Ontology of Designing

ISSN 2223-9537
Scientific journal

Онтология проектирования

Том 5
№ 3(17)/2015

Научный журнал

Ontology of Designing • V.5 №3(17)/2015 • Онтология проектирования

Ontology of Designing
Scientific journal

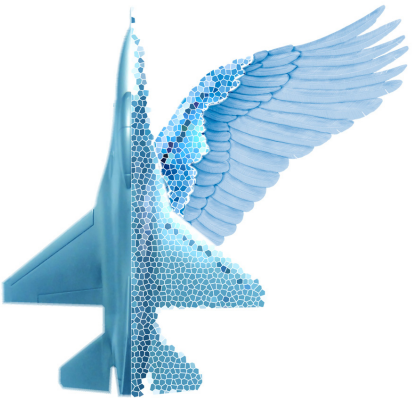
ISSN 2223-9537 (Print)
ISSN 2313-1039 (Online)

ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

Том 5

№ 3(17)



2015

ISSN 2223-9537 (Print)
ISSN 2313-1039 (Online)

«ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ»
том 5 № 3(17)/2015
DOI:10.18287/2223-9537-2015-5-3

Индекс - 29151

EDITORIAL BOARD – РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Anatoly I. **Belousov**	**Белоусов** Анатолий Иванович, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Nikolay M. **Borgest**	**Боргест** Николай Михайлович, к.т.н., профессор СГАУ, член IAOA, г. Самара
Yuri R. **Valkman**	**Валькман** Юрий Роландович, д.т.н., профессор, МНУЦ ИТиС НАН и МОН Украины, г. Киев
Stanislav N. **Vasiliev**	**Васильев** Станислав Николаевич, академик РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Vladimir A. **Vittikh**	**Виттих** Владимир Андреевич, д.т.н., профессор, ИПУСС РАН, г. Самара
Vladimir V. **Golenkov**	**Голенков** Владимир Васильевич, д.т.н., профессор, БГУИР, г. Минск
Vladimir I. **Gorodetsky**	**Городецкий** Владимир Иванович, д.т.н., профессор, СПИИРАН, г. Санкт-Петербург
Alexander S. **Kleshchev**	**Клещёв** Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор, ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток
Valery A. **Komarov**	**Комаров** Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Sergey M. **Krylov**	**Крылов** Сергей Михайлович, д.т.н., профессор, СамГТУ, г. Самара
Victor M. **Kureichik**	**Курейчик** Виктор Михайлович, д.т.н, профессор, Технологический институт ЮФУ, г. Таганрог
Lyudmila V. **Massel**	**Массель** Людмила Васильевна, д.т.н., профессор., ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск
Dmitry A. **Novikov**	**Новиков** Дмитрий Александрович, член-корреспондент РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Semyon A. **Piyavsky**	**Пиявский** Семён Авраамович, д.т.н., профессор, СГАСУ, г. Самара
Yury M. Reznik	**Резник** Юрий Михайлович, д.филос.н., проф., Институт философии РАН, г. Москва
George **Rzevski**	**Ржевский** Георгий, профессор, Открытый университет, г. Лондон
Peter O. **Skobelev**	**Скобелев** Петр Олегович, д.т.н., РКК «Энергия» им.С.П.Королёва, Московская обл., г. Королёв
Sergey V. **Smirnov**	**Смирнов** Сергей Викторович, д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Anatoly V. **Sollogub**	**Соллогуб** Анатолий Владимирович, д.т.н., профессор, РКЦ «Прогресс», г. Самара
Peter I. **Sosnin**	**Соснин** Петр Иванович, д.т.н., профессор, УлГТУ, г. Ульяновск
Dzhavdet S. **Suleymanov**	**Сулейманов** Джавдет Шевкетович, академик, вице-президент АН РТ, г. Казань
Robert I. **Tuller**	**Таллер** Роберт Израилевич, д.филос.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Boris E. **Fedunov**	**Федунов** Борис Евгеньевич, д.т.н., профессор, ГосНИИ Авиационных систем, г. Москва
Altynbek **Sharipbay**	**Шарипбай** Алтынбек, д.т.н., профессор, Институт искусственного интеллекта, г. Астана
Boris Ya. **Shvedin**	**Швединн** Борис Яковлевич, к.психол.н., ООО «Дан Роуз», член IAOA, г. Ростов-на-Дону

Executive Editorial Board - Исполнительная редакция

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

CONTACTS – КОНТАКТЫ

ИПУСС РАН
443020, Самара, ул. Садовая, 61.
тел.: +7 (846) 332 39 27, факс.: +7 (846) 333 27 70
Смирнов С.В.
smirnov@iccs.ru

СГАУ
443086, Самара, Московское шоссе 34, корп. 10, кафедра КиПЛА
тел.: +7 (846) 267 46 47, факс.: +7 (846) 267 46 46
Боргест Н.М.
borgest@yandex.ru

Издательство «Новая техника»
443010, Самара, ул.Фрунзе, 145, тел.: +7 (846) 332 67 84, факс: +7 (846) 332 67 81

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

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

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

Отпечатано в издательстве «Новая техника»
Подписано в печать 17.09.2015. Тираж 300 экз.

© Все права принадлежат авторам публикуемых статей
© Издательство «Новая техника», 2011-2015
© ИПУСС РАН, 2015
© СГАУ, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции **253-255**
КРИТЕРИЙ – ВЕСЬ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ
И «НИЧЕГО СВЕРХ МЕРЫ»

П.В. Капустин, Д.М. Канин, И.Л. Чураков **256-277**
ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
В КАСТОМИЗИРОВАННОМ АРХИТЕКТУРНОМ ОНЛАЙН
ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Л.Ю. Жилякова **278-296**
СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ
АКТИВНОСТИ В СРЕДЕ СЛОЖНЫХ АГЕНТОВ
И ЕЁ ПРИЛОЖЕНИЯ

Д.А. Ризванов, Н.И. Юсупова **297-312**
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕСУРСАМИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ МНОГОАГЕНТНОГО ПОДХОДА

А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина **313-327**
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ,
ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, ЗНАНИЙ:
ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА

Д.В. Ландэ **328-335**
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ
ПУТЁМ ЗОНДИРОВАНИЯ СЕРВИСА
GOOGLE SCHOLAR CITATIONS

Ю.В. Рогушина **336-356**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПРИ СЕМАНТИЧЕСКОМ ПОИСКЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

«НАУКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ» - новый журнал **357-359**
14-я международная научная конференция по проектированию **360**

CONTENT

From the Editors **253-255**
CRITERION – THE ENTIRE LIFE CYCLE
AND «NOTHING TO EXCESS»

P.V. Kapustin, D.M. Kanin, I.L. Churakov **256-277**
THE ONTOLOGICAL QUESTIONS
OF PERSONALIZE HOMES
CUSTOMIZED ARCHITECTURAL ONLINE DESIGNING

L.Yu. Zhilyakova **278-296**
NETWORK MODEL OF SPREADING
OF SEVERAL ACTIVITY TYPES
AMONG COMPLEX AGENTS AND ITS APPLICATIONS

D.A. Rizvanov, N.I. Yusupova **297-312**
INTELLIGENT DECISION SUPPORT FOR RESOURCE
MANAGEMENT OF COMPLEX SYSTEMS BASED
ON MULTI-AGENT APPROACH

A.Ya. Dmitriev, T.A. Mitroshkina **313-327**
PRODUCT QUALITY DESIGN BASED ON IDENTIFICATION OF
PARAMETRIC MODELS, CONSUMER REQUIREMENTS,
KNOWLEDGE: ONTOLOGICAL PARADIGMS

D.V. Lande **328-335**
CREATION OF A DOMAIN MODEL
BY PROBING GOOGLE SCHOLAR CITATIONS

J.V. Rogushina **336-356**
APPLICATION OF THE ONTOLOGICAL MODEL
FOR SEMANTIC SEARCH OF THE INFORMATION OBJECTS

«DESIGN SCIENCE» - NEW JOURNAL **357-359**
14th INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE **360**

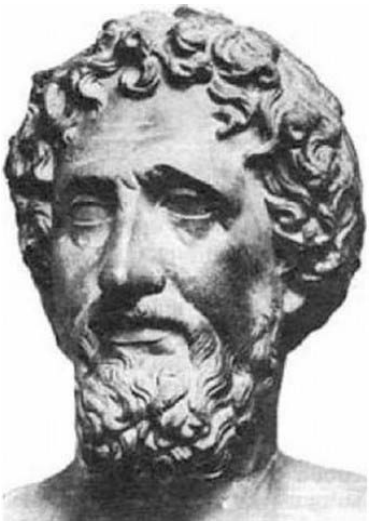
КРИТЕРИЙ – ВЕСЬ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ И «НИЧЕГО СВЕРХ МЕРЫ»

Счастливцем можно назвать только того, кто, прожив жизнь до конца, не познал горя и несчастья. Считать счастливым человека, ещё живущего, - всё равно, что провозглашать победителем воина, ещё не окончившего поединка.

Солон

Дорогой наш читатель,
уважаемые авторы и члены редакционной коллегии!

В предыдущем номере нашего журнала мы вспомнили о Фалесе, который возглавлял список «семи великих мудрецов», и лишь упомянули о ***Солоне Афинском*** (640–559 г. до н.э.), из этого же списка[1]. Солон - выдающийся законодатель, поэт, знаменитый греческий мудрец. Любимый афоризм Солона «Ничего сверх меры»[2] как и многие другие его максимы заслуживают пристального внимания, их стоит читать не торопясь, обдумывая, размышляя и погружаясь в глубину знаний бытия. Вот лишь некоторые выработанные, подмеченные, открытые знания-правила:



- Прекрасное даётся нелегко.
- Равенство не рождает войну.
- Слово есть образ дела.
- Советуй не то, что всего приятнее, а то, что всего лучше.
- Упрекай друга наедине, хвали — публично.
- Избегай удовольствия, которое рождает печаль.
- Не выноси приговора, не выслушав обеих сторон.
- Кто для многих страшен, тот должен многих бояться.
- Друзей приобретай не спеша, а приобретённых не отвергай.
- Законы подобны паутине: если в них попадётся бессильный и лёгкий, они выдержат, если большой — он разорвёт их и вырвется.
- К другу не учащайся ходить, дабы, пресыщенный тобой, он не возненавидел тебя.

По закону Солона, ***сыновья могли не обеспечивать родителей в старости***, если те в свое время ***не обучили детей какому-нибудь ремеслу***.

Солон вошёл в историю как выдающийся реформатор, в значительной степени изменивший политическое лицо Афин, которые опередили в своём развитии другие греческие города. Социально-политические и экономические реформы законодательства были призваны сбалансировать интересы низов и верхов, однако ни те, ни другие в результате не были удовлетворены полностью. Знать выказывала недовольство урезанием её прав, а беднейшие слои посчитали реформы недостаточно смелыми[3].

Солон впервые вместо принципа аристократического (принадлежность к определённым родам) принципа ввёл имущественный принцип - принцип богатства. Суть этой реформы Солона - установление имущественного ценза, где за *формальный критерий* исчисления богатства им был избран *медимн* - мера сыпучих тел (приблизительно 50-60 л). Самые богатые

[1] М.Н. Ботвинник, М.Б. Рабинович, Г.А. Стратановский. Жизнеописания знаменитых греков и римлян. - http://bibliotekar.ru/rim/index.htm
[2] Высказывания, цитаты и афоризмы Солона. - http://www.wisdoms.ru/avt/b223.html
[3] Реформы Солона. - http://www.archivarium.ru/drevnyaya-grecia/16-reformi-solona.html

были причислены к первому разряду (доход в 500 медимнов зерна ежегодно или соответствующий эквивалент). Просто богатые - ко второму (300 медин). Третий разряд составили граждане среднего достатка (200 медимнов). Все прочие были зачислены им в четвёртый разряд[4]. Это, пожалуй, первая попытка учёного древности формализовать и классифицировать сложные сущности в социуме.

Солон не раз рассуждал о счастье, пытался как-то *оценить* его, связав с *жизненным циклом* и тем самым отделив его от сиюминутного удовольствия. Он рассматривал удовольствие как имитацию счастья, как иллюзию и утверждал, что «от богатства родится пресыщение, от пресыщения — спесь», и советовал избегать чрезмерных удовольствий. «Забота об излишнем часто соединяется с потерей необходимого», - говорил он. Многие из его современников отождествляли счастье с полным удовлетворением своих физических и духовных потребностей. В одной старой легенде Солон говорит, что видеть счастливого человека нельзя, ибо лишь смерть придаёт жизни законченный вид. А одно из самых мудрых изречений Солона: «Никого нельзя назвать счастливым прежде его смерти».

«Нашего полку прибыло...»

Информационный вихрь, рождённый, возможно, не без помощи взмаха крыла на логотипе нашего журнала, был усилен в Институте философии РАН (Москва). Там под руководством профессора Ю.М. Резника в этом году начал работу междисциплинарный научный семинар «Проектирование бытия человека и онтология проектирования»[5]. Гуманитарная составляющая давно «напрашивалась» и уже присутствовала в семинарах, проводимых создателями журнала, и в самих публикациях журнала. Теперь же мы объединили наши усилия и планируем вести в журнале рубрику ***«Философские аспекты онтологии проектирования»,*** которую любезно согласился курировать Юрий Михайлович Резник.

Заявленные темы семинара в Институте философии РАН:

- метафизика проектирования
  (*Вопросы для обсуждения:* Что такое проект? Онтология проектирования: основания и принципы. Бытие человека как сфера проектирования. Проектирование: пределы и возможности. Социальные и культурные границы проектирования. Психологические аспекты проектирования. Модели и методы проектирования.
  Дискуссии: метафизические основания проектирования, социальные и психологические проблемы проектирования);
- модели проектирования в философии и науке: утопия и реальность;
- сетевая онтология и задачи проектирования;
- жизненный мир человека: возможности конструирования;
- онтология проектирования в сфере управления;
- социальная инженерия как инструмент проектирования.

Докладчики: профессора Ю.М. Резник, А.Л. Никифоров, В.В. Щербина и др., участники семинара доктора и кандидаты философских, социологических, исторических, педагогических и технических наук, аспиранты и студенты московских университетов.

Краткий обзор публикуемых в номере работ

Коллектив авторов из *воронежских* университетов аспирант ***Дмитрий Канин*** и доцент ***Игорь Чураков*** под руководством кандидата архитектуры, профессора ***Петра Капустина*** на частном примере проектирования индивидуального жилого дома рассматривает решающую роль субъектности пользователя. Авторы настаивают на необходимости пересмотра он-

[4] Елена Грислис. Солон и премудрости афинской демократии. 2013. - http://www.stihi.ru/2013/12/15/1174
[5] Сайт Института философии РАН. http://iph.ras.ru/soc_theor.htm

тологических представлений и отхода от типовых решений для обезличенного потребителя, обосновывая переход к кастомизированным решениям, полученным в организованном диалоге с конкретным пользователем.

Учёный секретарь Российской ассоциации искусственного интеллекта, доктор наук ***Людмила Жилякова*** из Института проблем управления РАН (*Москва*) предложила онтологию гетерогенной сети и сетевого поведения её активных агентов, обладающих внутренней структурой. В качестве примера рассмотрена модель пороговых взаимодействий в социальной сети с двумя видами активности и пятью типами агентов с разными порогами активации.

Формальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем на основе многоагентного подхода изложена в статье кандидата наук ***Дмитрия Ризванова*** и доктора наук ***Нафисы Юсуповой*** из авиационного технического университета (*Уфа*). В статье сформулированы основные требования и принципы к системе поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем, приведены описание разработанного прототипа такой системы и результаты оценки её эффективности на примере решения задачи управления ресурсами в условиях чрезвычайных ситуаций.

Авторы, представляющие *самарские* университеты - кандидат наук ***Александр Дмитриев*** и его аспирантка ***Татьяна Митрошкина***, - рассмотрели особенности разработки продукции и технологических процессов организации на основе онтологического подхода и эффективного применения метода развёртывания функции качества QFD. Предложены модель идентификации качества как решение обратной некорректно поставленной задачи и устойчивый матричный метод MTQFD (*Matrix Technique* QFD), который, по мнению авторов, позволит определить не только приоритеты, но и оценки целевых значений характеристик продукции и параметров технологических процессов.

Украинский академик, доктор наук ***Дмитрий Ландэ*** из Института проблем регистрации информации НАН Украины (*Киев*) предложил алгоритм построения терминологических сетей – моделей предметных областей на основе зондирования большой информационной сети. В качестве такой сети рассматривалась сеть понятий, соответствующих тегам сервиса *Google Scholar Citations*. Предложенный подход может быть применён к библиографическим базам данных, а также, по мнению автора, и для многих областей науки.

Кандидат наук ***Юлия Рогушина*** из Института программных систем НАН Украины (*Киев*) в своей работе рассматривает моделирование системы интеллектуального взаимодействия между информационными ресурсами и потребителями информации с использованием внешних и внутренних баз знаний. На основе разработанной онтологической модели предлагаются критерии сравнения уровня интеллектуальности различных приложений, устанавливаются источники и методы пополнения этой модели, пути её использования для интеграции подсистемы семантического поиска в прикладные информационные системы[6].

[6] Редакция журнала рекомендует своим читателям ознакомиться также с книгой Ю. Рогушиной, вышедшей в издательстве LAP LAMBERT Academic Publishing (2014) - ISBN 978-3-659-56520-5.

УДК 728.84 + 519.7: 001.8 doi:10.18287/2223-9537-2015-5-3-256-277

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ В КАСТОМИЗИРОВАННОМ АРХИТЕКТУРНОМ ОНЛАЙН ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

П.В. Капустин[1a, 3], Д.М. Канин[2, 3], И.Л. Чураков[1b, 3]

[1]*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, Воронеж, Россия*
[a] *pekad@rambler.ru*; [b] *vcbc@mail.ru*
[2]*Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия*
kanin.dima@gmail.com
[3]*Малое инновационное предприятие «Бюро средового проектирования», Воронеж, Россия*
www.habitek.ru

Аннотация

В статье раскрывается проблема ограниченности применения существующих информационных технологий на этапе эскизного проектирования. По мнению авторов эта проблема имеет причины, коренящиеся в доминирующем теоретико-методологическом подходе к моделированию архитектурного проектирования, оказавшем влияние на способы его формализации. Архитектурное проектирование складывалось на пересечении двух плохо согласованных между собой конфигураций объектности и субъектности: его объектность далека от открытой и творческой онтологии, поскольку замещена типологическими описаниями прошлого опыта, а его субъектность неправомерно отождествлена с художнической волей архитектора-творца. Эту диспозицию авторы рассматривают на частном примере проектирования малоэтажного индивидуального жилого дома - одного из традиционных, архетипических объектов архитектуры, в котором решающую роль имеет субъектность пользователя. Обосновывается необходимость пересмотра онтологических представлений, отход от типовых решений для обезличенного потребителя к кастомизированным, полученным в организованном диалоге с конкретным пользователем. Описывается прототип облачной системы автоматизированного проектирования малоэтажных жилых домов, способной обеспечить решение указанных задач, разработанный в учреждённом авторами малом инновационном предприятии «Бюро средового проектирования».

Ключевые слова: *архитектурное проектирование, конструирование в архитектуре, онтология проектирования, кастомизация проектирования, модели зданий, индивидуальный жилой дом, смыслы в архитектурном проектировании.*

Введение

Сейчас трудно себе представить область деятельности человека, где не применялись бы средства автоматизации. Архитектура не исключение. Системы автоматизированного проектирования (САПР) стали неотъемлемой частью этапа разработки *рабочей документации* (РД) на строительство. Меньше ошибок, высокая точность, быстрая скорость, наглядность - вот их преимущества по сравнению с т.н. «традиционными методами». На стадии РД у САПР явные преимущества, но на предшествующей ей стадии *эскизного проектирования* (ЭП) ни САПР, ни более продвинутые системы BIM (*Building Information Modeling*, информационного моделирования здания) не в состоянии облегчить жизнь проектировщикам, а иногда и вовсе мешают. Разработка основной идеи будущего проекта - наиболее уязвимый этап проектного процесса, наименее обеспеченный методически и инструментально. Здесь инструменты скорее навязывают свою волю, толкают к принятию готовых, типовых и стереотипных решений. Зависимость от инструмента - следствие или недостаточного умения, или неразвитости самого инструмента - такие примеры истории известны давно. Механически пересев с

кульманов за компьютеры, архитекторы по результату труда из творцов зачастую превращаются в исполнителей средней руки. Основной функцией информационных технологий в архитектуре, увы, стала имитация проектирования и мышления - на этот печальный факт исследователи обратили внимание уже давно. Так, в 1989 году Габриела Голдсмит писала: «Даже значительные успехи в области автоматизированного проектирования, наблюдаемые нами в последнее десятилетие, оказали лишь ограниченное воздействие на процесс проектирования... Прежде чем мы добьёмся понимания крепко укоренившихся типов (проектного) поведения, мы не сможем серьёзно надеяться на то, что сумеем их изменить» [1, с. 205]. Ситуация с тех пор не только не изменилась к лучшему, она усугубляется с каждой новой более продвинутой версией программного обеспечения (ПО). Любое ПО - это только инструмент, главным же ресурсом остаётся проектировщик. Последнего зачастую выручает лишь опыт, знание традиций и... способность работать по старинке.

