCEPTUAL AND PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF BUILDING MULTIPLE-VALUED SYSTEMS OF ARTIFICIAL INTELLECT. BRAIN-LIKE CONVERTERS OF INFORMATION

The problems of the conceptual and psychological aspects of mathematic modeling of AFP-structures are being examined on the bases of theoretical reasons having done by the authors in their previous research. AFP-structures are used as universal functional converters of space type on the basis of decomposition of multiple-valued structures for discretely- analog converters and digital subblocks, such as matrix selector and commutator.

Key words: *logics, algebra of finite predicates, multiple-valued structures, AFP-structures.*

КОММЮНИКЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО САММИТА 2013:

ОЦЕНКА ОНТОЛОГИЙ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА¹

Главные редакторы: Фабиан Неухаус и Аманда Вайздом.

Ко-редакторы: Кен Баклавски, Майк Беннет, Майк Дин, Майкл Денни, Майкл Грюнингер, Али Хашеми, Терри Лонгстред, Лео Обрст, Стив Рей, Рэм Срирам, Тод Шнайдер, Марселла Вегетти, Мэтью Вест, Питер Юм.

Резюме

Проблема. В настоящий момент не существует общего мнения касательно методологии проектирования онтологий, и нет согласия относительно методов оценки онтологий, соответственно инструменты и способы оценки онтологий не слишком широко используются при создании и развитии онтологий, что может привести к появлению онтологий низкого качества и является препятствием к успешному внедрению онтологий как технологий.

Подход. Целью онтологического саммита 2013 было создание рекомендаций по оценке онтологий для разработчиков и конечных пользователей. В течение 4 месяцев участниками саммита (специалистами-онтологами, программными и системными инженерами) было рассмотрено множество подходов к оценке онтологий. Мы оценили применимость лучших известных практик из программной и системной инженерии к онтологическим системам.

Результаты. Документ сфокусирован на оценки пяти показателей качества онтологий: понятность (*intelligibility*), точность (*fidelity*), техническое совершенство (*craftsmanship*), адекватность (*fitness*) и встроенность (*deployability*). Представлена модель жизненного цикла (ЖЦ) онтологий, выделены критерии оценки в контексте этапов ЖЦ. Обсуждается доступность инструментов. Документ завершается замечаниями и рекомендациями.

Учитывая возраст онтологического проектирования как инженерной дисциплины, любые выводы о том, как нужно строить и оценивать онтологии можно считать предварительными, однако результаты, полученные в ходе саммита, получили высокую оценку от специалистов вовлеченных предметных областей.

Рекомендации. Для обеспечения успеха при разработке, внедрении и использовании онтологий, их оценка должна проводиться на протяжении всего ЖЦ. Оценка онтологий должна проводиться по заранее определенным критериям, зависящим от назначения онтологии и от её операционной среды. Для достижения данной цели мы рекомендуем создание онтологий и средств их поддержки, позволяющих отслеживать показатели качества онтологий на всех этапах ЖЦ.

1. Цель документа

Целью этого документа является принятие практик оценки онтологий в качестве стандартной процедуры при создании и развитии онтологий. Мы сконцентрировали свое внимание на вопросах выработке требований к использованию онтологий, жизненном цикле онтологий, оценки онтологий и качестве результатов такой оценки.

Коммюнике - результат четырехмесячной работы участников онтологического саммита 2013, которые в течение этого времени готовили материалы, предлагали ресурсы, обсуждали вопросы и материалы, каждую неделю собираясь на виртуальной конференции. Темой данного саммита была «Оценка онтологий на протяжении всего ЖЦ». Этот документ представляет собой синтез идей, которые были представлены и разработаны в течение этих четырех месяцев, а также отражает вклады участников и консенсус самого саммита.

Целевой аудиторией для этого документа является, в первую очередь, все, кто в данный момент занимается созданием или использованием онтологий, или те, кто только собираются этим заняться. Мы считаем, что использование представленных в документе практик позволит в значительной степени повысить эффективность создания и использования онтологий. Таким образом, нашей первичной целевой аудиторией являются разработчики онтологий. Вторичной целевой аудиторией этого документа является сообщество программных, системных инженеров и специалистов по качеству. Успех внедрения онтологий зависит не в последнюю очередь от возможности отслеживать их эффективность с принятием соответствующих мер при необходимости с применением инженерных практик.

¹ Ontology Summit 2013 Communiqué. Towards Ontology Evaluation across the Life Cycle. Current Version is: v1.0.4 - 2013.05.31 http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologySummit2013_Communique.

В числе подписантов Коммюнике член редколлегии журнала Боргест Н.М. Пер. с англ. выполнен Коровиным М.Д. и Одинцовой С.А.

2. Введение

Онтологии – это воспринимаемые человеком машинно-интерпретируемые представления о некоторой части определенной предметной области. Так как онтология содержит в себе понятия и их определения, она позволяет обеспечивать единство терминологии на предприятии или в организации. Поэтому онтология может использоваться как своего рода глоссарий. В силу того, что онтологии отражают ключевые концепты и их связи в машинно-интерпретируемой форме, онтологии близки к моделям предметных областей в системном и программном инжиниринге. И так как онтологии могут быть наполнены информацией или ссылками на неё для создания баз знаний, с операционной точки зрения онтологии напоминают базы данных.

Эта гибкость онтологий является главным преимуществом онтологических технологий. Однако такого рода гибкость затрудняет их оценку. Оценка онтологий включает в себя сбор информации об определенных её параметрах, проверку соответствия этой информации некоторым требованиям и оценку пригодности онтологии для конкретной задачи. Некоторые свойства онтологий не связаны с конкретной задачей, другие требуют оценки отношений между онтологией и её предметной областью, окружением или особыми вариантами её использования и могут оцениваться исключительно в контексте сценария использования. Разнообразие потенциальных вариантов использования онтологий не позволяет создать универсальный набор критериев оценки. Поэтому не существует одного метода оценки, применимого ко всем онтологиям.

Несмотря на это, мы можем выделить некоторые методы оценки, необходимые для большинства онтологий. Оценка качества онтологии предполагает её оценку в качестве модели предметной области пригодной для понимания человеком, модели для машинной обработки и онтологии, как части сложной программной системы. В данном документе мы рассматриваем 5 главных характеристик²:

1. Пригодна ли онтология к пониманию её человеком (*понятность*)?
2. Насколько точно онтология представляет предметную область (*точность*)?
3. Насколько хорошо построена онтология, и в какой мере соблюдены оригинальные организационные решения (*техническое совершенство*)?
4. Подходит ли онтологическая модель под решаемую задачу? (*адекватность*)
5. Отвечает ли онтология требованиям системы, частью которой является? (*встроенность*)

Для обеспечения разборчивости недостаточно того, чтобы онтология была читаема специалистами-онтологами. Все целевые пользователи системы должны быть в состоянии интерпретировать её содержимое (сущности, классы, отношения и т.д.), важное для их деятельности. Понятность не предполагает прямого распознавания онтологии пользователями, однако документация на нее должна быть понятна всей целевой аудитории. Для этого может потребоваться наличие множественных определений для одного понятия (например, на разных языках). Понятность особенно важна для онтологий, используемых в качестве *управляемого словаря*, однако и для онтологий, применяющихся в качестве внутренней структуры программных систем, также желательно обеспечение понятности, так как поддержка онтологий осуществляется людьми, не всегда причастными к её созданию.

Точность отражает корректность описания предметной области как в аксиомах, так и в документации к онтологии. Техническое совершенство отвечает за аккуратность исполнения онтологии от наличия синтаксических ошибок до вопросов правильности реализации философского базиса онтологии.

Требования к адекватности и встроенности онтологии зависят от сценария её использования. Адекватность описывает онтологию как модель знаний, встроенность – как программный продукт³.

Так как встроенность и качество зависят от сценария использования, оценка онтологий должна производиться с учетом того, как требования к онтологии зависят от требований к системе, частью которой она является. Более того, несмотря на то, что под оценкой онтологий может пониматься оценка конечного продукта, мы рассматриваем её как непрерывный процесс в течение всего ЖЦ.

3. Модель жизненного цикла онтологий

ЖЦ любой онтологии состоит из ряда процессов, в ходе которых онтология зарождается, специфицируется, адаптируется, развертывается, используется и поддерживается. Происходят эти процессы параллельно или последовательно, однажды за ЖЦ или повторяются несколько раз, частично зависит от того, как выполнялось создание онтологии. Более того, как было отмечено выше, онтологии создаются для разных задач, поэтому отдельные стадии ЖЦ могут отсутствовать для одних онтологий и присутствовать для других. Данный факт не позволяет создать единую общую модель ЖЦ онтологии с четко обозначенной последовательностью этапов

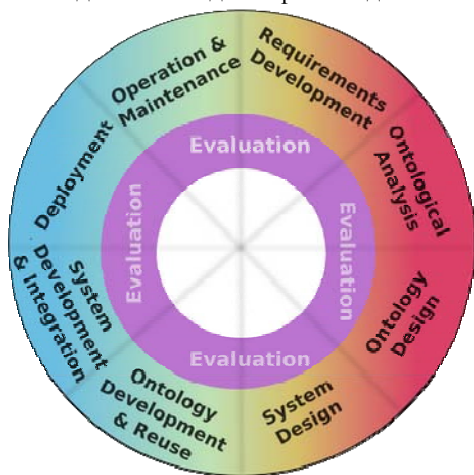
² Существуют разные подходы к аспектам кластеризации, которые необходимо оценить. Например, в критерии OQuaRE характеристики разбиваются на подхарактеристики, которые связаны с метриками. Чтобы узнать больше о OQuaRE и других подходах обратитесь к коллекции ссылок по адресу <https://www.zotero.org/groups/ontologysummit2013/items/collectionKey/PMKFZPDA..>

³ Точность, техническое совершенство и адекватность более подробно обсуждаются ниже, в разделе разработки онтологий.

ЖЦ. ЖЦ конкретных онтологий являются упрощенными частными случаями, зависящими от специфики создания конкретной онтологии.

Рассмотрение упрощенного ЖЦ позволяет выделять стадии, общие для всех онтологий. Идентификация фаз ЖЦ онтологии позволяет кластеризовать действия вокруг целей, входов и выходов узнаваемого типа. Более того, модель ЖЦ наглядно демонстрирует зависимость одних стадий ЖЦ от других, например, качество онтологии напрямую зависит от того, насколько грамотно были сформулированы требования к ней. Зависимости между стадиями инвариантны для всех онтологий, несмотря на их различия между собой.

На рисунке представлена модель ЖЦ онтологии. Как правило, онтология в процессе своего ЖЦ проходит через эти стадии более одного раза. В дальнейшем мы остановимся на всех стадиях более подробно.



Как показано на рисунке, оценка онтологий производится на всех стадиях ЖЦ, с разным фокусом, интенсивностью и способами, зависящими от конкретной стадии ЖЦ. Оценка на каждой стадии позволяет понять, насколько онтология удовлетворяет требованиям следующей стадии.