Похоже, существует какое-то неверное основание, которое до сих пор залегает под идеологией автоматизации архитектурного проектирования. Мы считаем, что этим основанием является установка на формотворчество - принимаемый «по умолчанию» и ничем реально не обеспеченный культ творца, призванного по своему произволу определять условия жизни людей, обладающего наиболее совершенным представлением об объектах, которые он производит. Эта установка соответствуют раннему модернистскому периоду эволюции проектирования, она дожила и до первых работ по автоматизации проектирования [2]. Современные представления о проектировании, по крайней мере, социально-ориентированном, таком как архитектурное, дизайнерское, градостроительное - далеко ушли от парадигмы кабинетного творца: норма актуального проектирования - это непременно диалог всех заинтересованных субъектов, это соорганизация различных мнений, искусство компромиссов [3, 4]. Архитектурное проектирование, в отличие от инженерного, строительного, организационного, даже градостроительного и отчасти дизайнерского - это не только и даже не столько обеспечение функций и технических параметров изделий, сколько сфера порождения смыслов и значений. Это понимание было утрачено в годы складывания доминирующей ныне парадигмы архитектурного проектирования. Изменение парадигмы в последнее время проходит по многим направлениям, неизбежно связанным с трансформацией сформированного «монологовой» культурой профессионального сознания [3-5] и, прежде всего, - в области проектной онтологии [6]. Растёт интерес к тому, как реально осуществляется проектный процесс и какие онтологемы им движут: «Процессы проектирования, наблюдаемые в реальности, - пишет один из известных авторов «новой волны» в методологии архитектурного проектирования Г. Голдсмит, - необязательно совпадают с тем, чему учит нас так называемая рациональная методика проектирования... Личные области решения по-разному отстают от того, что можно было бы назвать центром пространства решения» [1, с. 204]. Свою роль в формировании новой парадигмы играет и постнеклассическое мировоззрение, прежде всего - в сдвиге внимания к субъекту и субъективности, к ментальным представлениям, к ситуативности и индивидуализации (ср. со сходными тенденциями в управлении [7]). Оставив пока в стороне связанные с этим социальные, этические, эпистемологические, организационные и пр. проблемы, рассмотрим необходимые изменения в видении проектировщиком своего объекта и в используемых при этом информационных технологиях. Однако несколько слов необходимо уделить истории вопроса.

1 Репрезентация как «онтологическая ловушка»

Онтологические представления (ментальные представления, а не репрезентации), как и процессы объективации и онтологизации, до сих пор чрезвычайно редко становятся предме-

тами теоретического осмысления в сфере профессионального архитектурного проектирования. Онтология - своеобразное «слепое пятно» профессионального сознания; архитектурная рефлексия традиционно направлена на проблемы творчества, формообразование, композицию, на пресловутую «выразительность», но не на объекты собственной мысли и не на способы мыслить объекты. Притом, что слово «объект» является одним из наиболее популярных в профессиональном словаре, сколько-либо развитая культура онтологической работы так и не сложилась, чему немало исторических причин.

Архитектурная мысль с Нового времени предпочитала идти по пути форсирования репрезентативности - наращивания средств изображения, репрезентации, выражения, но не задаваться вопросами «что» и «зачем» порождается мыслью (см. об этом [8]). Так формировался культ творчества, социальные и экологические издержки которого сегодня хорошо известны. Этот культ удивительным образом онтологически бесчувственен, а по факту - насильственен, поскольку он навязывает свои решения огромному количеству людей, активно трансформируя пространства их обитания. Казалось бы, раз уж провозглашено уже в начале XX столетия: «Я начало всего, ибо в сознании моём создаются миры!»[1], то первое, чем стоит озаботиться - осознанной технологией «миросозидания». Однако этого не происходит: первые теории проектирования в сфере архитектуры возникают одновременно (и содержательно конгруэнтно) первым теориям «тотального» проектирования, вместе с первыми социально-экологическими протестами - только в середине 1960-х гг. [9-11]. В результате отсутствующую рефлексивную и осмысленную проектную онтологию, способную обеспечить миропреобразовательные притязания, замещает быстро сформировавшаяся т.н. типология объектов проектирования - эмпирические справочники, описывающие обобщений прошлый опыт. «Объекты» архитектурной деятельности, таким образом, регламентируются не открытой и креативной онтологической практикой, не уникальностью авторской мысли и не неповторимостью ситуации, места, задачи, но набором готовых форм, в которых «свёрнуты» «правильные» ответы на любые вопросы, в т.ч. и те, которые ещё не заданы. С одной стороны, творчество превращается в фикцию (на деле же становится областью художнического произвола, выпадая из сферы собственно проектирования, на что неоднократно указывал В.Л. Глазычев [12]), а с другой - архитектурная профессия становится громоздкой и инертной машиной, неспособной к чуткому реагированию на индивидуальные запросы и особенности ситуаций проектной работы. О.И. Генисаретский назвал эту метаморфозу «соскальзыванием на рельсы конструирования». Он пишет: «Конструктивизация деятельности так влияет на морфомир, что порождает в нём комбинаторные структуры. Последовательное конструктивистское сознание именно комбинаторно объективирует себя. Это значит, что конструктивный проектный процесс, если судить о нём по движению объекта деятельности, выглядит как комбинирование; продукт проектирования предстаёт как комбинация ранее заданных единиц материала... В чистом же и предельном виде конструирование лишает деятельность её проектной и познавательной осмысленности, делает её глухой к нуждам мира» [13, с. 26].

Типология (а она центрирована на функциональные характеристики объектов - ещё одно наследие эры модернизма) стала основой практико-ориентированных методик архитектурного конструирования, она определяет структуру нынешнего архитектурного образования, в советские годы она даже была ориентиром создания сети государственных научно-исследовательских институтов экспериментального проектирования (ЦНИИЭПов), чья основная задача состояла в распространении типовых проектов по всей стране.

Игнорирование онтологии архитектурного проектирования как проблемы (готовность свести её к упомянутой «типологии объектов» - яркое проявление такого игнорирования)

[1] К.С. Малевич. Я начало всего… 1913 г. - http://kazimirmalevich.ru/bsp314/

ощутимо в отечественной и мировой теории архитектуры до сих пор. Оно непосредственно передалось и всем разработкам в области автоматизации архитектурного проектирования. Предметом анализа традиционно являются только сугубо технические средства изображения физического тела «объекта проектирования», являющиеся общими и неспецифическими для разных типов проектных задач. Такие изображения полностью детерминированы принятой манерой или культурой технического рисования и черчения, моделирования и описания, но безразличны к содержательной стороне проектного замысла, сводя её к простой идентификации с той или иной типологической единицей, что не позволяет реконструировать исходный образ (идею) и способы понимания объекта в живой конкретике исторической или деятельностной ситуации. Знаковые фиксации (изображения) объектов - модели, с помощью которых проектировщик удерживает в работе изменяющийся образ объекта, являются непростой проблемой, лишь скрываемой обманчивой очевидностью знаковых средств архитектурной профессии. К сожалению, вопрос «Что проектировать?» уходит на второй план и, в лучшем случае, «автоматически» следует за вопросом «Как проектировать?», а не предшествует ему. Но чаще всего вопрос «что?» - вопрос об объекте и его смысле, в сколько-либо развёрнутом виде - и вовсе не задаётся никем в ходе проектной коммуникации.

Здесь вспоминается известный марксистский парадокс: если вы специально не занимаетесь философией, она всё равно у вас будет, но... плохая! Об этом говорит и О.И. Генисаретский в приложении к цитированной выше статье, которое носит название: «О нынешнем мировоззренческом смысле заботы о творчестве». «К сожалению, - сетует О.И. Генисаретский, - онтологические проблемы мало занимают теперь наше философское сознание, и скорее всего как раз по причине его первородного и пережиточного онтологизма» [13, с. 27]. Типология, обслуживающая конструкторское функционирование в архитектуре - это и есть псевдоестественный, обыденный и пережиточный онтологизм, довольно агрессивный к рефлексивно организованной онтологической работе.

Технологические вопросы - вопросы «как это делается», «как получить результат», «как создать продукт» и тому подобные, суть классические вопросы инженерной проектности, которой и принадлежит идеология «*Design Methods Movement*» - идейная основа всей традиции информатизации архитектурного и всех иных видов проектирования и активного превращения их в конструкторское функционирование. Это вопросы, задаваемые в практико-методической направленности, предполагающие получение знания «рецептурного» типа (Дж. Кр. Джонс, «классик» движения, называет свой труд, в котором произведён обзор различных конструкторских приёмов и способов, «поваренной книгой» [9]). Ответы на эти вопросы - «делай так: ...»; «возьми тот-то инструмент (схему, средство)...»; «высекай вот здесь!» («*Par cy me le taille*!» - знаменитая фраза, характеризующая действия самоуверенного готического архитектора, она вошла во французскую литературу в качестве поговорки, см. [14, с. 231 и 313]) и т.д. - все без исключения предполагают конвенцию между участниками диалога относительно того, к чему относить всю эту рецептуру, все эти указания. А конвенция - это то, что берётся без обсуждения, «по умолчанию», т.е. то, что не получает осмысления и нового решения. Цена же такого умолчания оказывается нередко довольно высокой, но понятна она становится только в прошествии времени после осуществления проекта.

Сегодня можно уже утверждать: «плохой» архитектор проектирует пространство (объём), «хороший» архитектор проектирует протекающие в доме социальные процессы и человеческие переживания и эмоции. Проектирование если не самой жизни, то значимых её условий для другого человека предполагает способность погружения в его жизненный мир, его систему ценностей, образов, привычек. Такое погружение осуществляется не бесчувственным механизмом, а живым человеком, нередко имеющим совсем другую точку зрения и специфические знания.

Поэтому архитектурное проектирование давно уже не имеет смысла рассматривать как чистое «кабинетное» проявление воли, напротив, - оно всегда есть диалог. Но это диалог очень разных позиций. Ведь заказ формируется, как правило, весьма поверхностно - по образцам, по стереотипам. У заказчика, как правило, нет ни возможности, ни времени, ни желания осуществлять интеллектуальную работу (по формулированию заказа) такой же мощности и сложности, как проектная работа. Глубокое осмысление объекта возможно лишь в проектной работе, поскольку её принципом является переосмысление многих - в идеале всех - конвенций и предрассудков исходного задания и выход, совместно с заказчиком и/или пользователем, на более высокий уровень понимания.

Проектирование - есть стратегия тотального ценностного переосмысления обыденности. Но обитать в создаваемом пространстве будет пользователь, а не архитектор, именно он будет обживать архитектурные формы, он сделает их своими, он продуцирует новый уровень повседневности. Далеко не факт, что в гармонии с этой повседневностью окажутся яркие и креативные решения проектировщиков, что они смогут стать «своими» для обитателя, смогут быть им персонифицированы. Гармоничный диалог между носителями креативных идей и амбиций и теми, кто вынужден обитать в материализованных амбициях других, всякий раз являет собою проблему организации проектного акта. И, несмотря на наличие множества моделей и примеров такой организации, универсальных решений нет до сих пор - всё зависит от людей, идей, ситуаций. Особенно сильно усложняется задача в случае массовой застройки, где возможностей детального «погружения» просто нет, не говоря уже о том, что такие действия сложны, под силу не каждому архитектору, да и стоят они недёшево. Поэтому для массовой застройки индивидуальными жилыми домами наиболее приемлемой и перспективной стратегией можно считать т.н. «самопроектирование» (используя термин, предложенный американским архитектором и исследователем Ионой Фридманом, первым приложившим теорию графов к архитектурному моделированию) - составление проектных решений по каталогу вариативных узлов и паттернов, разработанных архитекторами [15]. Но и с этой идеей сопряжены немалые затруднения.

2 Эволюция информационных моделей зданий

Традиционно для построения моделей зданий проектировщики и конструкторы имели дело только с математической (прежде всего – геометрической) моделью дома, используя в своей работе элементы геометрии (плоскость, отрезок и др.) с известными значениями координат. Ручное редактирование было трудоёмким процессом и часто приводило к ошибкам. По мере совершенствования методов компьютерной обработки и развитию систем AEC (*Architecture, Engineering and Construction*) стало возможным объединять отдельные геометрические элементы, формируя из них более сложные компоненты (стены, окна, крыши и т.п.) и их параметризировать. Модели становились более интеллектуальными, а их редактирование упрощалось, что приводило к сокращению числа ошибок. Так появилось параметрическое проектирование – вид геометрического моделирования с использованием параметров элементов формы и соотношений между этими параметрами. В параметрических геометрических моделях размеры и положение каждого элемента могут быть изменены, что позволяет быстро получать по существующей модели изделия его модификации.

Различают три основных вида параметрического проектирования: на базе предыстории, *вариационное проектирование* и *конструирование по базе знаний*. Первый вид уже значительно устарел, поэтому остановимся на рассмотрении двух остальных. Вариационное проектирование – разновидность параметрического моделирования, в рамках которого взаимосвязи между параметрами геометрических элементов задаются с помощью декларативных

конструкций, называемых ограничениями. Ограничения задают логические и параметрические связи между геометрическими элементами (параллельность, касание, расстояние), не определяя конкретный способ пересчёта параметров (от первого элемента ко второму или наоборот). Данная концепция выгодно отличается от моделирования на базе предыстории своими выразительными возможностями, но для реализации цикла обновления геометрической модели при изменении параметров требуется одновременное решение системы геометрических ограничений. Эффективное решение сотен и тысяч одновременных ограничений возможно только благодаря использованию специализированных геометрических решателей. Конструирование по базе знаний (*Knowledge-Based Engineering*, KBE) – использование базы инженерных знаний в процессе параметрического проектирования. База инженерных знаний (*knowledgeware*) содержит функциональные элементы, связывающие между собой геометрические (размерные) и инженерные параметры проектируемого изделия. Связывание параметров осуществляется при помощи формул, правил, расчётных таблиц, законов, проверок, систем уравнений и неравенств. Экспертные правила и проверки отличаются от других отношений базы знаний возможностью их связывания не с конкретными параметрами, а со всей моделью посредством задания шаблонов конструктивных элементов, к которым правила и проверки будут применяться. Экспертные правила группируются в базы правил, формирующие корпоративное ноу-хау. Частью функционала систем конструирования по базе знаний является параметрическая оптимизация — возможность минимизации, максимизации или приближения к целевому значению произвольного геометрического или инженерного параметра модели.

Однако, параметрическая модель недалеко ушла от геометрической, продолжая учитывать только геометрические параметры. Это вызвало потребность в формировании нового инструментария. Концепция BIM стала одним из таких инструментов. BIM – это подход к проектированию, возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания, который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. Трёхмерная модель здания, связанная с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели можно присвоить дополнительные атрибуты. Особенность такого подхода заключается в том, что строительный объект проектируется фактически как единое целое. И изменение какого-либо одного из его параметров влечёт за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного графика. BIM имеет два главных преимущества перед AEC:

- модели и объекты управления BIM — это не просто графические объекты, это информация, позволяющая автоматически создавать чертежи и отчёты, выполнять анализ проекта, моделировать график выполнения работ, эксплуатацию объектов и т. д. — предоставляющая коллективу строителей неограниченные возможности для принятия наилучшего решения с учётом всех имеющихся данных;
- BIM поддерживает распределённые группы, поэтому люди, инструменты и задачи могут эффективно и совместно использовать эту информацию на протяжении всего жизненного цикла здания, что исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.

В архитектурно-строительных проектах информационное моделирование позволяет создать 3D-модель всей системы, благодаря чему проектировщики и подрядчики получают более целостную картину конечного результата по сравнению с традиционными двухмерными чертежами. Поскольку созданная модель позволяет оценить реальную картину здания и всех

его систем уже на этапе проектирования, проектировщики могут проверить, подходит ли выбранное оборудование для помещений, где их планируется установить, как в плане требований к их размещению в пространстве, так и с технической и эксплуатационной точек зрения. Кроме того, BIM-проекты предоставляют больше возможностей для сотрудничества между различными участниками проекта, и поэтому проектировщикам легче принимать во внимание конструкционные решения здания и избегать пересечений между различными системами. Это экономит время и деньги на этапе строительства, так как позволяет смоделировать и протестировать работу инженерных решений ещё до начала фактического строительства. Информационная модель – это ценный источник информации на протяжении всего жизненного цикла здания: от предварительной концепции, проекта, строительства и монтажа инженерных систем здания до управления и технического обслуживания объектов.

Все известные на сегодня информационные модели зданий ограничиваются описанием морфологии, в то время как архитектурные форма и пространство требуют описания, по меньшей мере, в трёх планах: *морфологическом*, *символическом*, *феноменологическом* (по А.Г. Раппапорту [16]). Заметим, что эта онтологическая триада сознательно противопоставлена триаде Витрувия («польза, прочность, красота» [17]) как именно проектная, в то время, как Витрувия отнюдь нельзя считать представителем проектной культуры - он лишь описатель ремесленного строительного опыта, не обладавший собственно архитектурной интуицией и сделавший первый, но фатальный исторический шаг к редукции зодческого синкретизма[2] к типовой системе обучения знаниям (см. его «спор» с древнегреческим архитектором Пифеем в Первой книге [18]). К Марку Витрувию у критически мыслящей фракции архитектурной профессии накопилось много серьёзных претензий[3], которые заслуживают отдельного разговора, а известная триада Раппапорта - одно из проявлений этого критицизма.

Авторы статьи, создавая малое инновационное предприятие «Бюро средового проектирования» (далее - МИП «БСП»), ставили перед собою цель выйти на полномасштабные модели, поскольку символические, феноменологические, мифопоэтические аспекты существования жилища ничуть не мене важны, чем функциональные и планировочные, более того, можно даже предполагать, что именно они и составляют совокупность онтологических форм архитектурно-проектного мышления [19, 20]. При этом функциональные, планировочные и др. морфологические параметры формализуются без особенных проблем, а смысловые и содержательные, будучи достаточно «легко» обеспечиваемы в традиционных способах архитектурной работы, до сих пор представляют проблему для информационного моделирования - несмотря на радикальные попытки изменить ситуацию, о чём ниже.

---

[2] О «редукции… синкретизма» и не только зодческого. Проектанту, безусловно, заманчиво научиться черпать вдохновение и идеи непосредственно из хаоса, где есть все формы, все смыслы. Но, согласитесь, *всякое* выделение смысла и формы будет расчленением слитности, и, следовательно, *неизбежной* редукцией сущего, качество которой определится талантом, знаниями, культурой черпающего. - *Примеч. ред.*

[3] Обычно редакция смягчает оценки авторов, анализирующих творчество ушедших персонажей, внося свои коррективы. Но частота появления и в печати, и в дискуссиях несправедливых и неадекватных оценок основателей, пионеров, создателей тех или иных идей, теорий, парадигм вынуждает сделать акцент на важную для этики науки часть творчества продолжателей. Опираясь на идеи предшественников, критически и творчески их переосмысливая, мы должны, мы обязаны помнить в какой среде научных достижений разрабатывались те или иных теории, принципы, постулаты. Наверняка было архитрудно, располагая имеющимися на тот период знаниями, сгенерировать многое из того, что сегодня понятно и школьнику. Ведь мы уже «стоим на плечах гигантов» и нам, конечно, видно больше. Фактор времени, средовой фактор всегда присутствует. ***Всему своё время и у всего есть своё семя***.

Что же касается Витрувия, то его триада и по сей день реально живёт и процветает, а формализация проектных практик, изложенная в книгах об архитектуре, – это бесспорный шедевр введения в онтологию проектирования. И наша задача, и наши появившиеся возможности позволяют развивать достигнутое. И пример тому есть в новом журнале «Наука проектирования», созданном в Кембриджском университете (см. материал в конце номера), где уважительно отмечают вклад великого греческого учёного в науку проектирования. - *Примеч. ред.*

3 Развитие объектных представлений

3.1 От формы к содержанию

Одной из важнейших проблем построения моделей проектируемых объектов является проблема декомпозиции объектов, т.е. выделения (назначения) «единиц» (units), на которые объект раскладывается в анализе и из которых собирается в собственно проектном или конструкторском синтезе [20]. Для архитектурного проектирования с начала XX столетия эта проблема стала едва ли не центральной. В 1910-20-е гг. формирования модернистской проектной идеологии был силён авторитет поисков в области геометрической абстракции, а каждый художник в то время был самобытным онтологом. Вслед за П. Сезанном, призывавшим художников «...трактовать природу посредством шара, конуса, цилиндра», они стремились разложить видимый старый мир на «атомы», с тем, чтобы затем собрать его заново из избранных единиц - «кирпичиков». «Шар-цилиндр-конус» Поля Сезанна; «куб-цилиндр-конус» Владимира Кринского, «точка-линия-плоскость» В.В. Кандинского; прямоугольные плоскости К.С. Малевича; линейные структуры и основные цвета П. Мондриана и т.п. - у каждого был свой, авторский набор «кирпичиков». Способ декомпозиции должен быть при этом таков, чтобы при сборке от прежнего мира не осталось и следа, т.е. это не могло быть разделение на колонны, капители, архитравы, как веками практиковалось при строительстве из трофеев или руин; это должны быть элементарные единицы - простые геометрические тела. Последние, в отличие от капителей и фризов, не несут никакой семантической нагрузки, они чисты и содержательно пусты, а потому могут воспринять, как считалось, новые смыслы, выразить новое содержание.

К упомянутой выше заре проектной методологии - к середине 1960-х гг. - стало уже очевидно, что со смыслом у т.н. «современной архитектуры» (это точный архитектуроведческий термин) большие проблемы. Она оказалась монотонна, сера, стандартна и молчалива, социально-культурные и коммуникативные функции ею стремительно утрачивались. Помимо прочего, вину за такой неутешительный результат возложили на скупой модернистский синтаксис, а значит и на самый способ выделения *units*[4]. Ведь ещё Гераклит утверждал (опираясь на практику древнегреческого письма, не имевшего словоразделения, которое отдавалось на волю читателей), что все беды мира оттого, что люди неверно, не по природе, «вырезали» из универсума себе объекты и потом пытаются иметь с ними дело, как если бы они были полноценными и правильными. Тем самым, онтология впервые становится проблемой для креативной проектной мысли.

Вместе с тем, тогда же стали понимать, что единицы для синтеза не должны быть семантически пустыми. Напротив, это должны быть единицы формы с некими элементарными смыслами в придачу, для того, чтобы соединяя формы и компонуя из них новые здания и сооружения, можно было бы одновременно, тем самым, компоновать и новые архитектурные «тексты» - сообщения. Здесь не обошлось без наивного натурализма, свойственного любой апологии, в т.ч. и апологии семиотики, очень популярной в середине XX в. и позже. В это время возникает множество текстов, посвященных «языку архитектуры». Вскоре оказалось,

[4] В русской научной и не только научной литературе, а также и в общении наблюдается «микширование» или смешение языков. Чаще всего англоязычные термины в кириллице или латинице активно используются авторами, которые полагают, что у этих слов нет русского точного синонима (аналога). Причём, некоторые термины, которые уже устойчиво вошли в оборот, пишутся на кириллице (например, компьютер, Интернет и др.), но часть терминов авторы, видимо стесняясь их русской транслитерации, пишут в оригинале на английском.
У нас в редакции журнала активно ведутся споры (дебаты) о том, какую же норму выработать, на что нацелить авторов. Но единого мнения мы не смогли выработать. Поэтому мы приглашаем высказаться по этому поводу читателей и авторов. Пока же мы стремимся придерживаться авторского стиля. - *Прим.ред.*

что наивные представления об эдаких семиотических «канапе», в которых минимальная единица смысла «пришпилена» к минимальной единице формы, - несостоятельны, что язык архитектуры строится иначе, чем литературный язык или машинные языки. Осмысленные, «говорящие» единицы формы надо выделять каким-то иным способом.

3.2 От уникального к паттернам

Такой способ попытался предложить Кристофер Александер - американский архитектор с университетским математическим образованием, считающийся «классиком» автоматизации архитектурного проектирования. Он и его коллеги предложили в 1970-х гг. т.н. «язык паттернов», в котором привели примеры единиц различного масштабного уровня, от фрагментов интерьера до градостроительных структур, и правила их соединения [21]. (Заметим, что традиция проектной работы с паттернами - древняя, но даже и информационное моделирование паттернов не столь уж «молодо» и не столь однозначно, как это иногда представляется [22]). Такие единицы были уже содержательны, поскольку представляли собою «изъятые» из различных жизненных и практических ситуаций типические образования - более или менее устойчивые. Однако достижим ли уникальный смысл проектного решения статистической комбинацией смыслов, присущих различным иным ситуациям, далеко отстоящих от «этой вот» ситуации и в пространстве, и во времени, и во множестве привходящих факторов? Очевидно, нет. Французский исследователь проектных методов Сабина Порада пишет о концепции Александера: «Предшественники Александера в 20-30-х годах пытались решить гораздо более сложную проблему: формулировку социальных идеалов и потребностей, которая требовала философских размышлений и глубоких социальных знаний. Учитывая возникающие здесь трудности, Александер ограничился лишь «тенденциями», он преследовал единственную цель: обнажить истинные запросы потребителей, оставив в стороне экономические аспекты проектирования и эстетику» [23, с. 81].

Выбор количества факторов, принимаемых проектировщиком во внимание, - «вечная» проблема полноценности проектного акта. Большое их количество (идеально - все, по крайней мере, все те, которые удалось выявить и сформулировать) повышает реалистичность проекта, но угрожает эффективности проектного процесса. Сокращение их количества может привести к нерелевантности проектной модели. Применительно к редуцированной в какой мере действительности мы принимаем наши решения; что же оставляем «за бортом» - всегда непростой вопрос для непрототипического действия (ведь в прототипах, в отличие от паттернов Александера и им подобных организованностях, как раз «упакована» должная социально-производственная норма, соответствующая конкретному историческому периоду [24]). В архитектуре модернизма было отчётливо заметно стремление к сокращению принимаемых к рассмотрению и решению вопросов - это был не столько шаг на оптимизацию проектного процесса, сколько проявление эстетики минимализма, прекрасно выраженной в известной фразе Людвига Мис ванн дер Роэ «Меньше - это больше» (*Less is a more*). Чем меньше вопросов мы решаем, считал Мис, тем лучше решим каждый из них, и поэтому получим больший результат. Архитекторы постмодернизма уже издевались над этим парадоксом («*Less is a bore*» Р. Вентури), но и они вынужденно ограничивали свой онтологический диапазон. Александер насчитал 21 требование к проектированию чайника, а с усложнением объекта (вплоть до города) количество таких требований лавинообразно растёт. Автоматизация проектирования и была призвана ответить на этот вызов, но, решая вопрос обработки больших массивов информации, она споткнулась на гераклитовой проблеме *units* (как бы они не именовались: элементы, паттерны, блоки, фреймы, конструкты, конструктивы и пр.).

С. Порада пишет: «Рассмотрим, каким образом элементы «паттерна» могут группироваться для получения пространственных структур объекта проектирования. Комбинации

«паттерна» подчиняются двум правилам, на которых следует остановиться. Первое правило было выработано на основе анализа структур существующих исторических сооружений и описано Александером в статье «Город – не дерево». Это правило гласит, что во время проектирования таких сложных систем, как архитектурные сооружения, проектировщик должен учитывать все виды возникающих взаимосвязей, не забывая одновременно и о корреляциях между ними. Второе правило выведено из логических умозаключений, согласно этому правилу все возможные виды внутренних взаимосвязей делятся на три категории: расчленение, включение и пересечение. Ссылка Александера на существующий анализ объектов не случайна. Сама структура «паттернов»... определена, исходя из описания различных конфликтов, возникающих при функционировании существующих объектов, и из описания всех способов, позволяющих эти объекты реализовать» [23, с. 81].

В сущности, можно сказать, что в концепции Александера присутствуют лишь две крупные группы методов: методы выделения паттернов (работа по каталогам) и методы соединения паттернов между собой. В этом видна как сила концепции - ясность и образность решений, относительная простота выбора, так и её слабость - обречённость на отчуждённую работу с банальными образами (Александер сначала подчеркнуто отрицал любые интуитивные, иррациональные, художественные подходы в проектировании, но в поздних работах резко пересмотрел свои позиции), и, следовательно, отсутствие творческого состава в предлагаемых методах и методиках. Комбинаторика известных элементов каталога здесь замещает открытый поиск уникального, адекватного конкретной задаче решения. Хотя у Александера предусмотрен довольно большой по объёму каталог паттернов (всего - 253 паттерна), а каждый паттерн обладает известной образной ассоциативностью и даже романтичностью (например, «лестница как сцена»), это все элементы хотя и различного масштаба, но одного структурного уровня. Увлечение системой завершённых в себе элементов и способов их комбинирования неизбежно приводит к параличу творческого, инновационного содержания и, тем самым, арсенал проектных средств архитектора заполняется репродуктивными методическими единицами, т.е. стереотипами или штампами.

3.3 Как проектировать «замки с привидениями»?

Неоднозначный опыт Кр. Александера выявил проблему, которую, кажется, ещё плохо осознала теория и методология проектирования: двигаясь по пути конструкторского синтеза новых объектов, мы всегда остаемся в рамках дилеммы семантической содержательности и стереотипизации используемых «единиц». На этом пути нас постоянно преследует Сцилла бессодержательности и Харибда угнетающих штампов. Можно достичь новой, небывалой формы, но её смысл и значение останутся загадкой даже для самого автора; а можно достичь качества «архитектурного текста» - вполне внятного, семантически (прежде всего - ассоциативно) насыщенного, но собран он будет как лоскутное одеяло - из имитаций прежних, порядком «препарированных» (в зависимости от использованных модельных средств) соцелостностей формы и смысла (таковы паттерны Александера, но не только они – то же можно сказать и о т.н. «типовом проектировании», повторном использовании проекта, и о многих других, к сожалению, весьма распространённых ситуациях архитектурной практики).

Это центральная проблема конструирования, но не полноформатного проектирования, способного в каждом акте деятельности создавать себе «единицы», нормы и реализационные механизмы [24]. Конструирование же имеет дело с готовыми компонентами различной масштабности и его креативная мощь не столь велика, а методологический горизонт не столь высок. Подхватывая призыв Н.М. Боргеста к обсуждению понятия конструирования [25, с. 24] мы бы сказали: конструирование - не столько «часть» или этап проектирования, не столько его техническая разновидность, сколько удобная для задач функционирования ре-

дукция проектного мышления и деятельности. Проектирование в пределе ориентировано на развитие и новации, а конструирование - на воспроизведение и устойчивое функционирование. Но зато оно существенно дешевле, связано с меньшими на порядок затратами и издержками, требует гораздо меньше времени и развёртывается на отлаженных инфраструктурах реализации.

Задача, тем самым, ставится следующим образом: как использовать конструирование со всеми его выгодами, но преодолеть его, конструирования, «глухоту к нуждам мира»? Т.е. - в области массового жилищного строительства - как не только обеспечить вариативность привязок и соответствие месту, условиям, финансам, составу семьи и пр., но и открытость к плодотворному построению индивидуальных смыслов. Путь Александера - конструирование ещё и смыслов или «сообщений» по универсальному, однажды и навсегда созданному «алфавиту» - оказался неудовлетворительным. Авторы статьи предлагают другой путь - не назначение смыслов форм и здания в целом, но «выращивание» их за счёт органичности образа и транспарентности принимаемых решений.

Чтобы пояснить нашу мысль, зададимся таким неожиданным вопросом (пусть метафора не пугает): как конструировать «замки с привидениями» для массовой застройки? Ведь привидения, как и замки, индивидуальны, в этом их смысл и специфическая ценность (на английском рынке элитарной жилой недвижимости её уже целенаправленно учитывают![5]). Создавать типовые - с большим или меньшим количеством вариаций - здания несложно, но никогда нет гарантии, что они не окажутся «пустыми», «неживыми» в искомом смысле. Привидения (или домовые) должны выращиваться в инкубаторах и рассаживаться по одному на комплект поставки проекта? Александер бы предложил следующее решение: надо вычислить «паттерн с привидением» - устойчивое морфолого-символическое образование, перевести его в схему и включать эту схему в нашу конструкторскую работу. Т.е. здесь «привидение» (или, точнее, «место, где оно должно бы быть») - ещё один конструкт, добавлением которого делается попытка решить вопрос. Здесь не обойтись без формализма и никак не удастся обойти ловушки научно-технической предметности, готовой всё сводить к препаратам, годным к употреблению. Это ещё и наивность семиотического натурализма, полагающего, что каждой условной единице формы соответствует приданное ему значение и, когда мы собираем композиции из форм, то тем самым, якобы, создаём и адекватные им конструкции. К сожалению, или к счастью, но такого никогда не происходит - опыт искусства, проектирования, семиотических и методологических исследований такие предположения не подтверждает [26, 27]. Феномены не собираются в конструкторском синтезе. А привидение - феномен (его онтологический статус не выяснен, но в нашей задаче он - неотъемлемое качество проектируемого объекта, особый эффект объекта). Феномен целостности образа, как и целостности значения, складывается не из суммы однозначных элементов, но из сочетания множества разнонаправленных сил, приведённых к должной гармонии. Поэтому не лучше ли решать поставленную выше задачу путём обеспечения условий настолько органичного и уместного сочетания конструктов, которые следуют всей смысловой логике традиционного замка с привидениями, чтобы в нём непременно завелось своё собственное, уникальное «привидение»!? Это и предлагает наш подход.

Задача намного усложняется, а наше решение приобретает уже не метафорическую, а мифопоэтическую и содержательную глубину, если принять во внимание, что одним паттерном мифопоэтика жилого дома не исчерпывается - он весь полон смыслов и значений. А потому и каждый элемент нашего «конструктора» должен быть понят во всей полноте присущих ему смыслов и коренящихся в традиции и культуре значений.

[5] Недвижимость в Лондоне (Англия, Великобритания) - http://www.londondom.com/b2b.htm

Таким образом, слоган МИП «БСП», созданного сотрудниками двух воронежских университетов, становится подобен знаменитому девизу Генри Форда: вы можете заказать себе любой дом, при условии, что это будет традиционный дом! Т.е. живой и настоящий!

Команда проекта поставила себе изначально дерзкую задачу – переосмыслить традиционный образ дома в новых социальных условиях XXI в., творчески развивая традиции, но на основе принципиально новой методологии проектирования и построения коммуникаций в системе «Клиент-Проектировщик». Методика выработки проектного решения, заложенная в онлайн-сервисе, исходит из планировочного решения старинной русской избы-пятистенка, не исключая, впрочем, и альтернативных форматов. Отличие ее структуры от традиционных домов Запада и Востока можно охарактеризовать в категориях «твердое/пустое»: в центре пятистенка – русская печь как сердцевина всего мироустройства. Вокруг печки находились все прочие помещения, с её помощью готовили пищу, обогревали дом, мылись, выводили хвори, хранили топливо и кухонный инвентарь. В иных цивилизационных парадигмах в центре дома наличествовало пустое пространство в виде двора-атриума или иного типа общего пространства.

3.4 От типового к кастомизированному

Проектирование жилища на современном уровне требует существенного расширения видения объекта, поскольку для адресного проектирования необходим совсем иной набор знаний и представлений, нежели для обезличенного типового. Но речь идёт не о простом увеличении объёма знаний, а об изменении принципа проектной объективации. Проблема в том, что необходимую базу данных не может должным образом наполнить описание, полученное за рамками проектного акта - будь то научное знание или статистическая информация. Изучение социологической информации о демографии или о структуре семьи даёт, разумеется, некоторую основу для разработки вариантного жилища, но лишь основу, поскольку социологические и демографические данные ориентированы не на нужды и чаяния конкретного пользователя, а на гипотетического «среднестатистического человека». Не так давно, в годы плановой экономики, государственная проектно-строительная «машина» вынужденно ориентировалась на достаточно обобщённые модели, хотя в ситуации устойчивого и прогнозируемого спроса иногда удавалось разработать довольно правдоподобную социально-пространственную модель перспективной жилой ячейки, состав и тип помещений в которой определялись в первую очередь (наряду с социально-демографическими особенностями семей) такими синтетическим фактором жизнедеятельности семьи, как её образ жизни, являющийся отражением комплекса потребностей семьи [28], но массовое строительное производство оставалось довольно косным и мало ориентировалось на такие модели.

Сегодня требуются значительно более вариативные, гибкие и адресные модели, непосредственно встроенные в многообразные формы архитектурно-строительной практики. При принципиальном отсутствии знаниевого описания возможных требований и предпочтений, необходимо выстраивать *диалоговую систему*, в которой пользователь становится соавтором проекта своего жилища.

Заметим, что появление персонажа по имени «пользователь» в системе кастомизированного проектирования - не только принципиальная необходимость, но и гарантия от пролонгирования ложной идеологии монолога в проектировании, будь то монолог высокомерного «творца» или монолог информационной модели, представляющейся некоторым сегодня совершенным носителем истины «об объекте». Последнее - т.е. сброс ответственности на модель - ярко представлено в недавней статье Владимира Талапова. Пропагандируя BIM, этот автор рисует две несложные схемы: «Раньше: Информация-Осмысление-Результат» и «Теперь: Информация-Модель-Результат» [29]. То есть теперь, с технологией информационного

моделирования здания, можно, считает он, уже не заниматься осмыслением. К чему приводит неосмысляемое конструирование (а речь у В. Талапова может идти только о нём) мы уже выше говорили. Осмыслять необходимо не только состав модели, но и самый способ объективации, её источники и её акторов. Авторы полностью согласны с утверждением Н.М. Боргеста: «Принципиальным в онтологии проектирования, в отличие от обычного взгляда на проектирование, является исследование не только объекта проектирования, создание его модели, но и исследование самого субъекта проектирования, как актора в роли заказчика, потребителя и исполнителя, и, конечно, самой быстроменяющейся среды проектирования» [30, с. 24]. В этом смысле, намечающейся ныне «культ» информационных моделей зданий (BIM) иногда выглядит как высокотехнологичный уровень всё того же «обычного взгляда на проектирование» - как проявление наивного натурализма, незнакомого с методологической рефлексией и онтологической проблематикой.

Г.П. Щедровицкий утверждал, что «объекты» сами по себе не составляют проблемы, они распадаются на объектные интенции и объектные репрезентации [26, с. 118]. Мы бы добавили: проектирование есть организация объектных интенций. Не прямой перевод интенций в репрезентации (что кажется очевидным - ведь проектировщику надо получить знаковую модель объекта - его проект), но организация интенциональностей посредством работы в знаках. Благодаря этому (в меру успешности проведённой работы и способностей проектировщика) знаковая конструкция по имени «проект» способна репрезентировать что-то новое, т.е. создаётся собственно объект. Информационная модель же лишена проектной интенциональности (ведь её можно использовать во многих контекстах - и это преимущество BIM), она не есть ни объект, ни проект; она есть чистая репрезентация обезличенно и внесубъектно скомпонованных данных. Мы считаем, что если что и способно заместить авторское осмысление в ситуации неопределённости, открытости онтологии, так это непосредственная воля пользователя, переведённая в релевантный информационный импульс.

Для формирования социального портрета конкретной семьи авторами статьи разработана шкала потребительских предпочтений (см. рисунок 1), позволяющая работать над проектом как с обычным эквалайзером, настраивая требуемые параметры. Перемещая ползунки до нужных показателей, пользователь легко может спроектировать дом, полностью учитывающий все его предпочтения.

Описываемая нами технология подобна походу в ателье с целью пошива костюма. Вы приходите в ателье, с вас снимут мерки, вы выберете материал, количество пуговиц, наличие карманов, тип лацкана и т.д. и в итоге получите полностью уникальный костюм, сшитый для вас. Так и наша система призвана удовлетворить ключевые потребительские предпочтения заказчика. Конечно, известный компромисс имеет место и в нашей системе: как портной не изобретает элементы костюма, так и в нашей системе берутся в качестве готовых элементов общестроительные, стилистические и др. параметры, а многие функции проектного переосмысления, о которой было сказано выше, редуцированы до конструкторских действий. Но такой компромисс представляется разумным совмещением профессиональных знаний, творческих разработок и удобства действий пользователя.

Активно используются и возможности адаптивной модификации. Адаптивная технология моделирования в САПР - это метод создания моделей, при котором изменение размеров элемента одной детали, вызовет соответствующее изменение размеров элемента другой детали [31]. Адаптивность обеспечивает соответствие размеров деталей без задания общих размерных параметров или создания зависимостей параметров как в параметрическом подходе моделирования. Адаптивной может быть только недоопределённая геометрия, что позволяет выбранным элементам изменять свои размеры, в то время как размеры и позиционирование управляющих элементов остаются неизменными.