Данная модель справедлива вне зависимости от того, используется ли онтология преимущественно компьютерной системой или нет, так как такие системы являются информационными в широком смысле: системами из людей, процессов, аппаратного, программного обеспечения и данных, которые обрабатывают информацию и принимают решения⁴. Для примера рассмотрим систему, используемую людьми для администрирования документов. В этом случае информационная система будет состоять из онтологии, администраторов и инструментов, как для программного комплекса, так и для людей. Функционал всей системы будет страдать в случае, если она будет выдавать информацию в виде, непригодном для отображения в браузере компьютера.

Другим примером может являться двусмысленность определений, не позволяющая разным пользователям использовать общую терминологию в процессе работы. Таким образом, онтология должна оцениваться как на встраиваемость, так и на понятность.

4. Этап формулирования требований

Задачей данного этапа является формирование понимания, контекста, цели и начальных требований. Адекватный выбор целей критическим образом влияет на успех создания и применения онтологии. Большинство действий по оценке зависят от результатов этой фазы.

Во время этапа выбора требований рассматриваются и оцениваются все возможные сценарии применения будущей онтологии и, на основе оценки, формулируются начальные требования. Как правило, сценарий использования понятен из задач онтологии (её бизнес перспектив⁵). На начальном этапе требования могут быть представлены фрагментарно и касаться только отдельных задач. Во многих случаях только некоторые аспекты использования будут решены, и этап формулировки требования может включать сбор информации о других аспектах, которые являются существенными для онтологического анализа и проектирования.⁶

Хорошим способом формулирования требований является метод использования вопросов проверки компетенции: опросов, на которые должна отвечать онтология⁷. Эти вопросы формулируются на естественном языке, обычно в качестве запросов, которые должна поддерживать онтология в выбранных сценариях использования. Результатом фазы формирования требований является документ, который должен отвечать на следующие вопросы:

- Зачем нужна эта онтология? (причина появления, ожидаемая польза)
- Каковы предполагаемые сценарии использования?
- Какие группы пользователей должны быть в состоянии понимать определенные части онтологии?
- Каков масштаб онтологии?
- Есть ли существующие онтологии и стандарты, пригодные для использования?
- Каковы вопросы компетенции?
- Отражают ли вопросы компетенции все сценарии использования онтологии?

⁴ Для лучшего понимания обратитесь к <https://www.zotero.org/groups/ontologysummit2013/items/collectionKey/HU2MCEG4>.

⁵ Слово «бизнес» понимается в широком смысле, включая задачи организации или человека, требующие для решения онтологию, при этом не важно являются ли эти задачи коммерческими, государственными, образовательными или какими-либо другими.

⁶ Для того чтобы узнать больше о анализе использования онтологий обратитесь к <https://www.zotero.org/groups/ontologysummit2013/items/collectionKey/HJ6MK7W3>.

⁷ Для большего количества вопросов компетенции см. <https://www.zotero.org/groups/ontologysummit2013/items/collectionKey/7B5TCZCZ>.

- Каковы требования рабочей среды?
- Какие ресурсы стоит принять во внимание при создании онтологии? (Например, имеющиеся базы данных, модели данных, глоссарии, словари, схемы, таксономии, онтологии, стандарты, доступ к экспертам предметной области)

5. Этап онтологического анализа

Задачей фазы онтологического анализа является выделение ключевых сущностей онтологии (индивидов, классов и отношений между ними), а так же отождествление их с терминологией выбранной предметной области. Как правило, этот процесс включает в себя устранение двусмысленности, вызванной различной терминологией для одних и тех же сущностей в разных источниках и сообществах.

Результаты этой работы, как правило, представляются в неформальном виде, пригодном для восприятия как для онтологов, так и для экспертов в предметной области. Специалисты применяют свои знания важных онтологических определений и связей для выделения тех предложений, которые содержат информацию, важную при создании онтологии⁸. Результат онтологического анализа также может представляться в виде диаграмм (карт концептов, диаграмм UML, деревьев концептов, рисунков). Результат онтологического анализа должен определять следующую информацию:

- Важные сущности в пределах предполагаемой предметной области.
- Важные характеристики сущностей, включая отношения между ними, неоднозначность описаний и свойства, важные для предметной области в рамках выбранного сценария использования.
- Терминология, используемая для обозначения этих сущностей и предоставления достаточного количества контекстуальной информации для устранения неоднозначности многозначных терминов.

Результат анализа дает исходную информацию для проектирования и создания онтологии. Дополнительно, эти результаты предоставляют детали, при помощи которых нечеткие требования к этапу проектирования и создания могут быть сформулированы в точные, пригодные для оценки требования.

Оценка результатов этапа онтологического анализа

Результаты этапа онтологического анализа должны быть оценены в соответствии со следующими критериями:

- Задokumentированы ли все важные термины предметной области?
- Выделены ли все сущности, важные в масштабе онтологии?
- Согласны ли эксперты в предметной области с результатами онтологического анализа?
- Является ли документация однозначно интерпретируемой в степени, достаточной для согласованного использования терминологии?

6. Этап проектирования онтологии

На стадии проектирования⁹ разрабатывается проект онтологии на основании результатов этапов формирования требований и онтологического анализа. В частности, выбираются языки построения онтологии и язык запросов (они могут быть одинаковыми). Далее проектируется структура онтологии. Структура определяет разбиение онтологии на модули и то, как эти модули будут взаимодействовать между собой. Имеющиеся онтологии могут быть использованы в структуре в качестве модулей новой онтологии. Поведение модулей может быть описано по ответам на вопросы компетенции. Эти вопросы, специфичные для конкретных модулей, как правило, получают из вопросов для целой онтологии.