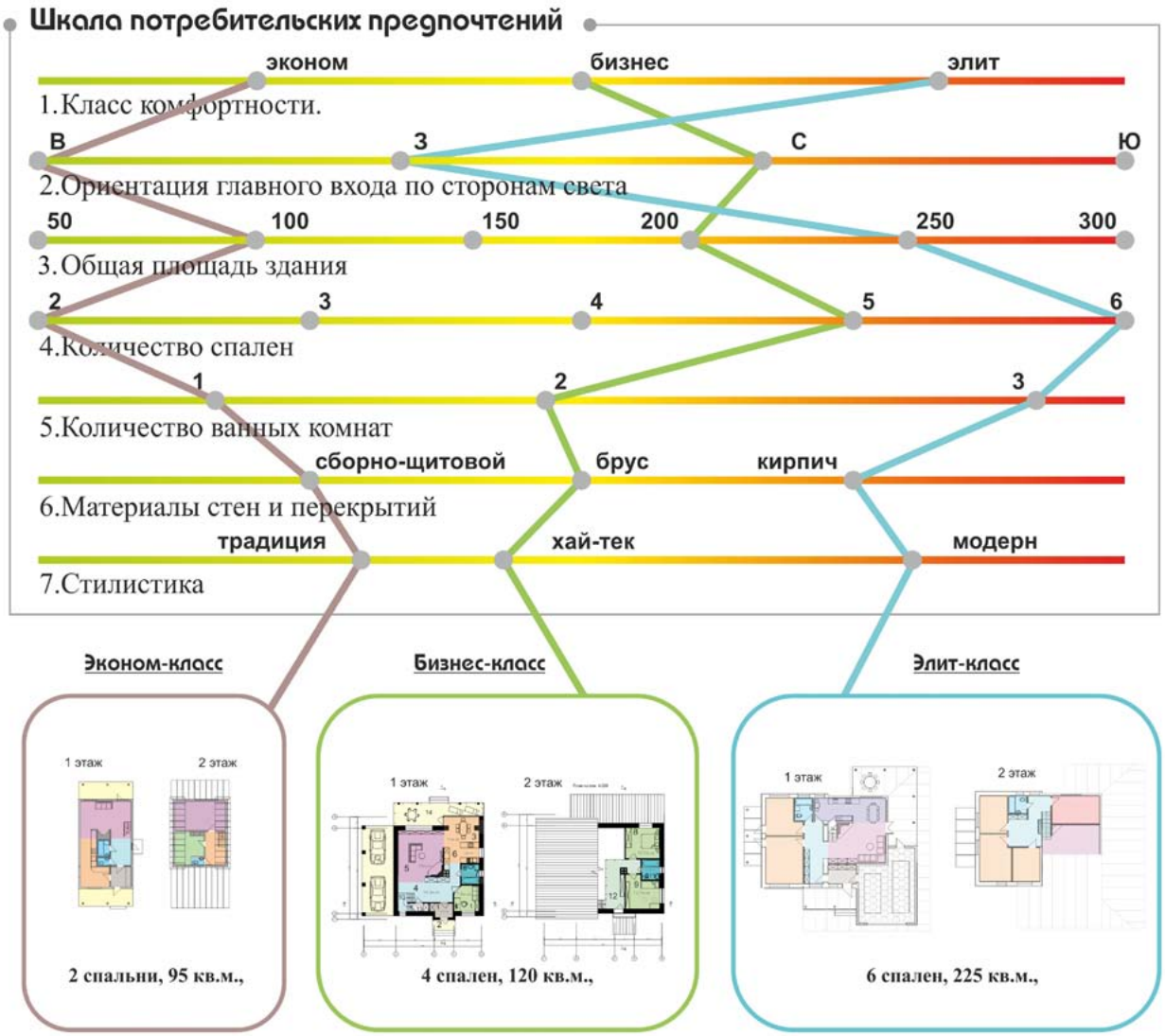


Рисунок 1 - Шкала потребительских предпочтений

4 Концепция open source в архитектурном проектировании

Подведём некоторые итоги. Во времена массовости и утраты индивидуальности больше всех страдает конечный пользователь. Как ему быть? Он не обязан решать проблемы, стоящие перед архитектором, он должен с минимальными затратами ресурсов (времени, материалов, энергии) получить проект, полностью удовлетворяющий его потребностям. Существует ли здесь лёгкий путь?

К сожалению, пока такового не существует. На данный момент у заказчика имеются две возможности. Первая возможность - купить типовой проект по Интернету. Обычно для этого необходимо просмотреть десятки веб-сайтов, проанализировать множество проектов и отобрать те, которые соответствуют заявленным требованиям. Помимо прочего, на большинстве сайтов отсутствуют единые критерии для сравнения. Плюсы в том, что такие проекты дёшевы, некоторые даже доступны бесплатно или по очень низкой цене. Минус типовых проектов в том, что их могут использовать многие - они не уникальны, не индивидуализированы.

Вторая возможность – это полностью индивидуальные проекты домов. В этом случае клиент должен нанять архитектора, провести долгий этап оценки, анализа и утверждения технического задания, эскизного проекта, рабочего проекта, в результате чего возможно получится идеальный результат, удовлетворяющий одновременно и клиента, и автора, сохраняющего за собой авторские права и соответствующие амбиции. Чтобы добиться этого, однако, проектировщик должен быть высокопрофессиональным и опытным - а там, где участие принимает проектировщик такого калибра, ценник существенно увеличивается, вынося проект за пределы финансовой доступности многих частных клиентов и добавляя серьёзные расходы корпоративным клиентам. Кроме того, большую долю цены проектирования дома составляют значительные накладные расходы (офис, реклама, стоимость САПР).

Где же «золотая середина» между покупкой недорогого типового проекта, и дорогим индивидуальным проектированием? Где эквивалент программ с открытым кодом в архитектуре? Учитывая всё вышесказанное, на этот вопрос можно было бы ответить в таком духе: архитектурная профессия на данный момент не готова к решению подобных задач. Такой ответ был бы верным, но не жизнестроительным, а именно утверждающий жизнестроительный подход характеризует архитектурное проектирование. Мы считаем, что поиск решения указанной задачи уже сам может послужить прецедентом изменения ситуации к лучшему - пусть бы и в довольно ограниченном секторе архитектурно-строительного рынка. При этом мы отдаём себе отчёт в том, что доступные на сегодня стратегии поиска решения остаются в границах конструкторской работы и лишь частично выходят на расширение типологических представлений. Но такие ограничения кажутся оправданными возможностью оперативного развёртывания предлагаемого решения и его экспериментальной отработки.

В качестве такого решения авторским коллективом в настоящее время разрабатывается облачная система автоматизированного проектирования - интерактивный онлайн-конфигуратор малоэтажных жилых домов (*Interactive online house configurator*). Сервис имеет две значимых функции.

Применение первой функции предоставляет массовому потребителю кастомизированные прототипы малоэтажных жилых домов с гибкой адаптацией под персональные потребности семей и особенности участка. Настоящая система строится на комбинации следующих подходов: адаптивном моделировании, вариационном проектировании, конструировании по базе знаний и построении социально-пространственной модели дома, которая является отражением потребностей семьи. При формировании проекта дома все помещения находятся в неразрывной взаимосвязи и взаимообусловленности, т.е. размеры и форма одних помещений влияет на размеры и форму других. В результате достигается рациональное взаиморасположение заданного множества помещений в пределах расчётного объёма дома. Проектирование осуществляется на базе параметрического моделирования с контекстным механизмом изменений, поддерживающим зависимости между помещениями. Одна часть зависимостей задается пользователем, другая берётся из базы знаний.

Комплексный подход позволяет исключить недостатки отдельно взятых подходов. Вариационное проектирование – идеальный помощник для опытного пользователя, который уже знает все ГОСТы и СНИПы. Когда проектировать начинает неподготовленный пользователь, с ограничениями вариационного проектирования он ничего не сможет сделать – ему необходимо предоставить адаптивную модель, в которой будут заложены все экспертные знания архитектора.

Вторая функция позволяет создать доступный архив результатов взаимодействия различных категорий потребителей, адептов социальной архитектуры, любителей и профессионалов в сфере архитектурного проектирования. Система задает параметры проектирования, по которым любое лицо может осуществить свою разработку, занести её в портфолио и по-

лучать авторские гонорары в случае востребованности проекта у потребителей. Потребители, в свою очередь, имеют возможности выбора подходящего проекта из онлайн-портфолио и его доводки до требуемых параметров, как и размещения собственного проекта на каталоге с получением авторских гонораров за его продажи. Такой подход делает возможным качественно новые формы взаимоотношения заказчика и потребителя, продукта и рынка.

Онлайн-сервис автоматизирует процесс формирования архитектурного решения индивидуального жилого дома и предназначен для массовой кастомизации. Он ставит своей целью ликвидацию разрыва между массовым и индивидуальным проектированием, вовлекая клиентов (заказчиков, будущих пользователей) во взаимодействие с проектировщиком для конкретизации их персональных требований, что существенно меняет подходы к проектированию. Онтологический аспект изменений - не создание нового типа базы знаний, но новый тип процесса работы с расширенной базой. Если индивидуальное проектирование ориентируется на наборы образцов, модных аналогов, элитарных примеров (часто неуместных и нереалистичных в данных условиях), а типовое конструирование, ориентируясь на каталоги строительных изделий и среднестатистические представления о пользователе (также далёкие от ситуаций «здесь и теперь»), никогда не выходит на уровень качества, на котором можно говорить об образожизненной и смысловой индивидуальности проекта и дома, то конфигуратор, объединяя многие базы, делает попытку обеспечить самоопределение пользователя и достичь реалистичного и индивидуального результата. Отличительной чертой системы является принцип эффективной планировочной организации внутреннего пространства, направленный на выработку оптимального проектного решения с последующей математической экспертизой [32].

Для пользователя вся сложность скрыта за удобным и интуитивным графическим интерфейсом, содержащим множество привязок, нормативных ограничений и связей. Обычный пользователь может не бояться сделать что-то не так - «умная» система просто не даст ему это сделать.

Разработчики провели большую аналитическую работу по исследованию связки геометрического ядра и стека веб-технологий и выяснили, что комфортная работа будет возможной только при высокой скорости работы Интернета. Поэтому начата разработка своего собственного геометрического ядра, которое будет полностью работать на стороне клиента и удовлетворять наши собственные нужды и подходить именно под наши задачи.

Иллюстрацией предлагаемой авторами системы на сегодняшнем этапе разработки может служить процесс формирования прототипов проектных решений. Он выглядит следующим образом: в жилом доме выделено *ядро жизнеобеспечения* (ЯЖ), включающее расположенные рядом санузел и кухню с технологическим оборудованием, технический блок с системой отопления и водоподготовки (рисунок 2). По расположению ЯЖ в структуре дома все планировочные решения были условно разделены на три категории – *A*, *B*, *C*: в центре дома (*center*), в боковой части (*back*) или в углу (*angle*). По каждой категории были проработаны планировочные решения различных категорий площади (от 50 кв.м. до 300 кв.м.), классов комфортности (*E* - эконом, *C* - комфорт, *L* - люкс), отношений сторон (от 1:1 до 1:3) и этажности (1-3 этажа), сделаны таблицы и графики, отражающие характер проведённых исследований и полученные результаты. Кодировка прототипа дома в системе выглядит следующим образом: *C*4.160(к1/1,2)*E*, где *C* – категория расположения ЯЖ в центре дома, 4 – количество спален, 160 – общая площадь дома, (к – коэффициенты этажности и соотношения сторон), *E* – категория комфортности эконом-класс. Коэффициент этажности представляет собой отношение совокупной площади этажей выше первого этажа, к площади первого этажа.

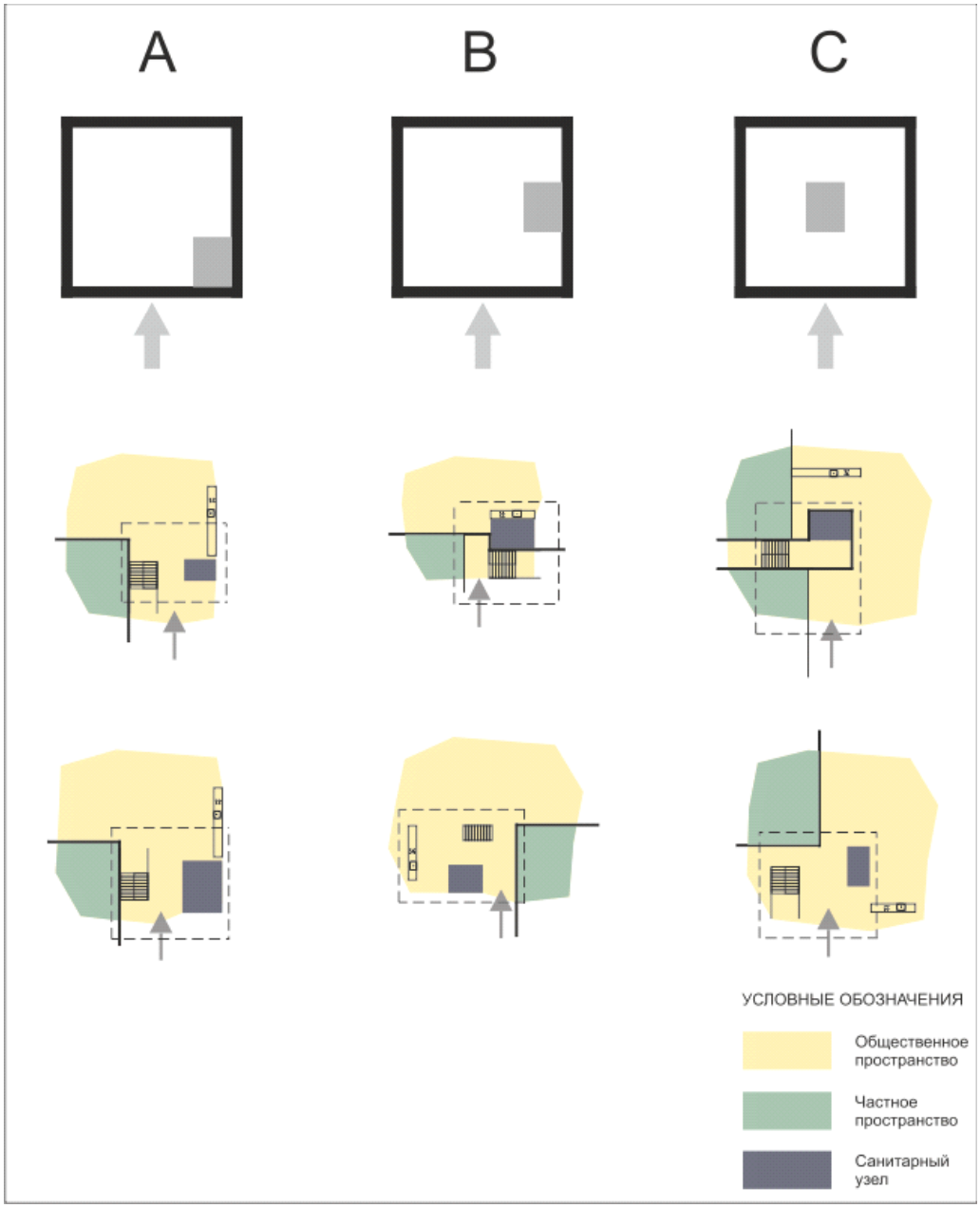


Рисунок 2 - Расположение ядра жизнеобеспечения в структуре дома и примеры прототипов жилых домов

В настоящее время продолжается разработка типологии прототипов по различным классам комфортности (*E*, *C*, *L*) и математических параметрических моделей базы алгоритма автоматизированного проектирования на их основе. Полученные технико-экономические результаты по сравнению с аналогами из строительной практики дают экономию строительных и эксплуатационных издержек в размере 10-25% и значительно более высокие характеристики в категориях потребительских ценностей и комфортности.

По результатам исследований проводилась проверка гипотез с представителями различных сегментов потребителей, изучались характер их потребностей и проблем, обратная связь на разрабатываемые систему автоматизированного проектирования и объемно-планировочные решения. Исходя из обратной связи пользователей, происходила трансформация первоначально сформулированных гипотез. Было решено отказаться от автоматизированного построения проектного решения дома, когда вокруг ЯЖ формировались прочие

функциональные зоны. Вместо этого, акцент был сделан на формирование портфеля исходных прототипов, закрывающих тот или иной набор потребностей пользователя (количества комнат, этажности, ориентации и взаимосвязей помещений). Задача автоматизированной системы при этом подходе существенно изменилась – от выработки уникального решения по набору базовых параметров мы перешли к доработке исходного прототипа непосредственно пользователем. В настоящее время происходит проверка гипотез, какие именно опции в создаваемой системе необходимы тем или иным категориям потребителей и как будет выстраиваться ценообразование при переходе на коммерциализацию созданной технологии.

Заключение

В заключение хочется привести слова Уинстона Черчилля: «Вначале мы строим дома, потом дома строят нас». Дом современного человека не может оставаться неизменным, на него влияют те же процессы моды и технических новаций, которые изменяют всю нашу жизнь. Концепция индивидуального жилого дома, присущая той или иной эпохе, очень точно отражает характер этой эпохи. Сегодня таких концепций не одна, не две («консервативная» и «инновационная») - их великое множество, стремящееся к множеству индивидуумов. Такова наша эпоха - в ней разнообразие является ресурсом и нормой. И, напротив, негативом является унифицированное и обезличенное, не несущее на себе черт индивидуальности и предназначенное как бы «всем», а на поверку - не нужное никому. На последнее в нашей стране некоторое время назад не жалели сил и средств, пока не стало ясно: безликие дома продуцируют безликих людей, индивидуализация т.н. типового жилища ведёт к серьёзным издержкам, а полноценное проектирование не бывает «типовым» вообще. Для управляемого роста разнообразия, для постоянного повышения адресности решений сегодня требуется смена проектной идеологии. Это непростая задача, но она усложняется ещё и тем, что строительство не перестаёт быть массовым, не отказывается от идеалов унификации и типизации. Налицо очередной конфликт архитектуры, как системы ценностей, и строительства, как системы производственных и коммерческих целей. История учит, что достойный путь выхода из кризисной ситуации - обновление «парка» средств и методов мышления и действия. В статье мы лишь затронули некоторые из задач такого обновления, указав пока даже не на новые методы, но на новые инструменты, обладающие, на наш взгляд, определённым потенциалом изменения ситуации в искомом направлении.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере («Фонд Бортника») и программы акселерации Фонда Развития Интернет-Инициатив (ФРИИ). Авторы выражают признательность сотрудникам МИП «Бюро средового проектирования», а также инновационному бизнес-инкубатору им. проф. Ю.М. Борисова при Воронежском ГАСУ, в стенах которого проводилась работа.

Список источников

[1] ***Goldschmidt, G.*** Problem Representation versus Domain of Solution in Architectural Design Teaching / G. Goldschmidt // The Journal of Architectural and Planning Research. 1989 (Autumn), 6: 3. - P. 204 - 215.

[2] ***Alexander, Chr.*** Notes on the Synthesis of Form / Chr. Alexander. - Harvard University Press, Cambridge, MA, 1964. - 224 p.

[3] ***Глазычев, В.Л.*** Эволюция проектирования 2 / В.Л. Глазычев. - http://www.glazychev.ru/courses/projecting_2001/shkp_projecting_13-07-2001.htm

[4] ***Капустин, П.В.*** Опыты о природе проектирования / П.В. Капустин. – Воронеж: ВГАСУ, 2009. – 218 с.
[5] ***Сидорин, А.М.*** Архитектура Здравого Смысла / А.М. Сидорин // Архитектура и строительство России. 1997. №7. – С. 4-11.
[6] ***Капустин, П.В.*** Проектное мышление и архитектурное сознание. Критическое введение в онтологию и феноменологию архитектурного проектирования / П.В. Капустин. – Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 252 с.
[7] ***Виттих, В.А.*** Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки / В.А. Виттих // Онтология проектирования. 2012. №2(4). - С. 7-15.
[8] ***Капустин, П.В.*** Интуиция и модель. Мышление архитектора от ремесла к профессии / П.В. Капустин // Вопросы теории архитектуры: Архитектура в диалоге с человеком. - Сост., отв. ред. И.А. Добрицына. – М.: ЛЕНАНД, 2013. – С. 305-314.
[9] ***Джонс, Дж. Кр.*** Методы проектирования. / Дж. Кр. Джонс. - М.: Мир, 1986. – 326 с.
[10] ***Fuller, R.B.*** World Design Science Decade Documents (1965-1975) / R.B. Fuller. - https://bfi.org/design-science/primer/world-design-science-decade
[11] ***Archer, B.*** Design as a Discipline / B. Archer // Design Studies. 1979. Vol. 1, No. 1. - P. 17-20.
[12] ***Глазычев, В.Л.*** Эволюция творчества в архитектуре / В.Л. Глазычев. - М.: Стройиздат, 1986. - 496 с.
[13] ***Генисаретский, О.И.*** Творческая деятельность как проблема дизайна / О.И. Генисаретский // Вопросы методологии. 1992. №3-4. - С. 10-28. - http://www.fondgp.ru/lib/journals/vm/1992/3-4/v923gen0
[14] ***Панофский, Э.*** Готическая архитектура и схоластика / Э. Панофский // Перспектива как «символическая форма». Готическая архитектура и схоластика. – СПб.: Азбука-классика, 2004. – С. 213-325.
[15] ***Фридман, И.*** Научные методы в архитектуре / И. Фридман. – М.: Стройиздат, 1983. – 160 с.
[16] ***Раппапорт, А.Г.*** Форма в архитектуре: проблемы теории и методологии / А.Г. Раппапорт, Г.Ю. Сомов. - М.: Стройиздат, 1990. – 344 С.
[17] От редакции. Триада Витрувия // Онтология проектирования. 2014. №4(14). - С. 5-6.
[18] ***Витрувий.*** Десять книг об архитектуре. / Пер. с латинского Ф.А. Петровского. Изд. 2-е исправл. – М.: Эдиториал УРСС, 2003. – 320 с.
[19] ***Kapustin, P.*** Notes on the System Typology of Ontological Forms of Design Thinking / P. Kapustin // R. Trappl (ed.) Cybernetics and Systems, Proceedings of the EMCSR`96. - Vienna, 1996. - P. 367-372.
[20] ***Kapustin, P.*** Units of Design Thinking and Quanta of Design Teaching / P. Kapustin // R. Trappl (ed.) Cybernetics and Systems, Proceedings of the EMCSR`98. - Vienna, 1998. - P. 227-232.
[21] ***Alexander, Chr.*** A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction. / Chr. Alexander, I. Isikawa, M. Silverstein. - Oxford Un. Pr., 1977. - 1171 p.
[22] ***Ломов, П.А.*** Применение паттернов онтологического проектирования для создания и использования онтологий в рамках интегрированного пространства знаний / П.А. Ломов // Онтология проектирования. 2015. Т. 5. №2(16). - С. 233-245.
[23] ***Григорьев, Э.П.*** Архитектурно-строительное проектирование. Методология и автоматизация / Э.П. Григорьев, А.А. Гусаков, Ж. Зейтун, С. Порада. - М.: Стройиздат, 1986. - 240 с.
[24] ***Раппапорт, А.Г.*** Проектирование без прототипов / А.Г. Раппапорт // Разработка и внедрение автоматизированных систем в проектировании (теория и методология). - М.: Стройиздат, 1975. - С. 299-392. - http://papardes.blogspot.ru/2009/08/blog-post_7059.html
[25] ***Боргест, Н.М.*** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. 2013. №3(9) - С. 9-31.
[26] ***Щедровицкий, Г.П.*** Онтология и онтологическая работа / Г.П. Щедровицкий // Вопросы методологии. 1996. №3-4. - С. 65-122.
[27] ***Щедровицкий, Г.П.*** Знак и деятельность / Г.П. Щедровицкий // В 3-х кн. Кн. 1.: Структура знака: смыслы, значения, знания. – М.: Изд. «Восточная литература» РАН, 2005. – 463 с.
[28] ***Рубаненко, Б.Р.*** Жилая ячейка в будущем / Б.Р. Рубаненко, К.К. Карташова, Д.Г. Тонский и др. // Науч. ред. Б.Р. Рубаненко, К.К. Карташова.- М.: Стройиздат, 1982 - 198 с.
[29] ***Талапов, В.*** Технология BIM и её связующая роль для архитектуры разных эпох / В. Талапов - http://isicad.ru/ru/news.php?news=17749
[30] ***Боргест, Н.М.*** Научный базис онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. 2013. №1(7) - С. 7-25.
[31] ***Стремнев, А.Ю.*** Адаптивное моделирование в современных системах автоматизированного проектирования / А.Ю. Стремнев // Современные наукоемкие технологии. 2009. №2. - С. 60-90.
[32] ***Капустин, П.В.*** Проблемы и подходы к проектированию современного малоэтажного жилого дома / П.В. Капустин, И.Л. Чураков, Д.М. Канин // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2014. №7. - С. 25-28.