Этап проектирования включает определение принципов организации онтологии и выделение классов верхнего уровня. Классы верхнего уровня – классы высшего уровня иерархии. (В случае с OWL, эти классы - прямые наследники owl:thing.) Эти классы определяют основные онтологические категории онтологии. Принципы организации и классы верхнего уровня вместе определяют, какие базовые аспекты реальности (например, изменение со временем) отражает онтология, и как она это делает. Принципы организации могут ограничивать описательные возможности онтологии (например, разрешать только один дочерний концепт).

Одним из способов выбора принципов организации является использование онтологии верхнего уровня. Онтологии верхнего уровня или базовые онтологии (например, DOLCE, BFO, SUMO), это пригодные к повторному использованию онтологии разной степени сложности, которые определяют базовые онтологические категории,

⁸ Пример такого неформального вывода (курсивом выделены сущности):

- Каждый *отчет о покупке* также является *отчетом о статусе заказа*
- Каждый *заказ* имеет свой *метод доставки*.
- Выбор *метода доставки* для отдельного *заказа* осуществляется *логистической программой* после того как *заказ* упакован.
- Каждый *заказ* имеет *скорость доставки*. *Скорость доставки* может быть *стандартной*, *двухдневной* и *за ночь*.
- *Скорость доставки* конкретного *заказа* выбирает *покупатель*, когда создает *заказ*.
- Для обозначения *заказа* в логистической базе данных используется термин *продажа*.

⁹ Здесь не делается различий между проектом и архитектурой. Следует считать что этап проектирования включает и то и другое..

отношения между ними и некоторые методические решения о том, как представлять реальность. Другие подходы, такие как OntoClean, полагаются на систематическое представление логических и философских свойств классов и отношений. Существуют попытки (например, NeOn¹⁰) алгоритмизации конструкторских решений в форме схем с целью их дальнейшего распространения¹¹.

Результаты некоторых проектных решений этого этапа приводят к появлению дополнительных требований к онтологии. Некоторые из этих требований касаются исключительно внутренних параметров онтологии (например, единственность класса-наследника или разделение между жесткими, анти-жесткими и нежесткими классами). Многие из этих требований могут быть поняты и оценены при помощи технического, онтологического понимания, без необходимости использования специфической информации для предметной области или задачи.

Отметим, что требования к выразительности и производительности онтологии могут вступать в конфликт. Данное противоречие можно разрешить путем создания отдельных справочных и операционных онтологий. Справочная онтология описывает предметную область во всей полноте, необходимой для решения задачи. Операционная онтология создается на её основе с возможным введением некоторых упрощений с целью увеличения производительности. Эти два типа онтологий будут описаны позже в разделе развития и повторного использования онтологий.

Оценка результатов фазы проектирования онтологий:

- Достаточно ли описательные возможности языка онтологии для удовлетворения требований к построению онтологии?
- Достаточно ли выразителен язык запросов для формализации вопросов компетентности?
- Поддерживает ли выбранный язык все необходимые возможности онтологии (например, если онтология оперирует вероятностями, язык должен описывать вероятностную информацию)?
- Является ли каждый добавленный в онтологию класс или концепт подклассом или экземпляром класса верхнего уровня?
- Определены ли правила именования концептов и соблюдаются ли они?
- Требуется ли проект создания нескольких отдельных онтологических модулей? Если да, то описывают ли модули в совокупности потребную предметную область.
- Описано ли в проекте и будут ли повторно использоваться созданные онтологии и как?
- Все ли модули онтологии имеют определенные (неформально) вопросы компетенции?
- Определено ли для каждого модуля, какие типы сущностей в нем представлены?
- Определено ли для каждого модуля, как он будет оцениваться и кто за это будет отвечать?
- Позволяет ли спроектированная онтология избежать добавления возможностей или содержимого, не относящегося к удовлетворению требований к онтологии?

7. Этап проектирования информационной системы на базе онтологии

Проектирование информационных систем – это сложившийся род деятельности, и нет необходимости «изобретать велосипед» в данной области. Однако стоит подчеркнуть взаимозависимость между организацией онтологии и организацией информационной системы, частью которой является онтология. На стадии системного проектирования принимаются решения, влияющие на внедряемость онтологии в сложную информационную систему. Эта взаимозависимость часто недооценивается, что приводит к проблемам взаимодействия онтологии с информационной системой, что увеличивает риск возникновения проблем использования онтологии и системы в целом.

Результат фазы системного проектирования должен отвечать на следующие вопросы:

- Какие операции будут выполняться с использованием онтологий? Какие компоненты будут выполнять эти операции? Как бизнес-требования, разработанные на стадии определения требований, применимы к этим специфическим операциям и компонентам?
- Будут ли и, если будут, то какие изменения и добавления в онтологии после развертывания системы?
- Какие интерфейсы (машинные или машинно-человеческие) будут задействованы во внесении добавлений? Как будут тестироваться эти интерфейсы относительно измененной онтологии? Каким требованиям нужно будет им отвечать?
- Какие источники данных будут использоваться совместно с онтологией? Через какие интерфейсы будет происходить обмен информацией?
- Как будет создаваться, оцениваться и поддерживаться онтология? Какие для этого необходимы инструменты?

¹⁰ http://www.neon-project.org/deliverables/WP5/NeOn_2009_D542.pdf (ссылка добавлена редакцией журнала).