THE ONTOLOGICAL QUESTIONS OF PERSONALIZE HOMES CUSTOMIZED ARCHITECTURAL ONLINE DESIGNING

P.V. Kapustin[1a, 3], D.M. Kanin[2, 3], I.L. Churakov[1b, 3]

[1]*Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Voronezh, Russia*
[a] *pekad@rambler.ru;* [b] *vcbc@mail.ru*
[2]*Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*
kanin.dima@gmail.com
[3]*Small innovative enterprise «Bureau of environmental design», Voronezh, Russia*
www.habitek.ru

Abstract

The article reveals the problem of the limited application of existing information technologies at the stage of conceptual designing. According to the authors, this problem has a cause, rooted in the dominant theoretical and methodological approaches to modeling architectural design, influenced the ways of its formalization. Architectural design evolved at the intersection of two poorly coordinated with each other configurations of objectivity and subjectivity: its object is far from an open and creative ontology as substituted typological descriptions of past experience, and its subjectivity wrongly identified with the artistic will of the architect-creator. This large-scale, we can say the historical disposition the authors examine on a particular example design of low-rise individual houses - one of the traditional, archetypal architectural objects, which have a decisive role by subjectivity. The necessity of revision of the ontological representations, departure from the standard solutions for the depersonalized consumer to customizable ones obtained in a conversation with a specific user. We describe a prototype of a cloud system of computer-aided system of low-rise apartment buildings that can provide a solution to these problems developed in the authors' small innovative company «Bureau of environmental design».

Key words: *architectural designing, architectural engineering, design ontology, customization design, building model, individual house, meaning in architectural design.*

Acknowledgment

This work was supported by a grant Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises in Science and Technology (FASIE) and the program of accelerated development of the Internet Initiatives Development Fund.

References

[1] ***Goldschmidt, G.*** Problem Representation versus Domain of Solution in Architectural Design Teaching / G. Goldschmidt // The Journal of Architectural and Planning Research. 1989 (Autumn), 6: 3. - P. 204 - 215.

[2] ***Alexander, Chr.*** Notes on the Synthesis of Form / Chr. Alexander. - Harvard University Press, Cambridge, MA, 1964. - 224 p..

[3] ***Glazychev, V.L.*** Evolutcia proektirovaniya 2 [Design Evolution2] / V.L. Glazychev http://www.glazychev.ru/courses/projecting_2001/shkp_projecting_13-07-2001.htm (In Russian).

[4] ***Kapustin, P.V.*** Opyty o prirode proektirovaniya [Studies on Nature of Designing] / P.V. Kapustin. - Voronezh: Voronezh State University of ACE Press, 2009. – 218 p. (In Russian).

[5] ***Sidorin, A.M.*** Arhitrktura zdravogo smysla [Architecture of common sense] / A.M. Sidorin // Architektura i stoitel'stvo v Rossii [Architecture and Building in Russia]. 1997. No.7. - P. 4-11. (In Russian).

[6] ***Kapustin, P.V.*** Proektnoe myslenie i arhitekturnoe soznanie [Design thinking and the architectural consciousness. Critical introduction to ontology and phenomenology of architectural designing] / P.V. Kapustin. – Saarbrucken, Germany: Lambert Academic Publishing, 2012. – 252 p. (In Russian).

[7] ***Vittikh, V.A.*** Situacionnoe upravlenie s pozitcii postneklasicyeskoi nauki [Situational management from the position of postneoclassic science] / V.A. Vittikh // Ontologija proektirovanija [Ontology of Designing]. 2012. No. 2(4). - P. 7-15. (In Russian).

[8] ***Kapustin, P.V.*** Intuicia i Model. Myslenie arhitektora ot remesla k professii [Intuition and Model. Thinking of architect from craft to a profession] / P.V. Kapustin // Voprosy teorii architektury: Architektura v dialoge s tchelovekom [Problems in the theory of architecture: Architecture in a dialogue with the person] - Ed.: I.A. Dobritsyna. - M .: LENAND, 2013. - P. 305-314. (In Russian).

[9] ***Jones, J.C.*** Design Methods. Seeds of Human Futures / J.C. Jones. - M.: Mir, 1986. – 326 p.
[10] ***Fuller, R.B.*** World Design Science Decade Documents (1965-1975) / R.B. Fuller. https://bfi.org/design-science/primer/world-design-science-decade
[11] ***Archer, B.*** Design as a Discipline / B. Archer // Design Studies. 1979. Vol. 1, No. 1. - P. 17-20.
[12] ***Glazychev, V.L.*** Evolutcia tvorchectva v arhitekture [The evolution of creativity in architecture] / V.L. Glazychev. - M.: Stroyizdat, 1986. - 496 p. (In Russian).
[13] ***Genisaretsky, O.I.*** Tvorcheskay deiytelnost kak problema dizaina [Creative activity as a problem of design] O.I. Genisaretsky // Voprosy metodologii [Methodological problems]. 1992. № 3-4. - P. 10-28. http://www.fondgp.ru/lib/journals/vm/1992/3-4/v923gen0 (In Russian).
[14] ***Panofsky, E.*** Goticheskyaiy arhitektura i sholastika [Gothic architecture and scholasticism] / E. Panofsky // Perspektiva kak «simvoliceckaiy forma». Goticheskyaiy arhitektura i sholastika [Perspective as «symbolic form». Gothic architecture and scholasticism]. – Sc. Petersburg: Azbuka-classica, 2004. - P. 213-325. (In Russian).
[15] ***Friedman, Y.*** Toward a scientific architecture / Y. Friedman. - Cambridge (Mass), MIT Press, 1975. - 159 p.
[16] ***Rappaport, A.G.*** Forma v arhitekture. Problemy teorii i metodologii [The form in architecture. Problems of the theory and methodology] / A.G. Rappaport, G.Yu. Somov. - Moscow: Stroyizdat, 1990. – 344 P. (In Russian).
[17] Ot redakcii. Triada Vitruviya. [From the Editors. The triad of Vitruvius] // Ontologija proektirovanija [Ontology of Designing]. 2014. №4(14). - P. 5- 6.
[18] ***Vitruvius.*** Desyat' knig ob architerture [Ten Books on Architecture] / Trans. Latin F.A. Petrovsky. Ed. 2nd, corrected. - Moscow.: Editorial URSS, 2003. – 320 p. (In Russian).
[19] ***Kapustin, P.*** Notes on the System Typology of Ontological Forms of Design Thinking / P. Kapustin // R. Trappl (ed.) Cybernetics and Systems, Proceedings of the EMCSR`96. - Vienna, 1996. - P. 367-372.
[20] ***Kapustin, P.*** Units of Design Thinking and Quanta of Design Teaching / P. Kapustin // R. Trappl (ed.) Cybernetics and Systems, Proceedings of the EMCSR`98. - Vienna, 1998. - P. 227-232.
[21] ***Alexander, Chr.*** A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction. / Chr. Alexander, I. Isikawa, M. Silverstein. - Oxford Un. Pr., 1977. - 1171 p.
[22] ***Lomov, P.A.*** Primenenie patternov ontologicheskogo proektirovaniya dlia sozdania i ispolzovania ontologiyi v ramkah integrirovannogo prostranstva znaniyi [Application of ontology design patterns to development and use of ontologies in an integrated knowledge space] / P.A. Lomov // Ontologija proektirovanija [Ontology of Designing]. 2015. Vol. 5, No. 2(16). - P. 241. (In Russian).
[23] ***Grigoriev, E.P.*** Arhiekturno-stroitel'noe proektirovanie. Metodologia i avtomatizacia [Architectural and structural design. Methodology and Automation] / E.P. Grigoriev, A.A. Gusakov, J. Zejtun, S. Porada. - Moscow: Stroyizdat, 1986. - 240 p. (In Russian).
[24] ***Rappaport, A.G.*** Proektirovanie bez prototipov [Design without prototypes] / A.G. Rappaport // Razrabotka i vnedrenie avtomatiziryvannyh sistem v proektirovanii (teoria i metodologia) [Development and implementation of automated systems in the designing (theory and methodology)]. - Moscow: Stroyizdat, 1975. - P. 299-392. http://papardes.blogspot.ru/2009/08/blog-post_7059.html (In Russian).
[25] ***Borgest, N.M.*** Klyuchevyi terminy ontologii proektirovaniya: obzor, analiz, obobsheniya [Keywords of ontology of designing: review, analysis, generalization] / N.M. Borgest // Ontologija proektirovanija [Ontology of Designing]. 2013. No. 3(9). - P. 9-31. (In Russian).
[26] ***Shchedrovitsky, G.P.*** Ontologia i ontologicheskaya rabota [Ontology and ontological work] / G.P. Shchedrovitsky // Voprosy metodologii [Methodological problems]. 1996. №3-4. - P. 65-122. (In Russian).
[27] ***Shchedrovitsky, G.P.*** Znak i deyatelnost' [Sign and activities] / G.P. Shchedrovitsky // In 3 books. Bk. 1. Struktura znaka: smysly, znacheniya, znaniya [The structure of the sign: meanings, values, knowledge]. – Moscow: "Vostochnaya literature" [Eastern Literature] Russian Academy of Sciences Pub., 2005. – 463 p. (In Russian).
[28] ***Rubanenko, B.R.*** Zhylaia yacheika v budushem [Housing in the future] / B.R. Rubanenko, K.K. Kartashova, D.G. Ton et al. / Eds.: B.R. Rubanenko, K.K. Kartashova.- Moscow: Stroyizdat, 1982 - 198 p. (In Russian).
[29] ***Talapov, V.*** Tehnologiya BIM i ee zvyazuyushaya rol' dlya arhitektury raznyh epoh [BIM technology and its relation to the role of architecture from different eras] - http://isicad.ru/ru/news.php?news=17749 (In Russian).
[30] ***Borgest, N.M.*** Nauchny bazis ontologii proektirovaniya [Scientific basis for the ontology of designing] / N.M. Borgest // Ontologija proektirovanija [Ontology of Designing]. 2013. No. 1(7). - P. 7-25. (In Russian).
[31] ***Stremnev, A.Yu.*** Adaptivnoe modelirovanie v sovremennyh sistemah avtomatizirovannogo proektirovaniya [Adaptive modeling in modern systems of c omputer-aided designing] / A.Yu. Stremnev // Sovremennye naukoemkie tehnologii [Modern high technologies]. 2009. No. 2. - P. 60-90. (In Russian).
[32] ***Kapustin, P.V.*** Problemy i podhody k proektirovaniyu sovremennogo maloetazhnogo zhilogo doma [Problems and approaches to the designing of modern low-rise apartment building] / P.V. Kapustin, I.L. Churakov, D.M. Kanin // FES: Finansy. Ekonomika. Strategija [FES: Finance. Economy. Strategy.]. 2014. No. 7. - P. 25-28. (In Russian).

Сведения об авторах

Капустин Петр Владимирович (1963 г.р.) - кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой теории и практики архитектурного проектирования Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, докторант. В 1986 г. окончил Воронежский инженерно-строительный институт (ныне - Воронежский ГАСУ) по специальности архитектор. Участник нескольких организационно-деятельностных игр, проводимых Г.П. Щедровицким и его учениками. В 1999 г. защитил в Московском архитектурном институте кандидатскую диссертацию «Развитие представлений об объекте проектирования в процессах архитектурного мышления». Область научных интересов: теория архитектуры и методология проектирования. Автор более 180 научных работ по истории, теории и методологии проектирования, архитектурно-проектному образованию, теории архитектуры, дизайна, урбанистики, в т.ч. двух монографий и четырех учебных пособий. Лауреат многих международных и российских конкурсов, творческих и научных форумов.

Peter Vladimirovich Kapustin (b. 1963) - Ph.D in Architecture, Prof., Head Dept. of Theory and Practice of Architectural Design of Voronezh State University of ACE, doctoral student. In 1986 he graduated from Voronezh Institute of Civil Engineering (now - Voronezh State University of ACE), specializing architect. Member of a number of Organizational Activity Games by G.P. Shchedrovitsky and his disciples. In the Moscow Architectural Institute defended the dissertation «Development of ontological concepts in the process of designing architectural thinking» (1999). Research interests: theory of architecture and methodology of designing. Author of over 180 scientific papers on the history, theory and methodology of design, architectural and engineering education, theory of architecture design, urban studies, including two monographs and four textbooks. The winner of many Russian and international competitions, creative and scientific forums.

Канин Дмитрий Михайлович (1984 г.р.) - аспирант, преподаватель и исследователь кафедры компьютерных и интеллектуальных технологий проектирования Воронежского государственного технического университета (ВГТУ). В 2006 году окончил ВГТУ по специальности САПР. Автор учебных пособий, методических указаний и научных статей. Научные интересы: имитационное моделирование, управление в социально-экономических системах, виртуальная и дополненная реальность, человеко-машинные интерфейсы. Победитель научных и инновационных конкурсов: «Лучшая инновационная идея» (2012, 2013), «Будущие Асы компьютерного 3D-моделирования» (2014) и др.

Dmitry Mikhailovich Kanin (b. 1984) graduate student, teacher and researcher of the Department of Computer and Intelligent Design Technologies, Voronezh State Technical University. In 2006 he graduated from Voronezh State Technical University on a specialty CAD. Author of several textbooks, guidelines and scientific articles. Research interests: simulation, management of socio-economic systems, virtual and augmented reality, human-machine interfaces. He has experience in developing large software systems. Winner of a number of research and innovation competitions: «Best Innovative Idea» (2012, 2013), «The future of computer aces of 3D-modeling» (2014) and others.

Чураков Игорь Леонидович (1964 г.р.) - доцент кафедры теории и практики архитектурного проектирования Воронежского ГАСУ. Сфера интересов и практической деятельности с 1996 года – средовое развитие. Разработчик проектов в области управления недвижимостью, дополнительного профессионального образования в сфере бизнеса, развития сельских территорий, коммерциализации инноваций. Трижды стажировался за рубежом (США, ФРГ) по проблематике развития территорий и предпринимательству. Автор более 50 публикаций по теории и практике архитектурного проектирования, архитектурно-проектному образованию. Участник и победитель ряда международных и российских конкурсов в сфере архитектуры и инноватики (Воронеж – 2010, 2012, 2014), поддержки технологических инноваций (Фонд Бортника, Москва - 2014) и др.

Igor Leonidovich Churakov (b. 1964) Associate Professor of Dept. of Theory and Practice of Architectural Design of Voronezh State University of ACE. Education - architecture, economy. Sphere of interests and practices since 1996 - environmental development. Developer of projects in the field of property management, additional professional education in business, rural development, commercialization of innovations. Thrice trained abroad (USA, Germany) on issues of territorial development and entrepreneurship. Author and co-author of over 50 publications on the theory and practice of architectural design, architectural and engineering education. Participant and winner of several international and Russian competitions in architecture and innovation (Voronezh - 2010, 2012, 2014), support for technological innovation (Bortnik Fund, Moscow - 2014) and others.

УДК 519.711.74 doi:10.18287/2223-9537-2015-5-3-278-296

СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ АКТИВНОСТИ В СРЕДЕ СЛОЖНЫХ АГЕНТОВ И ЕЁ ПРИЛОЖЕНИЯ

Л.Ю. Жилякова

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
zhilyakova.ludmila@gmail.com

Аннотация

В работе предложена онтология гетерогенной сети и сетевого поведения её активных акторов (агентов), обладающих внутренней структурой. Потенциальное взаимодействие агентов задаётся взвешенным графом, вершины которого – гетерогенные автоматы с бесконечным числом состояний, а рёбра соответствуют влиянию вершин друг на друга. Активность моделируется распространением целочисленного ресурса – фишек. Вершины обмениваются фишками m различных типов в дискретном времени. Каждое ребро сети имеет m неотрицательных весов, характеризующих пропускную способность по каждому типу. На множестве типов фишек задаются отношения и операции, с помощью которых вершины могут не только изменять внутреннее состояние, но и влиять на конфигурацию активности сети в целом. В качестве приложения приведена модель пороговых взаимодействий в социальной сети с двумя видами активности и пятью типами агентов с разными порогами активации.

Ключевые слова: *сеть автоматов, распространение активности, пороговые модели, социальные сети.*

Введение

Статья посвящена формальному описанию пороговой сетевой модели, в которой распространяется несколько типов целочисленного ресурса (фишек). Вершины такой сети представляют собой автоматы со слотами для некоторых типов фишек. Состояние вершин зависимости от количества фишек каждого типа.

Исследованию динамических сетевых моделей посвящено большое число работ. Но, несмотря на разнообразие подходов и широкий диапазон моделируемых задач, в основном это модели распространения *одного* вида активности. Большой класс таких моделей описывается случайными блужданиями или рассеянием на графах (см., например, обзорные работы [1, 2]). Предлагаемая в настоящей работе модель частично заимствует свойства моделей рассеяния на графах. Основное её сходство с моделями рассеяния состоит в том, что при распространении активности не делается предпочтения по путям. Если вершина отдаёт фишки, она отдаёт их одновременно во все исходящие ребра в пропорции, заданной их пропускными способностями.

Модель является расширением ресурсной сети, предложенной О.П. Кузнецовым и описанной в [3–6] и др. Однако у неё имеется ряд основополагающих отличий от ресурсной сети. В первую очередь это сложная структура вершин – в ресурсной сети вершины могли лишь хранить один вид ресурса и «выстреливали» на каждом такте времени. Не менее важными отличиями являются целочисленность предложенной модели и m-взвешенность рёбер, что, по сути, соответствует тому, что каждая пара смежных вершин связана между собой m рёбрами – по одному для каждого типа фишек. Целочисленные пороговые модели на ориентированных и неориентированных графах хорошо исследованы и описаны аналитически.

В [2, 7–10], и ряде других работ описывается игра выстреливания фишек (*chip-firing game*), которая представляет собой графовую пороговую модель, в которой каждая вершина имеет возможность совершить выстрел, только если она имеет больше фишек, чем суммарная пропускная способность исходящих из неё дуг. Такими пороговыми моделями, в частности, описываются явления самоорганизующейся критичности «лавина» или «куча песка (риса)» [11–14]. В основном в этих моделях рассматриваются сети последовательных выстреливаний, когда вершины стреляют по очереди в случайном порядке. Было доказано, что если конечная конфигурация существует, она не зависит от порядка выстреливаний. Поэтому такие модели часто называют «абелевыми кучами песка» [13–14].

Предложенная в настоящей статье модель предполагает, что каждая вершина содержит несколько вершин, описанных в модели *chip-firing game*, в виде слотов, но не является их простой суммой. В зависимости от состояния вершина может по-разному реагировать на приход фишек разного типа, в том числе изменять тип пришедших фишек и перекладывать их в другие слоты. Похожие эффекты моделируются в генных сетях [15]. Генная сеть задаётся ориентированным помеченным графом, вершины которого трактуются как некие биологические элементы, имеющие разную степень концентрации, изменяющуюся во времени. При этом сеть может быть разнородной в том смысле, что различные её фрагменты могут функционировать в соответствии с различными правилами. Процессы в генных сетях описываются, как правило, дифференциальными уравнениями [16], однако к нашей задаче гораздо ближе дискретные автоматные модели [17]. Динамику сети можно рассматривать как последовательность состояний, переходы между которыми определяются её структурой.

Для описания генных регуляторных сетей С. Кауфман в 1969 г. предложил модель, которую назвал случайной булевой сетью [18]. За прошедшее время булевы сети завоевали признание во многих областях. Их применяют в информационной биологии, в социальных науках, в частности, в математическом моделировании социальных сетей [19–20], дискретно-автоматные модели используются для исследования феномена конформного поведения [21].