¹¹ Для обращения к коллекции ссылок на тему «Существующие методологии и онтологии верхнего уровня» обратитесь к <https://www.zotero.org/groups/ontologysummit2013/items/collectionKey/FVM3J9FJ>.

- Если онтология будет иметь модульную структуру и/или создаваться распределенными разработчиками, как это будет поддерживаться?

Оценка проектирования информационной системы

Большая часть требований к системе основывается на принципах организации системы и методологии в целом, таким образом, находясь за пределами задач данного документа. Мы хотим указать на недооцененную важность явной оценки онтологии как части информационной системы и оценки структуры системы в целом с учетом следующего факта:

- Может ли система ответить на вопросы, перечисленные ранее?

8. Этап разработки онтологии

Этап разработки онтологии состоит из четырех главных действий: неформального моделирования, формализации вопросов компетенции, формального моделирования и операционной адаптации (каждое действие описано ниже). Эти действия обычно повторяются в цикле для отдельных модулей и для онтологии в целом. На практике они часто выполняются без четких границ между ними. Тем не менее, важно понимать их концептуальные различия, так как они имеют разные предпосылки, по-разному оцениваются и ведут к разным результатам, которые, в свою очередь, оцениваются разными методами.

Этап разработки онтологий относится как к созданию новых онтологий, так и к их повторному использованию, несмотря на различия между этими задачами. Мы не считаем создание и повторное использование онтологий принципиально разными по следующим причинам: успешная разработка новой онтологии или выбор подходящей существующей, возможны только в той степени, в которой онтология отвечает требованиям задачи. Таким образом, создается ли онтология с нуля, берется ли существующая или используется ли комбинация из двух предыдущих, полученные результаты зависят от грамотной оценки требований к онтологии. Более того, в случае если мы рассматриваем процесс внедрения онтологии в сложную информационную систему, совершенно не важно, новая ли она, оценивать её будут по одним и тем же критериям. Таким образом, с более общей точки зрения, новые и старые онтологии попадают в один этап ЖЦ онтологии.

8.1. Информационное моделирование

В процессе информационного моделирования происходит доработка результатов онтологического анализа. Для каждого модуля происходит увязка терминологии с основными онтологическими концептами. Важные качества сущностей могут документироваться (например, транзитивность отношения или категоризация между двумя классами). Результаты обычно записываются в неформальном виде (схемы концептов, диаграммы UML, текст на естественном языке).

Оценка неформальных результатов моделирования

- Все критерии оценки из предыдущего раздела, плюс следующее:
- Находятся ли в модели исключительно сущности выбранной предметной области?
- Хорошо ли определены все концепты (например, не ссылаются ли сами на себя)?
- Хорошо ли задокументирована интерпретация неопределенных экземпляров, классов и отношений?
- Пригодна ли документация для понимания её экспертами предметной области?

8.2. Формализация вопросов компетенции

Сценарии и вопросы компетенции формализуются на основе результатов неформального моделирования.

Оценка формальной компетенции

- Охватывают ли вопросы компетенции все сценарии использования?
- Отражает ли формализованный вопрос цель вопроса изначального (по существу)?

8.3. Формальное моделирование

В процессе формального моделирования содержимое информационной модели записывается на каком-либо онтологическом языке (например, Common Logic, OWL 2DL), а затем конкретизируется аксиомами. Готовая справочная онтология адекватно отражает предметную область (*точность*), отвечает проектным решениям, принятым в фазе разработки онтологии (*техническое совершенство*) и предполагается, что отвечает требованиям представления предметной области (*адекватность*). Это достигается либо созданием нового онтологического модуля с нуля, либо повторным использованием существующей онтологии, измененной в случае возникновения такой необходимости.

Оценка результатов формального моделирования

Онтология, созданная или выбранная для повторного использования, оценивается по трем критериям: адекватность отражения предметной области (*точность*); качество выполнения онтологии и то, насколько она отвечает требованиям, сформулированным в фазе онтологического проектирования (*техническое совершенство*); а также то, насколько представление онтологии отвечает требованиям к её использованию (*адекватность*).

Оценка точности

Точность отображения предметной области оценивается в ответах на три вопроса:

- Корректно ли элементы описания (определения, примеры, объяснения) онтологии отражают онтологические элементы (классы, свойства, аксиомы)?
- Истинны ли все аксиомы в онтологии с учетом уровня детализации и системы отсчета?
- Согласуется ли описание онтологии с аксиомами?

В силу того, что оценка точности зависит от понимания предметной области, оценка требует проверку содержания онтологии экспертами предметной области¹². Существуют, однако, автоматизированные техники оценки точности. Например, можно оценивать логическую целостность онтологии, проверять автоматически созданные модели на соответствие требованиям к представлению предметной области¹³ или сравнивать внутреннюю структуру онтологии с другими онтологиями или с другой версией той же онтологии, которые имеют похожую задачу.

Оценка технического совершенства

В любой инженерной дисциплине техническое совершенство связано с двумя отдельными, но пересекающимися аспектами:

- Построен ли продукт с применением лучших практик в области?
- Соблюдены ли решения, принятые на стадии проектирования?

Как правило, решения на стадии проектирования нацелены на создание продукта максимального качества, так что второй аспект в некоторой степени определяет первый. В силу того, что проектирование онтологий – это молодая отрасль, существует слишком мало универсально принятых критериев оценки онтологий (таких как синтаксическая связанность, документированность и логическая целостность). Таким образом, техническое совершенство должна оцениваться в свете проектных и методологических решений стадии онтологического проектирования.

Один из подходов к оценке технического совершенства состоит в оценке аксиом на соответствие онтологии верхнего уровня или онтологическим мета-свойствам (точность, единство и т.д.). Инструменты для оценки технического совершенства, как правило, оценивают внутреннюю структуру онтологии. Эти техники оценки опираются на математические и логические свойства онтологии, такие как логическая связанность, проблемы теоретико-модельной интерпретации и т.д. Структурные метрики включают в себя коэффициент разветвления, плотность, средние значения и т.п.¹⁴

Оценка адекватности

Формализованные вопросы компетентности и сценарии являются одним из способов проверки адекватности. Успешные ответы на вопросы компетентности доказывают соответствие онтологии требованиям, происходящим от задач онтологии отвечать на запросы. Это не совсем адекватность, но, в зависимости от сценария использования, может быть большой её частью.

Адекватность также можно оценить путем проведения тестов, использующих онтологию в качестве испытательной площадки. Например, если от онтологии требуется автоматическое индексирование текстов, испытания адекватности могут включать аппроксимацию анализа документа и индексирующей системы. Существует множество методов оценки результата, например, сравнение с некоторым эталоном или оценка экспертами. Степень, в которой результаты относятся к онтологии, а не к другим аспектам системы, может быть в определенной степени оценена путем сравнения результатов с использованием той же системы индексации, но для другой онтологии.

8.4. Операционная адаптация

В ходе операционной адаптации справочная онтология адаптируется к операционным задачам для получения операционной онтологии. Главным вопросом является, сможет ли новая онтология обеспечить требуемую производительность. Это может потребовать упрощения онтологии или других оптимизационных процедур (например, реструктурирования). Например, перевод части онтологии с OWL DL на OWL EL для повышения производительности.

В некоторых случаях операционная онтология пишется на другом языке и с другой семантикой, нежели исходная.

Вопрос для оценки:

- Отвечает ли модель операционным требованиям (например, производительности, разрядность, память)?

¹² Информация на тему экспертной оценки онтологий доступна по следующему адресу: <https://www.zotero.org/groups/ontologysummit2013/items/collectionKey/6GGPKU3D>.

¹³ Для получения более подробной информации об оценке точности, включая оценку путем симуляции, перейдите к <https://www.zotero.org/groups/ontologysummit2013/items/collectionKey/929KF23Z>.

¹⁴ См. http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologySummit2013_Intrinsic_Aspects_Of_Ontology_Evaluation_Synthesis и http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologySummit2013_Intrinsic_Aspects_Of_Ontology_Evaluation_CommunityInput.

9. Этап развития информационной системы

На этом этапе система реализуется в соответствии с проектом, разработанным на стадии проектирования. Если система требует разработки модулей помимо онтологии, процесс их создания может идти параллельно с процессом развития онтологии. Разумеется, к началу процесса создания онтологии необходимо обеспечить себя инструментарием для разработки и контроля онтологии. Этап развития охватывает интеграцию онтологии и других компонентов в подсистемы и систему в целом по плану, разработанному на этапе проектирования системы.

Этап развития информационной системы отнесен к ЖЦ онтологии по причине того, что, как правило, результат от использования онтологии получается только при её взаимодействии с другими компонентами информационной системы. Таким образом, оценка эффективности онтологии может быть произведена только тогда, когда интеграция завершена и получены результаты¹⁵.

Этап создания и интеграции: вопросы, на которые необходимо найти ответ

Большая часть требований к созданию системы происходит от принципов создания системы и методологий в целом, что выходит за рамки данного документа. Мы хотим еще раз подчеркнуть, что онтология – это часть информационной системы и должна оцениваться соответственно. В частности:

- Успешно ли внедрена онтология?
- Достигнут ли результат, описанный в документации, от внедрения онтологии?

10. Этап развертывания

На этом этапе онтология переходит от развития и интеграции к работе. Развертыванию обычно предшествует несколько циклов доработки, то есть к этому моменту онтология значительно продвинулась в части удовлетворения требований к ней. Несмотря на это, она все равно может подвергаться дополнительным тестам перед внедрением даже после прохождения всех испытаний предыдущих этапов. Оценка на этом этапе может проводиться с привлечением третьей стороны или включать в себя полную имитацию работы системы. Целью таких испытаний является исключение негативного влияния внедрения онтологии на бизнес-процессы. Такие испытания особенно строгие в случае, если информационная система находится в интенсивной эксплуатации и онтология внедряется итерационно. Когда все испытания пройдены, онтология вводится в эксплуатацию и становится доступной для использования.

Вопросы на этапе развертывания:

- Отвечает ли онтология всем требованиям фазы создания?
- Оправдывают ли возможности, привносимые онтологией, затраты на её создание?
- Существуют ли риски от внедрения онтологии?
- Использовались ли вопросы компетентности предыдущих этапов для создания регрессионных тестов?
- Были ли проведены регрессионные тесты для оценки возможности снижения операционных показателей от внедрения системы? Если некоторое снижение прогнозируется, будет ли оно компенсировано положительным эффектом от внедрения онтологии?

11. Этап промышленной эксплуатации

Этот этап сфокусирован на поддержании имеющихся функций, а не на добавлении новых. Информационная система может находиться в эксплуатации в момент внедрения онтологии, однако эти два процесса должны четко отделяться друг от друга, так как они имеют разные цели (улучшение против поддержания) и оперируют, как минимум, разными версиями онтологии, если не разными онтологиями и онтологическими модулями. Когда онтология (или ее версия) находится в фазе эксплуатации и технического обслуживания, происходит сбор информации о результатах оперативного использования онтологии. При выявлении проблем или фактов снижения операционных показателей могут проводиться небольшие доработки для устранения возникших проблем. Одновременное выявление новых случаев использования, желаемых улучшений и новых требований, которое может произойти в течение того же периода использования, не следует рассматривать как часть технического обслуживания деятельности; скорее они являются предпосылками для разработки требований к будущей версии, расширению онтологии или созданию нового модуля. В процессе использования онтологии может использоваться один комплект средств для сбора информации обоих сортов (для обслуживания и для перспек-

¹⁵ См. http://ontolog.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologySummit2013_Extrinsic_Aspects_Of_Ontology_Evaluation_Synthesis.