В настоящей работе предлагаются целочисленные многопродуктовые сети автоматов, не сводимые к булевым сетям. Отдельно рассмотрен редуцированный частный случай предложенной общей модели для моделирования распространения двух видов противоположной активности в социальной сети.

Исследование социальных сетей – достаточно молодая и активно развивающаяся область. Уже получено много интересных результатов об общих закономерностях структуры социальных сетей (свойство тесного мира, степенной закон распределения степеней (безмасштабность), модулярность, феномен клуба богатых, ассортативность и т.д.) и о происходящих в них различных динамических процессах [22, 23]. Условно динамику сетей можно разбить на два взаимовлияющих класса: более медленная динамика изменения топологии и более быстрая динамика распространения активности.

В области моделирования процессов распространения активности в социальных сетях разрабатываются разнообразные математические модели: модели с порогами и модели независимых каскадов [24–27], модели распространения эпидемий [28, 29], модели марковских цепей [30–32] и ряд других. На основе этих моделей решаются различные задачи оптимизации, в частности, определения начального множества активных агентов, которые обеспечивают максимальное распространение активности по сети [24, 33]. Модели управления социальными сетями были предложены и развиты в ряде работ [33–36].

Отдельная большая область – моделирование влияния и влиятельности – связана с исследованиями в политологии и социальной психологии. В этой области исследуются взаимосвязи социальной власти и социального влияния, взаимовлияния большинства и меньшинства, разрабатываются модели убеждений и социального воздействия [37–40].

В многоагентных системах важной задачей является поиск консенсуса между агентами для выполнения согласованных действий и для принятия коллективных решений. Математическая модель поиска консенсуса в сети агентов с заданной матрицей влияний была построена в [41]. Онтологический подход при поиске согласованных решений описан в [42, 43].

Еще одно направление связано с разработкой методов расчета влиятельности пользователей. Для таких расчетов модифицируют методы ранжирования веб-страниц и наукометрические методы [44, 45]. Влияние агента является числом и определяет силу взаимодействия; природа влияния не раскрывается.

В настоящей статье в качестве приложения гетерогенной автоматной модели описана модель распространения двух антагонистических видов активности в социальной сети, агенты которой наделены внутренней структурой и рассчитывают своё состояние исходя из активности смежных вершин и из своих личностных предпочтений, заданных несколькими параметрами. Таким образом, имеется сеть неоднородных автоматов, каждый из которых выбирает действие на текущем такте дискретного времени в зависимости от состояния влияющих на него автоматов и от своего внутреннего состояния.

1 Описание модели

Сеть задаётся ориентированным графом $G = (V, E)$, $|V| = n$.

Задано множество типов (цветов) фишек $C = \{○, ●, \ldots, ●\}$. $|C| = m$. Будем называть эти цвета их номерами: $C = \{1, 2, \ldots, m\}$.

Вершины сети $v_i \in V$ – автоматы, содержащие некоторое количество *слотов* для хранения фишек. Слот типа k может хранить фишки типа k, $k \in [1, \ldots, m]$. Всего существует $2^m - 1$ наборов слотов из m цветов. В сети могут присутствовать вершины, содержащие произвольные наборы.

Сеть, в которой имеются вершины, содержащие разные наборы слотов, будем называть *гетерогенной*.

Вершины сети с различными наборами слотов представлены на рисунке 1.

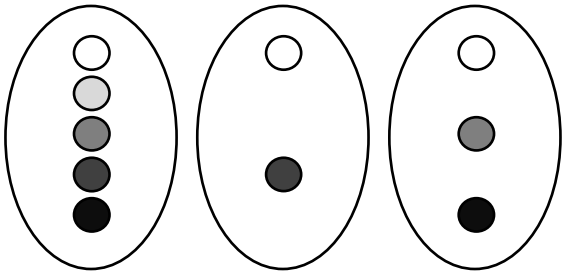


Рисунок 1 – Вершины, содержащие разные наборы слотов

Слоты в вершине на каждом такте времени t могут иметь фишки своего типа или оставаться пустыми. Пустые слоты потенциально способны иметь фишки. Если вершина не имеет слота для данного цвета, то эти фишки она принять не может.

На рисунке 2 схематически показаны различия между пустым слотом (0 фишек) и отсутствием слота (null).

Количества фишек в каждом слоте задают *состояние* вершины на такте t. Состояние вершины – вектор длины m, в котором для каждого типа с имеющимся слотом указывается количество фишек (если фишек нет, то значением будет 0); для несуществующих у данной вершины типов указывается значение null.

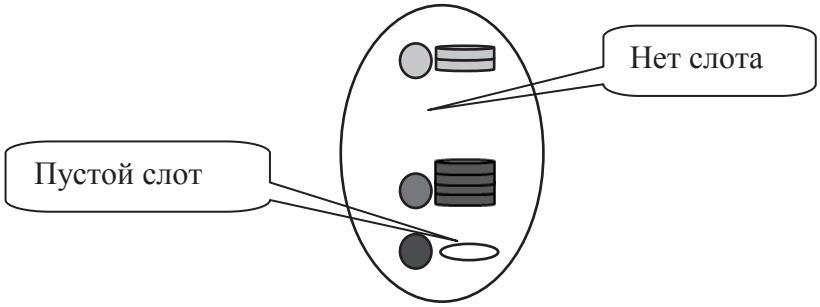


Рисунок 2 – Фишки в вершинах

Количество фишек типа c_l в вершине v_i – соответственно $q_{il}(t)$; состояние вершины – вектор $Q_i(t)$ длины m.

Состояние сети – матрица $(Q(t))_{n\times m}$.

Вершины обмениваются фишками в дискретном времени t по ребрам, имеющим различные пропускные способности.

Пропускные способности – целочисленные величины. Каждое ребро имеет m пропускных способностей: по каждому типу они могут различаться. Если ребро не может проводить фишки определённого типа, пропускная способность его по этому типу равна нулю.

Сеть, состоящая из трёх вершин с разной внутренней структурой и связывающих их рёбер, представлена на рисунке 3.

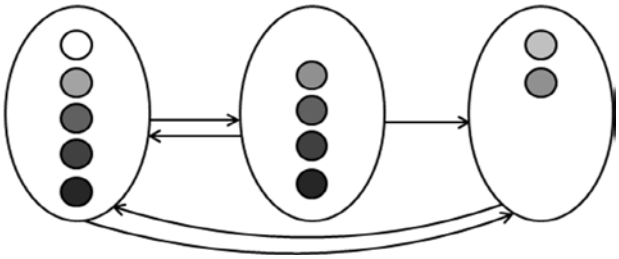


Рисунок 3 – Фрагмент сети – вершины с разными наборами слотов и связывающие их рёбра

Каждый слот в вершине имеет некоторую глубину (рисунок 4). Глубина слота – это порог активности. Если глубина слота нулевая, вершина становится активной, получив единственную фишку данного цвета.

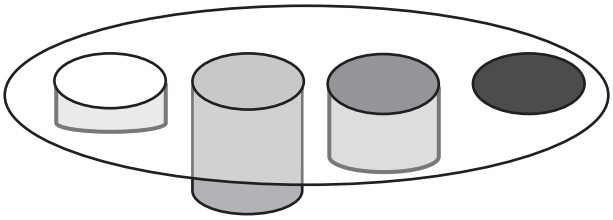


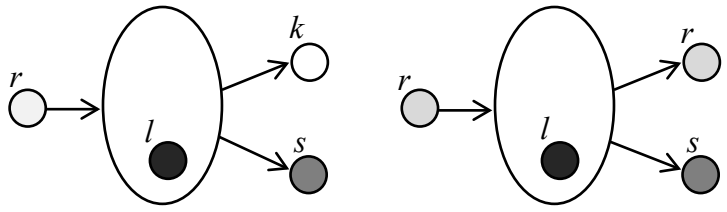
Рисунок 4 – Глубина слотов вершины

1.1 Отношения на типах фишек

На типах фишек задаются различные отношения, поэтому рёбра могут существовать не только между вершинами, имеющими одинаковые слоты. Таким образом, сеть не распадается на m одноцветных сетей, наложенных друг на друга.

Замечание. Термин «отношение» используется здесь в теоретико-множественном смысле. Рассматриваются отношения арности от 2 до 4. Для каждого бинарного отношения можно определить свойства рефлексивности, симметричности и транзитивности. Однако под отношением также понимается способность типов вступать в некоторое взаимодействие друг с другом. В этом ключе заданные нами подмножества соответствующих степеней множества C определяются своей семантикой.

1) *Отношение эквивалентности*. Каждый тип эквивалентен сам себе. Вершины с одинаковыми слотами могут обмениваться фишками одинакового типа, если они смежны.
2) *Отношение заменимости*: $l \to r$. Если в вершину v_i, связанную с вершиной v_j ребром e_{ij}, на такте t пришли фишки типа l, а в вершине j нет слота l, но имеется слот r, то она получит ресурс типа l, «чужой» для неё с некоторой вероятностью p_{lrij}, зависящей от типов l и r и от пропускной способности ребра.
   Фишки, попадая не в свой слот, изменяют цвет на цвет слота.
   Это бинарное отношение антирефлексивно, несимметрично и нетранзитивно.
3) *Отношение склеивания* (тернарное отношение). Тот факт, что тройка (r, l, k) принадлежит этому отношению, будем записывать как «$r + l = k$». Если в вершине нет слотов типа r и l, но есть слот типа k, то получив по фишке типов r и l, она положит в свой слот фишку k.
4) *Отношение расщепления.* Будем записывать его в виде: $r + l = k + s$. Это отношение может быть трёх- и четырёхместным.
   Если в слоте l есть фишка, и к нему приходит фишка типа r, то фишка типа l исчезает, а на выход передаются фишки типов k и s (рисунок 5*a*). Это отношение превращается в трёхместное, если тип фишки на входе совпадает с типом одной из фишек на выходе, т.е. $k = r$, (рисунок 5*b*).
   Операция «сложения» слева от знака равенства некоммутативна. Так, если выполняется $r + l = k + s$, равенство $l + r = k + s$ может не выполняться, так как оно соответствует конфигурации, представленной, на рисунке 6, которая не эквивалентна конфигурации на рисунке 5*a*.



(*a*) (*b*)

Рисунок 5 – Два типа отношения расщепления: (*a*) – четырёхместное отношение, (*b*) – трёхместное отношение

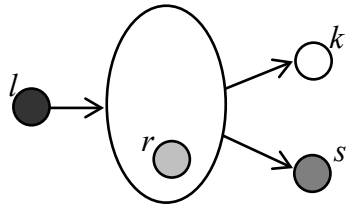


Рисунок 6 – Расщепление, двойственное расщеплению на рисунке 5а

5) *Отношение катализа*: $r \uparrow l$ приход в вершину фишек типа r запускает внутреннюю реакцию, в результате которой возникают фишки в слоте l. Это отношение антирефлексивно, несимметрично и нетранзитивно.
6) *Отношение блокировки*: $r \geq l$. Если один тип превосходит другой, то вершина, имеющая фишки большего типа выше порогового значения (активная по б*о*льшему типу), не может активизироваться по меньшему типу, даже если смежные с ней вершины активны по меньшему типу. Это отношение является частичным порядком.
7) *Отношение вытеснения*: $r \lceil k$. Если вершина v_i, имеющая слоты типов r и k, на такте t получила фишки типа r, на такте $t + 1$ из слота k исчезнут все фишки, которые там были. Это отношение может быть симметричным и несимметричным.

1.2 Функционирование сети

1.2.1 Динамика количества фишек

Модель является открытой. Фишки в ней появляются, исчезают и изменяют тип. Выполнение закона сохранения не является обязательным ни для каждого отдельно взятого типа, ни для суммарного количества фишек в целом. Однако поскольку в настоящем разделе мы описываем лишь некоторую концепцию сети гетерогенных автоматов с несколькими видами активности, то вполне возможно, что при частных её реализациях появится требование сохранения количества фишек определённого типа.

Некоторые вершины сети способны генерировать фишки определённого типа (на рисунке 7 они обозначены звездочками).

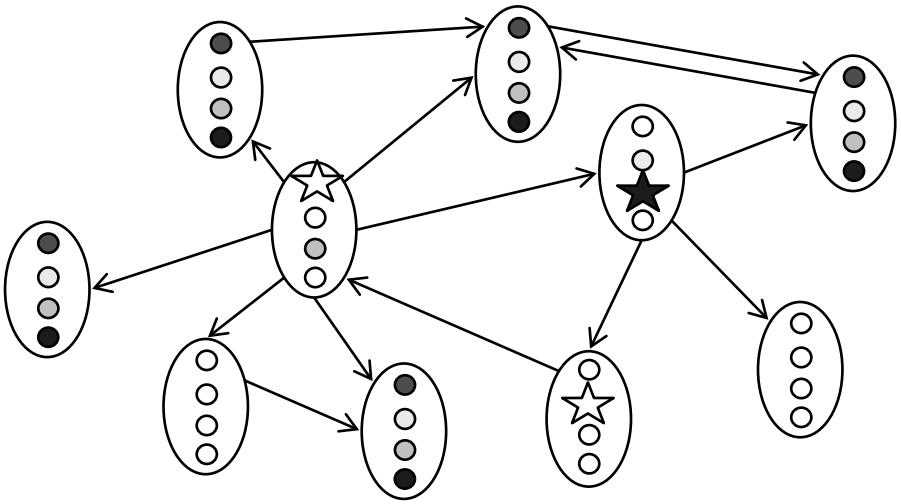


Рисунок 7 – Сеть с вершинами, генерирующими фишки

Другая интерпретация появления нового ресурса в сети – его приход через множество граничных вершин, способных принимать фишки того или иного типа извне. Заметим, что в терминах модели нельзя отличить, были ли эти фишки сгенерированы самой вершиной или получены из какого-либо внешнего источника. Поэтому будем считать, что в некоторых помеченных вершинах фишки могут возникать случайным образом. На каждом такте t возникновение фишек типа k происходит стохастически – с некоторой вероятностью p_k, $k = 1, \ldots, m$.

Вероятности могут зависеть не только от типа фишек, но также от того, в какой вершине находится слот. Более того, p_k могут быть функциями от текущего состояния сети: количества фишек каждого типа.

В сети может происходить не только возникновение, но и исчезновение фишек. Исчезать могут фишки во всех вершинах. При долгом бездействии по определённому типу вершина, имеющая подпороговое количество фишек этого типа, начинает их терять. Этот процесс можно интерпретировать как забывание.

1.2.2 Распространение фишек

Если количество фишек данного типа в вершине v_i в момент t не превосходит глубину слота, то на данном такте вершина по этому типу не активна. Если в вершине на такте t количество фишек определённого типа превысило глубину слота, она активизируется по этому типу.

Активность в сети будем называть *постоянной*, если при её функционировании каждый тип фишек остаётся неизменным, то есть фишки не вступают в отношения заменимости, склеивания, расщепления и катализа. Постоянная активность, в свою очередь, может быть чистой и смешанной (по нескольким не конкурирующим типам).

Переменная активность – это активность, в которой хотя бы раз произошла смена цвета фишек.

По способу распространения фишки делятся на *тиражируемые* и *нетиражируемые*.

Тиражируемые фишки при превышении глубины слота уходят из вершины по всем выходным исходящим ребрам – по полной пропускной способности в каждое ребро. Слот при этом теряет долю μ находившихся в нём фишек. Распространение тиражируемых фишек хорошо описывает информационные процессы в социальных сетях.

Нетиражируемые фишки при «выстреливании вершины» отдаются в рёбра в очерёдности, соответствующей пропускным способностям: в каждое ребро поочерёдно отдаётся по полной пропускной способности, начиная с наибольшей. Процесс завершается, когда фишки сверх порогового значения заканчиваются. Очерёдность может изменяться для конкретных моделей. Закон сохранения для нетиражируемых фишек может не выполняться, так как они стохастически «вбрасываются» в сеть при функционировании и «забываются» при отсутствии данной активности.

В зависимости от моделируемой предметной области в сети могут быть только тиражируемые или только нетиражируемые фишки.

2 Модель социальной сети с пятью типами агентов

Рассмотрим социальную сеть с множеством агентов $V = \{v_1, v_2, ..., v_n\}$, заданную ориентированным графом $G = (V, E)$, где $E \subseteq V \times V$ – множество взвешенных рёбер. Агенты в сети влияют друг на друга – наличие ребра e_{ij} от вершины v_i к вершине v_j соответствует влиянию i-го агента на j-го, а его вес $r_{ij} \in \mathbf{N}$ обозначает степень влияния.

Вершины представляют собой автоматы, которые могут находиться в счётном множестве состояний. На каждом шаге дискретного времени t вершина выбирает одно из трёх действий: два вида активности и бездействие.

В сети передаются фишки двух типов. Будем называть эти типы 1 и 2. Типы 1 и 2 – два вида антагонистической активности (революционная/реакционная, созидательная/разрушительная, движение остроконечников/тупоконечников и т.п.).

Пропускная способность рёбер по обоим типам активности полагается одинаковой.

2.1 Состояния агентов и их взаимное влияние

Агенты в сети представлены автоматными вершинами, имеющими два слота некоторой глубины – по одному для каждого типа активности. Глубины слотов вершины v_j будем обозначать d_{j1}, d_{j2}. Кроме этого, у каждой вершины есть два параметра, показывающие отношение агента к каждому из видов активности: $s_{jk} \in \{-1, +1\}$, $k = 1, 2$. Положительное отношение задаётся значением параметра +1, отрицательное, соответственно, –1 (рисунок 8).

Отношения вершины к двум видам активности могут комбинироваться по-разному. В таблице 1 представлены все возможные комбинации.

В случаях 1 и 2, когда оба параметра s_{jk} и $s_{j,3-k}$ имеют разные знаки, агенты имеют внутренние убеждения относительно видов активности, при этом один из них расценивают как положительный, другой – как отрицательный. При этом глубины слотов для двух видов активности могут сильно отличаться. Глубина слота соответствует порогу активации вершины,

и поэтому, чем она меньше, тем легче вершина активируется. Для случаев 1 и 2 активность со знаком «+» будем называть для вершины *своей*. Какой бы слот ни заполнился раньше, вершина активируется только по своему типу.

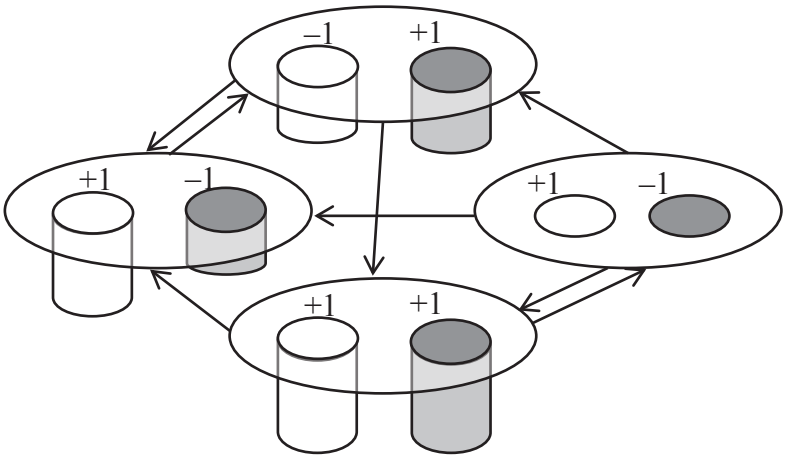


Рисунок 8 – Структура агентов социальной сети

Таблица 1 – Комбинации значений параметров s_{j1}, s_{j2} для отдельной вершины

Случаи	s_{j1}	s_{j2}
1.	+1	–1
2.	–1	+1
3.	+1	+1

Случай 3 описывает ситуацию, когда агент не имеет чётко выраженной позиции к данным типам активности. Однако он тоже может стать активным, если превышен его порог активации. При этом он активизируется по тому типу, для которого произойдет наполнение слота. Такой агент поддаётся очарованию толпы и действует с большинством. Если наполнение двух слотов произошло в один и тот же момент времени, в качестве «своего» вершина выбирает один из них с равной вероятностью.

Случай $s_{jk} = s_{j,3-k} = -1$ не рассматривается, так как такой агент не может начать действовать ни по одному из типов.

Глубины слотов d_{j1}, d_{j2} линейно зависят от полустепени захода вершины v_j. В пороговых моделях распространения активности вершина активируется, если доля её активных соседей превышает некоторый порог. В нашей модели в качестве порога выступает глубина слота, поэтому для того чтобы задать аналог доли активных вершин, зададим глубины формулами:

(1) $$d_{jk} = \alpha_{jk} r_j^{in},\ k = 1, 2.$$

Здесь r_j^{in} – полустепень захода вершины v_j. Глубины слотов зависят (каждая со своим коэффициентом α_{jk}) от взвешенного количества вершин, влияющих на данную; причём, весом служит сила влияния каждой из вершин.

Таким образом, при неизменной топологии сети каждая вершина однозначно определяется четырьмя параметрами: α_{j1}, α_{j2}, s_{j1}, s_{j2}.

Параметры α_{jk} не просто задают взвешенную долю активных вершин, соседних с данной. Глубины слотов введены затем, чтобы в модели естественным образом учитывалась память, и если процесс протекает более одного такта, величины α_{jk} задают пороговые значения текущей активности соседей вершины с учётом их предыдущей активности.