тивной разработки и требований развития), но полученная информация принадлежит к различным видам деятельности. Это различие проявляется, например, в различии между «сообщение об ошибке» (или «сообщение о проблеме») и «пожелание» (или «просьба о расширении функционала»), сделанных инструментом отслеживания ошибок. Техническое обслуживание включает выявление и устранение ошибок или проблем функционирования.

Вопросы к этапу промышленной эксплуатации:

Мониторинг онтологии должен быть непрерывным, например, сбор сообщений об ошибках и регулярное (в том числе ночное) автоматическое регрессионное тестирование.

- Все ли регрессивные тесты пройдены успешно? Если нет, то какие меры принимаются?
- Существуют ли проблемы функционирования системы? Если да, то вызваны ли они онтологией или проблемы в другом?
- Если проблема в онтологии, может ли она быть решена без серьезного изменения онтологии?
- Если проблема не может быть устранена без серьезной доработки онтологии, стоит ли продолжать её внедрение?

12. Инструменты оценки онтологии

Есть ключевые аспекты онтологии, которые, возможно, не поддаются контролю или оценке программным обеспечением. Например, необходимость четких, полных и последовательных лексических определений терминов онтологии в настоящее время не поддается эффективному решению с использованием программного обеспечения. Еще одним качеством онтологии, которое трудно оценить с помощью программного обеспечения является точность онтологии.

Еще не созданы инструменты контроля онтологии на протяжении всего её ЖЦ. Существующие инструменты поддержки в разной степени эффективны на различных этапах ЖЦ. Однако в настоящее время появляются новые инструменты оценки онтологий, которые становятся доступными для пользователей¹⁶. Обзор представлен как часть Обзора программного обеспечения «Качество онтологии»¹⁷.

13. Обобщения и рекомендации

1. Наше понимание ЖЦ онтологии, методов создания онтологий и способов их оценки еще достаточно ограничено. Требуются дополнительные исследования. Таким образом, все рекомендации данного документа условны.
2. Не существует единого ЖЦ онтологии с жестко закрепленными этапами. Однако есть повторяющиеся цепочки действий с прогнозируемыми результатами, которые замыкаются друг на друга. Для обеспечения качества онтологий необходима методика оценки этих результатов. Таким образом, оценка качества – это не разовое действие, а процесс, неоднократно повторяющийся в ЖЦ онтологии.
3. Результаты разных этапов ЖЦ онтологии отвечают разным критериям и должны оцениваться соответственно. В частности, неформальные модели, справочные онтологии и операционные онтологии оцениваются по-разному, даже если реализованы на одном языке.
4. Онтологии оцениваются по критериям, которые зависят как от проектных решений, так и сценариев использования онтологии. Таким образом, полноценная оценка онтологии должна включать оценку информационной системы, частью которой является онтология.
5. Существует дефицит инструментов, которые бы позволяли проводить непрерывную оценку онтологий на всех стадиях ЖЦ. Такие инструменты необходимо разработать и внедрить в популярные среды разработки и репозитории.
6. Мы настоятельно рекомендуем разработчикам онтологий использовать в своем рабочем процессе существующие методики и инструменты оценки онтологий в своей работе.

¹⁶ Для более тщательного ознакомления с доступными инструментами обратитесь к <https://www.zotero.org/groups/ontologysummit2013/items/collectionKey/DWNMSJ5S> и http://ontology.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologySummit2013_Software_Environments_For_Evaluating_Ontologies_Synthesis.

¹⁷ Например, для обзора и результатов см. http://ontology-02.cim3.net/wiki/Category:OntologySummit2013_Survey.



Новейшая разработка компании

Интеллектуальная система **Smart Factory** для оперативного управления ресурсами производственного цеха в реальном времени

НАЗНАЧЕНИЕ

Интеллектуальная система предназначена для повышения эффективности использования ресурсов цехов предприятия за счет применения оперативного гибкого планирования людских и материальных ресурсов цехов в реальном времени.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Интеллектуальная система может применяться для цехов любых механосборочных производств, которые характеризуются сложностью и динамикой происходящих процессов, а также неопределенностью спроса и предложения. В особенности, если при этом требуется учитывать различные временные и другие взаимосвязи операций, обеспечивать индивидуальный подход к каждому выпускаемому изделию, поддерживать частую смену номенклатуры выпускаемых изделий, производить небольшие серии разных изделий, учитывать разнообразную квалификацию мастеров и рабочих, постоянно реагировать на непредвиденные события, как например, приход нового заказа или выход из строя, или ввод в эксплуатацию нового станка и т.д.

НОВИЗНА ПОДХОДА: МЕТОД АДАПТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В отличие от традиционных систем управления ресурсами предприятий, работающих преимущественно в пакетном режиме, предлагаемая система постоянно работает в реальном времени, адаптивно перестраивая план под действием любых заданных событий во внешнем мире на основе мультиагентных технологий. Для этого система устанавливается и запускается на сервере заказчика и работает далее непрерывно, не останавливаясь, в режиме реального времени реагируя на заказы и другие события, вводимые оператором или приходящие из других систем.

При этом система постоянно стремится как оперативно реагировать на события, так и улучшать создаваемые планы операций - путем не только использования свободных слотов времени станков или рабочих, но и путем цепочечных сдвижек ранее размещенных операций заказов или их переброски на другие ресурсы, используя программных агентов, представляющих интересы заказов и ресурсов, рабочих и станков, операций и материалов, а также связи между операциями.

В результате план работы цеха строится не путем классического комбинаторного перебора, а как баланс интересов всех участников.

Автоматизация такого подхода позволяет оперативно реагировать на события, минимизировать ручные изменения и учитывать динамично изменяющуюся ситуацию, специфику заказов, особенности имеющихся станков и рабочих и многие другие факторы, которые делают задачу диспетчеризации ресурсов цеха столь сложной и трудоемкой.

Кроме того, в любой момент времени пользователь может вмешаться и интерактивно доработать план, сдвинуть операции по drag&drop, удалить или добавить операции, пометить выполненные операции и план будет автоматически доработан. Другие операции подтянутся вперед, перераспределятся или сдвинутся назад соответственно, с учетом возможностей других ресурсов, сформируются новые планы рабочим.

Пользователи могут промоделировать, как ложатся новые заказы на существующий производственный план по времени, и как этот заказ может сказаться на других заказах, например, вытесняя менее важные заказы, а также какова окажется себестоимость его изготовления при данной конкретной загрузке ресурсов предприятия.

*Главный конструктор НПК «Разумные решения»
Скобелев П.О., д.т.н., профессор ПГУТИ*

Рекомендуемые издания 2012-2013 гг. по тематике журнала



Пинкер Стивен

Субстанция мышления:

Язык как окно в человеческую природу.

Пер. с англ. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. - 560 с.

Известный канадско-американский лингвист и психолог Стивен Пинкер исследует работу человеческого сознания в совершенно новом стиле - через пристальное изучение нашей речи: от бытовых разговоров, шуток и сквернословия до юридических споров, от детских неуклюжих выражений до сленга, от политического дискурса до поэзии. Исходный посыл книги - помочь понять, кто мы такие и что нами движет. Что говорят ругательства о нашей эмоциональности? Что могут рассказать двусмысленные фразы во время ухаживаний о наших социальных отношениях? Как смысловые тонкости и

оговорки раскрывают наши представления об ответственности и справедливости? **Как в языке преломляются научные понятия?** Автор предлагает ответы на эти и многие другие интереснейшие вопросы, виртуозно демонстрируя умение прояснять предмет и вовлекать читателя в процесс осмысления.

Язык - как показывает Пинкер - тесно переплетен с самой человеческой жизнью, он поистине является окном в природу человека.



Чалмерс Дэвид

Сознающий ум:

В поисках фундаментальной теории.

Пер. с англ. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. - 512 с.

Эта книга, впервые опубликованная в 1996 году, стала одним из самых заметных философских трактатов конца XX века. В наши дни уже не удастся найти серьезных работ по проблеме сознания, в которых не было бы ссылок на Чалмерса.

"Сознающий ум" - увлекательный философский рассказ о глубочайших парадоксах и тайнах сознания. Это провокативная работа, в которой сделана попытка обосновать "натуралистический дуализм", исходя из тезиса автора о нефизической природе сознания и его зависимости от функциональных схем в мозге. Чалмерс также утверждает, что его теория открывает новые перспективы

для интерпретации квантовой механики и позволяет говорить о возможности сознательных роботов.

Ясность изложения, смелость идей, изобретательность мысленных экспериментов, точность рассуждений и широкая эрудиция автора делают эту книгу настоящим подарком для всех, кто интересуется философией.



Валькман Ю. Р.

Модельно-параметрическое пространство: теория и применение.

Монография / Ю. Р. Валькман, В. И. Гриценко, А. Ю. Рыхальский ; НАН Украины, МОН МС Украины. – Киев : Наукова думка, 2012. – 192 с. - (Проект "Наукова книга")

В монографии предложены и обоснованы теория и практика построения баз знаний исследователей и проектировщиков сложных объектов. Предложен и исследован новый формальный аппарат, названный модельно-параметрическим М, Р - пространством, для построения и использования соответствующей мультимодельной, гетерогенной, многомерной, сложноструктурированной, семантически насыщенной вычислительной среды сложной системы знаний.

Для специалистов занимающихся научной и проектной работой в области создания интеллектуальных технологий исследования сложных систем.

Индекс 29151

ПОДПИСКА НА 2013 ГОД ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Подписаться на журнал “Онтология проектирования” можно как на почте - см. объединенный каталог “Пресса России”, так и непосредственно в издательстве.

С 2013 года на сайте журнала в разделе Архив доступны лишь титульные части статей, опубликованных в журнале после 2012 года. Полностью выпуски журнала становятся доступными в разделе Архив спустя год после их выхода.

Для читателей, заинтересованных в получении печатного варианта журнала, предлагается осуществить подписку на журнал. 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.

География распространения журнала постоянно расширяется: от Владивостока и Иркутска до Минска и Лондона, от Ростова-на-Дону и Киева до Казани и Новосибирска.

Мы особенно благодарны нашим первым подписчикам из Москвы и Московской области, Санкт-Петербурга и Омска, Саратова и Самары, Набережных Челнов, Пензы, Апатитов и других мест, в которых ждут наш журнал.

Спасибо за поддержку, коллеги!

*Онтологи и проектанты всех стран и предметных областей,
присоединяйтесь!*



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