Из формулы (1) следует, что глубины слотов могут быть нецелочисленными. Ресурс, содержащийся в слотах, также может быть нецелочисленным. Внутренние состояния вершин на каждом такте определяются «наполнением» двух слотов и могут иметь нецелые значения. В отличие от «фишек», представляющих внутреннюю активность вершины, наполнение слотов будем называть «ресурсом», чтобы подчеркнуть его нецелочисленность. Входящие в вершину фишки суммируются с внутренним ресурсом, определяющим её состояние. Состояние вершины зависит не только от числа активных соседей на данном такте (как обычно бывает в пороговых моделях), но и от истории развития процесса. Эта зависимость нелинейна. Если бы фишки в неактивных вершинах на каждом такте просто суммировались, любая вершина, глубины слотов которой меньше бесконечности, рано или поздно стала бы активной.

Если вершина активируется, она выстреливает фишками, отдавая в каждое выходное ребро по полной пропускной способности, независимо от того, сколько ресурса было в её слотах. Оба слота при этом опустошаются, и их история начинается заново.

Рассмотрим закон изменения ресурса в слотах при распространении активности в сети.

Будем подразумевать, что такт времени в сети состоит из двух полутактов. На первом полутакте в зависимости от своего текущего состояния вершина либо молчит, либо активируется по своему типу. В конце первого полутакта слоты всех активных вершин опустошаются. На втором полутакте вершины принимают фишки из других вершин и пересчитывают содержимое слотов.

Обозначим через $c_{jk}(t)$ количество ресурса типа k в вершине v_j в конце такта t. Эти значения соответствуют состоянию, в котором вершина получила фишки типов 1 и 2, вышедшие из смежных вершин на первом полутакте, и пересчитала значения в своих слотах.

Пусть $c_{jk}^{in}(t)$ – количество фишек типа k, пришедших в вершину v_j в конце такта t, $k = 1, 2$. Тогда:

$$c_{jk}(t) = \mu c_{jk}(t-1) + c_{jk}^{in}(t),$$

где $0 < \mu < 1$ – коэффициент дисконтирования.

Зависимость состояния слота k вершины v_j на такте $t + n$ от истории, начиная с такта t, описывается формулой:

$$c_{jk}(t+n) = \mu^n c_{jk}(t) + \ldots + \mu c_{jk}(t+n-1) + c_{jk}^{in}(t).$$

Таким образом, варьируя значение μ, можно получить системы с разной длиной и силой памяти. При малых значениях μ состояния на прошлых тактах оказывают незначительное влияние на текущее состояние. При $\mu = 0$ получится классическая пороговая модель распространения активности (с тем отличием, что в классической модели распространяется одна активность, а не два противоположных вида). При $\mu = 1$ имеем линейное накопление ресурса в слотах. Такая модель приведёт к активности всей сети в некоторый конечный момент времени. Промежуточные значения вместе с наборами параметров вершин задают различные типы динамики активности в сети.

2.2 Глубина слотов

Опишем интерпретацию глубины слотов в терминах свойств агентов социальной сети. Пусть некоторая вершина v_j имеет набор параметров: $\{s_{j1}, s_{j2}, \alpha_{j1}, \alpha_{j2}\} = \{+1, -1, 0.2, 0.99\}$. Первые два параметра – s_{j1} и s_{j2} – означают, что агент имеет некоторые убеждения, и первую активность считает *своей*. Параметры α_{j1} и α_{j2} задают толерантность агента к активности своего окружения. Чем выше их значения, тем устойчивее агент к внешней активности. Так, агент, описываемый вершиной v_j, легко активизируется в благоприятной (дружественной) среде, и почти никогда - в среде с чуждыми ему убеждениями. Набор параметров {+1, –1, 0.99, 0.2} характеризует агента с сильным чувством противоречия. Если вокруг превалирует

«своя» для него активность, он молчит, потому что всё хорошо и без его участия. Однако, если активность для него чужеродна, он считает своим долгом активизироваться сам – в противовес большинству. Если у агента оба порога низки, это означает, что он легко активизируется при любой внешней активности. Большая высота обоих порогов характеризует осторожных агентов.

Напомним, что какой бы слот ни наполнился первым, агент, для которого $s_{j1} \times s_{j2} < 0$, всегда активизируется по *своему* типу. При этом оба слота становятся пустыми.

2.3 Типы агентов

Любая вершина задается четвёркой: $v_j \leftrightarrow \{s_{j1}, s_{j2}, \alpha_{j1}, \alpha_{j2}\}$, а её состояние определяется набором $c_i(t)$, $i = 1, 2$. По значениям параметров $s_{j1}, s_{j2}, \alpha_{j1}, \alpha_{j2}$ каждая вершина представляет агента одного из попарно непересекающихся классов:

$$V = V_{R1} \cup V_{R2} \cup V_A \cup V_C \cup V_P,$$

где

- V_{R1} – агенты-революционеры;
- V_{R2} – агенты-реакционеры;
- V_A – осмотрительные агенты;
- V_C – агенты-конформисты;
- V_P – пассивные агенты.

Каждый класс характеризуется своим набором состояний и правилами выбора действия.

Рассмотрим наборы действия для каждого из перечисленных типов.

Революционеры и реакционеры

Количество вершин в классах V_{R1} и V_{R2} относительно мало. Это те пассионарные агенты, которые не имеют порога активации.

Четвёрка $\{s_{j1}, s_{j2}, \alpha_{j1}, \alpha_{j2}\}$ для *агентов-революционеров* имеет вид: $\{+1, -1, 0, 0\}$, для *агентов-реакционеров* – соответственно: $\{-1, +1, 0, 0\}$.

У этих вершин нет памяти. Они становятся активными, как только к ним приходит фишка любого цвета. Революционеры отличаются от реакционеров лишь тем, что они могут начинать активность. Реакционеры – лишь отвечают на активность других агентов сети.

Осмотрительные агенты

Осмотрительные агенты, так же как и агенты первых двух типов, имеют свои убеждения, то есть, для них выполняется: $s_{j1} \times s_{j2} < 0$. Однако они склонны действовать осторожно, и коэффициенты α_{j1}, α_{j2} у этих агентов варьируются в интервалах (0, 1), не принимая крайних значений.

Конформисты

Агенты-конформисты не отдают предпочтения виду активности. Для них $s_{j1} = +1$, $s_{j2} = +1$. Параметры α_{j1}, α_{j2}, как правило, равны между собой, хотя могут колебаться в достаточно широком диапазоне.

При малых значениях α_{j1}, α_{j2}, имеем «агентов-хулиганов», поддерживающих любую активность ради самой активности. При больших значениях α_{j1}, α_{j2}, агент активизируется, поддаваясь влиянию большой толпы.

Пассивные агенты

Пассивные агенты всегда имеют $\alpha_{j1}, \alpha_{j2} = \infty$, и никакая активность соседних вершин не в состоянии вовлечь эти вершины в активность.

2.4 Примеры функционирования сети

Пример 1. Рассмотрим функционирование сети, представленной графом с тремя вершинами. В сети присутствуют агент-революционер (вершина 1), агент-конформист (вершина 2) и осмотрительный агент (вершина 3). Параметры представлены на рисунке 9. Все пропускные способности равны 1.

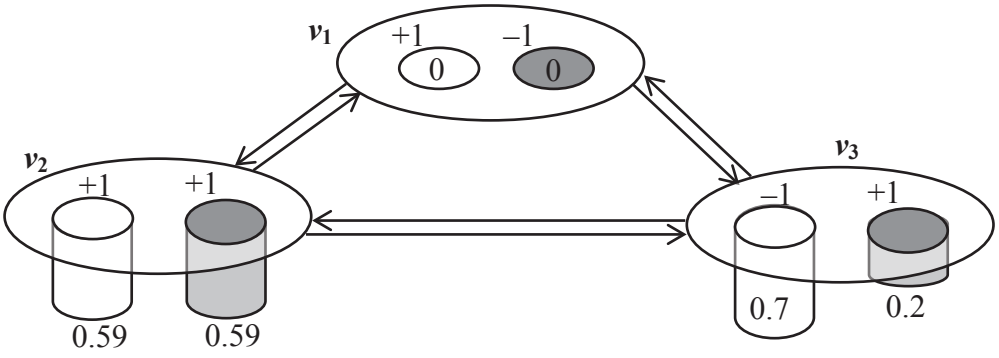


Рисунок 9 – Сеть с тремя агентами

Рассмотрим динамику сети при $\mu = 0.1$. Типы активностей будем обозначать 1 и 2.

Приведем основные характеристики вершин в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры вершин сети с тремя агентами

Агенты	r_j^{in}	α_{j1}	α_{j2}	d_{j1}	d_{j2}
v_1	2	0	0	0	0
v_2	2	0.59	0.59	1.18	1.18
v_3	2	0.7	0.2	1.4	0.4

Два полутакта такта t будем обозначать как $t.1$ и $t.2$.

- $t = 1.1$. Вершина v_1 выстреливает двумя фишками в вершины v_2 и v_3.
- $t = 1.2$. Количество фишек в слотах вершин будет следующим:

$$c_{11}(1) = 0, \qquad c_{12}(1) = 0;$$
$$c_{21}(1) = 1, \qquad c_{22}(1) = 0;$$
$$c_{31}(1) = 1, \qquad c_{32}(1) = 0.$$

Пороги вершин v_2 и v_3 не превышены.

- $t = 2.1$. Вершины v_2 и v_3 молчат. Вершина v_1 вновь выстреливает двумя фишками в вершины v_2 и v_3.
- $t = 2.2$:

$$c_{11}(2) = 0, \qquad c_{12}(2) = 0;$$
$$c_{21}(2) = 0.1 \cdot 1 + 1 = 1.1, \qquad c_{22}(2) = 0;$$
$$c_{31}(2) = 0.1 \cdot 1 + 1 = 1.1, \qquad c_{32}(2) = 0.$$

Пороги вершин v_2 и v_3 снова не превышены, и на такте $t = 3$ они снова молчат.

Легко видеть, что $c_{21}(n) = c_{31}(n) = 1.1\ldots1$, и этого значения не достаточно, чтобы достичь глубины слотов в обеих вершинах. Они молчат всегда, сколь долго бы ни была активна вершина v_1. Таким образом, вершине v_1 не удаётся активизировать соседние с ней вершины.

Пример 2. Рассмотрим динамику в той же сети с параметром $\mu = 0.2$.

- $t = 1.1$. Вершина v_1 выстреливает двумя фишками в вершины v_2 и v_3.
- $t = 1.2$:

$$c_{11}(1) = 0, \qquad c_{12}(1) = 0;$$
$$c_{21}(1) = 1, \qquad c_{22}(1) = 0;$$

$c_{31}(1) = 1,$ $c_{32}(1) = 0.$

Пороги вершин v_2 и v_3 не превышены.

- $t = 2.1$. Вершины v_2 и v_3 молчат. Вершина v_1 выстреливает двумя фишками в вершины v_2 и v_3.
- $t = 2.2$. Количество фишек в слотах вершин будет следующим:

$c_{11}(2) = 0,$ $c_{12}(2) = 0;$
$c_{21}(2) = 0.2\cdot1 + 1 = 1.2,$ $c_{22}(2) = 0;$
$c_{31}(2) = 0.2\cdot1 + 1 = 1.2,$ $c_{32}(2) = 0.$

Ресурс в вершине v_2 превысил порог, в вершине v_3 – нет.

- $t = 3.1$. Вершины v_1 и v_2 выстреливают фишками типа 1. Вершина v_3 молчит.
- $t = 3.2$:

$c_{11}(3) = 1,$ $c_{12}(3) = 0;$
$c_{21}(3) = 1,$ $c_{22}(3) = 0;$
$c_{31}(3) = 0.2\cdot1.2 + 2 = 2.24,$ $c_{32}(3) = 0.$

- $t = 4.1$. На этом такте вершина v_2 молчит, потому что, выстрелив, она утратила весь запас ресурса в слоте, и ей нужно набирать его заново. Вершина v_3 стреляет, причём, хотя у неё превышена глубина слота 1, активируется она по типу 2. Вершина v_1 стреляет, как и раньше, фишками типа 1.
- $t = 4.2$:

$c_{11}(4) = 0,$ $c_{12}(4) = 1;$
$c_{21}(4) = 0.2\cdot1 + 1 = 1.2,$ $c_{22}(4) = 1;$
$c_{31}(4) = 1,$ $c_{32}(4) = 0.$

- $t = 5.1$. Вершины v_1 и v_2 выстреливают по типу 1. Вершина v_3 молчит.
- $t = 5.2$:

$c_{11}(5) = 1,$ $c_{12}(5) = 0;$
$c_{21}(5) = 1,$ $c_{22}(5) = 1;$
$c_{31}(5) = 0.2\cdot1 + 2 = 2.2,$ $c_{32}(5) = 0.$

- $t = 6.1$. Вершина v_1 выстреливает по типу 1. Вершина v_3 выстреливает по типу 2. Вершина v_2 молчит.
- $t = 6.2$:

$c_{11}(6) = 0,$ $c_{12}(5) = 1;$
$c_{21}(6) = 1.2,$ $c_{22}(5) = 1.2;$
$c_{31}(6) = 1,$ $c_{32}(5) = 0.$

- $t = 7$. С этого шага вершина v_2 вносит неопределённость в дальнейшую динамику сети, так как она имеет одинаковой количество ресурса в двух слотах и с равной вероятностью может стать активной по каждому из типов.

Схематично представим эту динамику на рисунке 10.

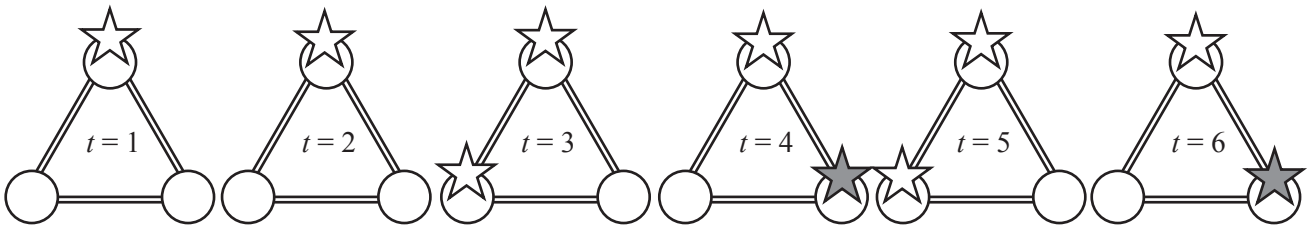


Рисунок 10 – Первые шесть тактов динамики сети, заданной на рисунке 9 с параметром $\mu = 0.2$

Пример 3. Рассмотрим эту же сеть, заменив параметры α_{21} и α_{22} со значения 0.59 на 0.4 (рисунок 11). Параметру μ вернём при этом значение 0.1, как было в первом примере.

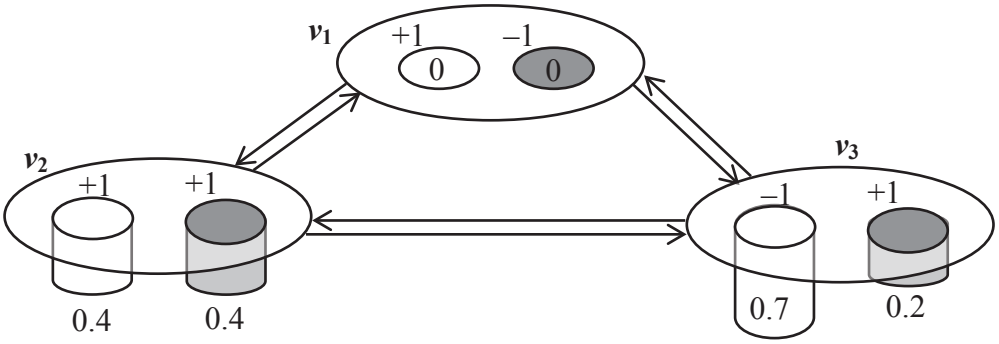


Рисунок 11 – Сеть с тремя агентами при новых параметрах второго агента

Таблица с характеристиками вершин будет следующей.

Таблица 3 – Измененные параметры вершин сети с тремя агентами

Агенты	r_j^{in}	α_{j1}	α_{j2}	d_{j1}	d_{j2}
v_1	2	0	0	0	0
v_2	2	0.4	0.4	0.8	0.8
v_3	2	0.7	0.2	1.4	0.4

Рассмотрим динамику полученной сети.

- $t = 1.1$. Вершина v_1 выстреливает двумя фишками в вершины v_2 и v_3.
- $t = 1.2$:

$c_{11}(1) = 0$, $c_{12}(1) = 0$;
$c_{21}(1) = 1$, $c_{22}(1) = 0$;
$c_{31}(1) = 1$, $c_{32}(1) = 0$.

Пороги вершин v_2 и v_3 не превышены.

- $t = 2.1$. Вершины v_2 и v_3 молчат. Вершина v_1 выстреливает двумя фишками в вершины v_2 и v_3.

$c_{11}(2) = 1$, $c_{12}(2) = 0$;
$c_{21}(2) = 1$, $c_{22}(2) = 0$;
$c_{31}(2) = 0.1 \cdot 1 + 2 = 2.1$, $c_{32}(2) = 0$.

- $t = 2.2$. Активируется вершина v_2. (Легко видеть, что одной фишки из v_1 вершине v_2 достаточно, чтобы быть активной всегда.)
- $t = 3.1$. На этом такте активны все три вершины. Третья, как и раньше, активна по типу 2.
- $t = 3.2$:

$c_{11}(3) = 1$, $c_{12}(3) = 1$;
$c_{21}(3) = 1$, $c_{22}(3) = 1$;
$c_{31}(3) = 2$, $c_{32}(3) = 0$.

Начиная с третьего такта все вершины сети активны, причём, активность вершин v_1 и v_3 детерминирована (тип 1 для v_1 и тип 2 для v_3), активность вершины v_2 изменяется стохастически.

Эти три примера наглядно показывают, что даже в такой простой сети, представленной полным графом с тремя вершинами, небольшие изменения малого числа параметров приводят к совершенно несходным траекториям.

Заключение

В работе представлена онтологическая модель сети неоднородных автоматов, в которой распространяется несколько видов целочисленного ресурса (фишек). Модель предназначена для описания систем с несколькими видами взаимодействующих активностей. Изложены основные концепции построения модели и предложен ряд отношений на типах фишек, который может изменяться и пополняться в зависимости от моделируемой предметной области.

По существу модель представляет собой онтологию проектирования [46, 47] различных предметных областей со сложными акторами и несколькими видами активности, которой они могут обмениваться.

Описано применение этой модели (с двумя типами фишек и редуцированным набором отношений) при исследовании динамических процессов, происходящих в социальной сети с двумя антагонистическими видами активности. Предложен инструмент, позволяющий настраивать индивидуальные пороги активации вершин, в зависимости от количества влияющих на них соседей, осторожности агента, отношения его к двум видам активности и глубины памяти. Показано, что управление этими параметрами задает широкий диапазон паттернов активности в сети.

Однако нам представляется, что социальные сети – далеко не единственная возможная область использования предложенного аппарата. Основные концепции предложенной онтологии могут применяться при проектировании сетевых сервисов, мест массового скопления людей, миграционных процессов, потоков видов транспорта в мегаполисах и на междугородных и международных линиях. Все эти области объединяют общие свойства: неоднородность трафика, внутренняя структура вершин и наличие хабов, в которых может происходить коммутация различных потоков.

Кроме этого, не в последнюю очередь эту работу инспирировали исследования, посвященные гетерохимической концепции функциональных сетей мозга [48, 49]. Эта концепция предполагает, что синаптические связи между нейронами (т.н. «проволочная модель») – важная, но далеко не единственная составляющая работы мозга. Активность функциональных сетей определяется нейромедиаторами, которые модифицируют нейронную динамику, возбудимость и синаптические функции. Именно нейромедиаторы позволяют фиксированному множеству нейронов образовывать много различных паттернов активности. В упрощенном виде можно провести следующие параллели: нейроны и синаптические связи (проволочный мозг) – граф сети. Вершины графа – автоматы, которые могут находиться в ряде состояний, определяемых принимаемыми цветными фишками (медиаторами). Нейроны в зависимости от их типа взаимодействуют с некоторым подмножеством медиаторов. Для этого вводятся автоматы с различными наборами слотов и возможными состояниями. Активность определяется типами фишек и состояниями вершин. Построение модели, хотя бы частично описывающей положения гетерохимической гипотезы, – чрезвычайно сложная и интересная задача. Концепция сетей неоднородных автоматов с несколькими типами ресурсов - наш первый шаг в этом направлении.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты №14-01-00422а, 15-07-02488а).

Список источников

[1] ***Blanchard, Ph.*** Random Walks and Diffusions on Graphs and Databases: An Introduction (Springer Series in Synergetics) / Ph. Blanchard, D. Volchenkov. - Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.

[2] ***Lovasz L.*** Mixing of Random Walks and Other Diffusions on a Graph / L. Lovasz, P. Winkler // Surveys in Combinatorics, 1995 (ed. P. Rowlinson), London Math. Soc. Lecture Notes Series 218. - Cambridge Univ. Press. - P. 119–154.

[3] ***Кузнецов, О.П.*** Двусторонние ресурсные сети – новая потоковая модель / О.П. Кузнецов, Л.Ю. Жилякова // Доклады Академии Наук. 2010. Том 433. №5. – С. 609-612.

[4] ***Жилякова, Л.Ю.*** Исследование эйлеровых ресурсных сетей / Л.Ю. Жилякова // Управление большими системами. Выпуск 41. - М.: ИПУ РАН, 2013. - С. 28-50.

[5] ***Жилякова, Л.Ю.*** Несимметричные ресурсные сети. III. Исследование предельных состояний / Л.Ю. Жилякова // Автоматика и телемеханика. 2012. №7. - С. 67-77.

[6] ***Жилякова, Л.Ю.*** Управление предельными состояниями в поглощающих ресурсных сетях / Л.Ю. Жилякова // Проблемы управления. 2013. № 3. - С. 51-59.

[7] ***Biggs, N.L.*** Chip-Firing and the Critical Group of a Graph / N.L. Biggs // J.of Algebraic Combinatorics. 1999. No. 9. - P. 25–45.

[8] ***Biggs, N.L.*** The Tutte-polynomial as a growth function / N.L. Biggs // J. Algebraic Combinatorics. 1999. No. 10. - P. 115–133.

[9] ***Bjorner, A.*** Chip-firing games on graphs / A. Bjorner, L. Lovasz, P. Shor // Europ. J. Comb. 1991. No. 12. – P. 283–291.

[10] ***Bjorner, A.*** Chip-firing games on directed graphs / A. Bjorner, L. Lovasz // J. Algebraic Combinatorics. 1992. No. 1 - P. 305–328.

[11] ***Bak, P.*** Self-organized criticality / P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld // Physical Review A. 1988. No. 38. - P. 364-374.

[12] ***Bak, P.*** How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality / P. Bak. - New York: Copernicus. 1996. (Рус. пер.: Как работает природа: Теория самоорганизованной критичности. – М.: УРСС-Книжный дом «Либроком», 2013. – 276 с.).

[13] ***Dhar, D.*** The abelian sandpile and related models / D. Dhar // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 1999. Vol. 263. Issues 1–4. - P. 4 – 25.

[14] ***Speer, E.R.*** Asymmetric abelian sandpile models / E.R. Speer // J. of Statistical Physics. 1993. Vol. 71. Issue 1-2. - P. 61-74.

[15] ***Ананько, Е.А.*** Генные сети. / Е.А. Ананько, Ф.А. Колпаков, О.А. Подколодная, Е.В. Игнатьева, Т.Н. Горячковская, И.Л. Степаненко, Н.А. Колчанов. - 1999. – http://www.bionet.nsc.ru/ICIG/session/1999/rus/part1/1_18.pdf (Дата обращения 01.06.2015).

[16] ***Лихошвай, В.А.*** Задачи теории функционирования генных сетей / В.А. Лихошвай, Ю.Г. Матушкин, С.И. Фадеев // Сиб. журн. индустр. матем. 2003. Т. 6. №2. - С. 64–80.

[17] ***Евдокимов, А.А.*** Применение символьных вычислений к исследованию дискретных моделей некоторых классов генных сетей / А.А. Евдокимов, С.Е. Кочемазов, А.А. Семенов // Вычислительные технологии. 2011. Т. 16. №1. - С. 30-47.

[18] ***Kauffman, S.A.*** Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic nets / S.A. Kauffman // Theor. Biol. 1969. Vol. 22. No. 3. - P. 437–467.

[19] ***Wang, R.-S.*** Effects of community structure on the dynamics of random threshold networks / R.-S. Wang, R. Albert // Physical Review. 2013. E 87, 012810.

[20] ***Rohlf, T.*** Damage Spreading and Criticality in Finite Random Dynamical Networks / T. Rohlf, N. Gulbahce, C. Teuscher // Phys. Rev. 2007. Lett. 99, 248701.

[21] ***Семёнов, А.А.*** О дискретно-автоматных моделях конформного поведения / А.А. Семёнов, С.Е. Кочемазов // Управление большими системами. Выпуск 46. - М.: ИПУ РАН, 2013. - С. 266-292.

[22] ***Базенков, Н.И.*** Обзор информационных систем анализа социальных сетей / Н.И. Базенков, Д.А. Губанов // Управление большими системами. Выпуск 41. - М.: ИПУ РАН, 2013. - С. 357-394.

[23] ***Newman, M.E.J.*** The structure and function of complex networks / M.E.J. Newman // SIAM Rev. 2003. 45(2). – P. 167–256.

[24] ***Kempe, D.*** Maximizing the Spread of Influence through a Social Network / D. Kempe, J. Kleinberg, E. Tardos // Proc. of the 9-th ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining. 2003. - P. 137-146.

[25] ***Granovetter, M.*** Threshold Models of Collective Behavior / M. Granovetter // American Journal of Sociology. 1978. Vol. 83. No. 6. - P. 1420-1443.

[26] ***Watts, D.J.*** A simple model of global cascade on random networks / D.J. Watts // Proc Nat. Acad. Sci. USA 2002. 99(9). P. 5766–5771.

[27] ***Goldenberg, J.*** Talk of the Network: A Complex Systems Look at the Underlying Process of Word-of-Mouth / J. Goldenberg, B. Libai, E. Muller // Marketing Letters. 2001. No. 2. - P. 11-34.
[28] ***Pastor-Satorras, R.*** Epidemic Spreading in Scale-Free Networks / R. Pastor-Satorras, A. Vespignani // Physical Review Letters. 2001. No. 14(86). - P. 3200-3203.
[29] ***Newman, M.E.J.*** A measure of betweenness centrality based on random walks / M.E.J. Newman // Social networks. 2005.
[30] ***De Groot, M.H.*** Reaching a Consensus / M.H. De Groot // J. of Amer. Statist. Assoc. 1974. No. 69. - P. 118-121.
[31] ***Harary, F.*** A Criterion for Unanimity in French's Theory of Social Power / F. Harary // Studies in Social Power. – Michigan: Institute of Sociological Research, 1959. - P. 168-182.
[32] ***Губанов, Д.А.*** Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Д.А. Губанов, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – М.: Физматлит, 2010. – 228 с.
[33] ***Goyal, A.*** On minimizing budget and time in influence propagation over social networks / A. Goyal, F. Bonchi, L.V.S Lakshmanan., S. Venkatasubramanian // Social network analysis and mining. 2012. 2(1).
[34] ***Губанов, Д.А.*** Модели унифицированного информационного управления в однородных социальных сетях / Д.А. Губанов, Д.А. Новиков // Управление большими системами. 2010. №30.1. - С. 722-742.
[35] ***Gubanov, D.A.*** Models of information opinion and trust control of social network members / D.A. Gubanov, A.G. Chkhartishvili // Proc. of the 18th IFAC World Congress, 2011 World Congress. - Milano: International Federation of Automatic Control (IFAC), 2011. - P. 1991-1996.
[36] ***Бреер, В.В.*** Стохастические модели управления толпой / В.В. Бреер, Д.А. Новиков, А.Д. Рогаткин // Управление большими системами. 2014. №52. - С. 85 – 117.
[37] ***Latane, B.*** The Psychology of Social Impact / B. Latane // American Psychologist. 1981. 36. – P. 343–356.
[38] ***Latane, B.*** Dynamic Social Impact: The Creation of Culture by Communication / B. Latane // J. of Communication 1996. 4. – P. 13–25.
[39] ***Li, Y.*** Influence diffusion dynamics and influence maximization in social networks with friend and for relationships / Y. Li, W. Chen, Y. Wang, Z.-L. Zhang // Proc. 6-th ACM Int. Conf. Web Search and Data Mining. 2013. - P. 657-666.
[40] ***Agarwal, N.*** Modeling blogger influence in a community / N. Agarwal, H. Liu, L. Tang, P.S. Yu // Social Network Analysis and Mining. 2012. Vol. 2, Issue 2. – P. 139-162.
[41] ***De Groot, M.H.*** Reaching a consensus / M.H. De Groot // J. Amer. Statist. Assoc. 1974. Vol. 69, No. 345. – P. 118–121.
[42] ***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(8). - С. 20–25.
[43] ***Скобелев, П.О.*** Ситуационное управление и мультиагентные технологии: коллективный поиск согласованных решений в диалоге / П.О. Скобелев // Онтология проектирования. 2013. №2(8). - С.26–48.
[44] ***Brin, S.*** The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine / S. Brin, L. Page // Computer Networks. 1998. Vol. 30. - P. 107-117.
[45] ***Kleinberg, J.*** Authoritative sources in a hyperlinked environment / J. Kleinberg // Proc. of the 9th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. 1998.
[46] ***Боргест, Н.М.*** Научный базис онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. 2013. №1(7). - С. 7-25.
[47] ***Смирнов, С.В.*** Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. 2013. №2(8). - С. 12-19.
[48] ***Bargmann, C.I.*** Beyond the connectome: how neuromodulators shape neural circuits / C.I. Bargmann // Bioessays. 2012. 34(6). - P. 458-465.
[49] ***Сахаров, Д.А.*** Биологический субстрат генерации поведенческих актов / Д.А. Сахаров // Журнал общей биологии. 2012. Том 73, №5. - С. 334–348.

NETWORK MODEL OF SPREADING OF SEVERAL ACTIVITY TYPES AMONG COMPLEX AGENTS AND ITS APPLICATIONS

L.Yu. Zhilyakova

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
zhilyakova.ludmila@gmail.com

Abstract

The paper describes the main principles of a model that simulates distribution of several types of activity among the agents having internal structure. The potential interaction of agents is given by a weighted graph. The vertices of the graph are heterogeneous automata with infinitely many states, and edges correspond to the influence of vertices on each other. The activity is simulated by the propagation of the integer resource called chips. The vertices exchange chips of *m* different types along edges. Each edge of the network has *m* non-negative weights characterizing the capacity of each type. We define the set of set relationships and operations on chip types, so that the vertex can not only change its internal state, but also affect the activity of the network configuration in general. As an example, the model of the threshold interactions in the social network with two types of activity and five types of agents with different activation threshold is described.

Key words: *automata network, activity spreading, threshold models, social networks.*

Acknowledgment

This work was supported in part by the Russian Foundation for Basic Research (project №14-01-00422a and 15-07-02488a).

References

[1] ***Blanchard, Ph.*** Random Walks and Diffusions on Graphs and Databases: An Introduction (Springer Series in Synergetics) / Ph. Blanchard, D. Volchenkov. - Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.
[2] ***Lovasz L.*** Mixing of Random Walks and Other Diffusions on a Graph / L. Lovasz, P. Winkler // Surveys in Combinatorics, 1995 (ed. P. Rowlinson), London Math. Soc. Lecture Notes Series 218. - Cambridge Univ. Press. - P. 119–154.
[3] ***Kuznetsov, O.P.*** [Bidirectional resource networks: A new flow model / O.P. Kuznetsov, L.Yu. Zhilyakova // Doklady Mathematics. 2010. Vol. 82. No. 1. - P. 643-646. DOI: 10.1134/S1064562410040368.
[4] ***Zhilyakova L. Yu .*** A study of Euler resource networks / L.Yu. Zhilyakova // Automation and Remote Control. 2014. Vol. 75. No. 12. - P. 2248–2261. DOI: 10.1134/S0005117914120145.
[5] ***Zhilyakova L.Yu.*** Asymmetric resource networks. III. A study of limit states / L.Yu. Zhilyakova // Automation and Remote Control. 2012. Vol. 73. No. 7. - P. 1165 – 1172. DOI: 10.1134/S0005117912070065.
[6] ***Zhilyakova L.Yu.*** Control of limit states in absorbing resource networks / L.Yu. Zhilyakova // Automation and Remote Control. 2014. Vol. 75:2. - P. 360–372. DOI: 10.1134/S0005117914020143.
[7] ***Biggs, N.L.*** Chip-Firing and the Critical Group of a Graph / N.L. Biggs // J.of Algebraic Combinatorics. 1999. No. 9. - P. 25–45.
[8] ***Biggs, N.L.*** The Tutte-polynomial as a growth function / N.L. Biggs // J. Algebraic Combinatorics. 1999. No. 10. - P. 115–133.
[9] ***Bjorner, A.*** Chip-firing games on graphs / A. Bjorner, L. Lovasz, P. Shor // Europ. J. Comb. 1991. No. 12. – P. 283–291.
[10] ***Bjorner, A.*** Chip-firing games on directed graphs / A. Bjorner, L. Lovasz // J. Algebraic Combinatorics. 1992. No. 1 - P. 305–328.
[11] ***Bak, P.*** Self-organized criticality / P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld // Physical Review A. 1988. No. 38. - P. 364-374.
[12] ***Bak, P.*** How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality / P. Bak. - New York: Copernicus. 1996.
[13] ***Dhar, D.*** The abelian sandpile and related models / D. Dhar // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 1999. Vol. 263. Issues 1–4. - P. 4 – 25.

[14] ***Speer, E.R.*** Asymmetric abelian sandpile models / E.R. Speer // J. of Statistical Physics. 1993. Vol. 71. Issue 1-2. - P. 61-74.
[15] ***Ananko, E.A.*** Gennyje Seti [Gene networks] / E.A. Ananko, F.A. Kolpakov, O.A Podkolodnaja., E.V. Ignatjeva, T.N. Goryachkovskaja, I.L. Stepanenko, N.A. Kolchanov. – 1999 (In Russian) http://www.bionet.nsc.ru/ICIG/session/1999/rus/part1/1_18.pdf (Access date 01.06.2015). (In Russian).
[16] ***Likhoshvaj, V.A.*** Zadachi teorii funkcionirovanija gennykh setej [The tasks of gene networks functioning] / V.A. Likhoshvaj, Yu.G. Matushkin, S.I. Fadeev // Sibirskij zhurnal industrial'noj matematiki. 2003. V. 6. No. 2. - P. 64–80. (In Russian).
[17] ***Evdokimov A.A.*** Primenenie simvol'nykh vychislenij k issledovaniyu diskretnykh modelej nekotorykh klassov gennykh setej [Application of symbolic computations to the study of discrete models of some gene networks] / A.A. Evdokimov, S.E. Kochemazov, A.A. Semenov // Vychislitel'nye technologii. 2011. Vol. 16. No. 1. - P. 30-47. (In Russian).
[18] ***Kauffman, S.A.*** Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic nets / S.A. Kauffman // Theor. Biol. 1969. Vol. 22. No. 3. - P. 437–467.
[19] ***Wang, R.-S.*** Effects of community structure on the dynamics of random threshold networks / R.-S. Wang, R. Albert // Physical Review. 2013. E 87, 012810.
[20] ***Rohlf, T.*** Damage Spreading and Criticality in Finite Random Dynamical Networks / T. Rohlf, N. Gulbahce, C. Teuscher // Phys. Rev. 2007. Lett. 99, 248701.
[21] ***Semenov, A.A.*** O diskretno-avtomatnych modeljach konformnogo povedenija [Analysis of some discrete-automaton models of collective behavior] / A.A. Semenov, S.E. Kochemazov // Upravlenie bol'shymi sistemami. Issue 46. – Moscow: IPU RAN, 2013. - P. 266–292. (In Russian).
[22] ***Bazenkov, N.I.*** Information systems for social networks analysis: a survey / N.I. Bazenkov, D.A. Gubanov // Upravlenie bol'shymi sistemami. Issue 41. – Moscow: IPU RAN, 2013. - P. 357–394. (In Russian).
[23] ***Newman, M.E.J.*** The structure and function of complex networks / M.E.J. Newman // SIAM Rev. 2003. 45(2). – P. 167–256.
[24] ***Kempe, D.*** Maximizing the Spread of Influence through a Social Network / D. Kempe, J. Kleinberg, E. Tardos // Proc. of the 9-th ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining. 2003. - P. 137-146.
[25] ***Granovetter, M.*** Threshold Models of Collective Behavior / M. Granovetter // American Journal of Sociology. 1978. Vol. 83. No. 6. - P. 1420-1443.
[26] ***Watts, D.J.*** A simple model of global cascade on random networks / D.J. Watts // Proc Nat. Acad. Sci. USA 2002. 99(9). P. 5766–5771.
[27] ***Goldenberg, J.*** Talk of the Network: A Complex Systems Look at the Underlying Process of Word-of-Mouth / J. Goldenberg, B. Libai, E. Muller // Marketing Letters. 2001. No. 2. - P. 11-34.
[28] ***Pastor-Satorras, R.*** Epidemic Spreading in Scale-Free Networks / R. Pastor-Satorras, A. Vespignani // Physical Review Letters. 2001. No. 14(86). - P. 3200-3203.
[29] ***Newman, M.E.J.*** A measure of betweenness centrality based on random walks / M.E.J. Newman // Social networks. 2005.
[30] ***De Groot, M.H.*** Reaching a Consensus / M.H. De Groot // J. of Amer. Statist. Assoc. 1974. No. 69. - P. 118-121.
[31] ***Harary, F.*** A Criterion for Unanimity in French's Theory of Social Power / F. Harary // Studies in Social Power. – Michigan: Institute of Sociological Research, 1959. - P. 168-182.
[32] ***Gubanov, D.A.*** Social'nye seti: modeli informacionnogo vlijanija, upravlenija i protivoborstva [Social networks: models of informational influence, control and confrontation] / D.A. Gubanov, D.A. Novikov, A.G. Chkhartishvili. – Moscow: Physical and mathematical literature publisher, 2010. - 228 p. (In Russian).
[33] ***Goyal, A.*** On minimizing budget and time in influence propagation over social networks / A. Goyal, F. Bonchi, L.V.S Lakshmanan., S. Venkatasubramanian // Social network analysis and mining. 2012. 2(1).
[34] ***Gubanov, D.A.*** Modeli unificirovannogo informacionnogo upravlenija v odnorodnych social'nych setjach [Models of unified information control in homogeneous social networks] / D.A. Gubanov, D.A. Novikov // Upravlenie bol'shymi sistemami. Issue 30.1. – Moscow: IPU RAN, 2013. - P. 722–742. (In Russian).
[35] ***Gubanov, D.A.*** Models of information opinion and trust control of social network members / D.A. Gubanov, A.G. Chkhartishvili // Proc. of the 18th IFAC World Congress, 2011 World Congress. - Milano: International Federation of Automatic Control (IFAC), 2011. - P. 1991-1996.
[36] ***Breer, V.V.*** Stochastischeskie modely upravlenija tolpoi [Stochastic models of mob control] / V.V. Breer, D.A. Novikov, A.D. Rogatkin // Upravlenie bol'shymi sistemami. 2014. Issue 52. - P. 85–117. (In Russian).
[37] ***Latane, B.*** The Psychology of Social Impact / B. Latane // American Psychologist. 1981. 36. – P. 343–356.
[38] ***Latane, B.*** Dynamic Social Impact: The Creation of Culture by Communication / B. Latane // J. of Communication 1996. 4. – P. 13–25.

[39] ***Li, Y.*** Influence diffusion dynamics and influence maximization in social networks with friend and for relationships / Y. Li, W. Chen, Y. Wang, Z.-L. Zhang // Proc. 6-th ACM Int. Conf. Web Search and Data Mining. 2013. - P. 657-666.
[40] ***Agarwal, N.*** Modeling blogger influence in a community / N. Agarwal, H. Liu, L. Tang, P.S. Yu // Social Network Analysis and Mining. 2012. Vol. 2, Issue 2. – P. 139-162.
[41] ***De Groot, M.H.*** Reaching a consensus / M.H. De Groot // J. Amer. Statist. Assoc. 1974. Vol. 69, No. 345. – P. 118–121.
[42] ***Vittikh, V.A.*** Prinjatie reshenij na osnove konsensusa s primeneniem mul'tiagentnych technologij [Decision making on the basis of consensus using multi-agent technologies] / V.A. Vittikh, T.V. Moisseeva, P.O. Skobelev // Ontologija proektirovanija. 2013. No. 2(8). - P. 20–25. (In Russian).
[43] ***Skobelev, P.O.*** Situacionnoe upravlenie i mul'tiagentnye technologij: kollektivnyi poisk soglasovannych reshenij v dialoge [Situation-driven decision making and multi-agent technology: finding solutions in dialogue] / P.O. Skobelev // Ontologija proektirovanija. 2013. No. 2(8). - P. 26–48. (In Russian).
[44] ***Brin, S.*** The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine / S. Brin, L. Page // Computer Networks. 1998. Vol. 30. - P. 107-117.
[45] ***Kleinberg, J.*** Authoritative sources in a hyperlinked environment / J. Kleinberg // Proc. of the 9th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. 1998.
[46] ***Borgest, N.M.*** Nauchnyi basis ontologii proektirovanija [Scientific basis for the ontology of designing] / N.M. Borgest // Ontologija proektirovanija. 2013. No. 1(7). - P. 7–25. (In Russian).
[47] ***Smirnov, S.V.*** Ontologii kak smyslovye modeli [Ontologies as semantic models] / S.V. Smirnov // Ontologija proektirovanija. 2013. No. 2(8). - P. 12–19. (In Russian).
[48] ***Bargmann, C.I.*** Beyond the connectome: how neuromodulators shape neural circuits / C.I. Bargmann // Bioessays. 2012. 34(6). - P. 458-465.
[49] ***Sakharov, D.A.*** Biologicheskij substrat generacii povedencheskich aktov [The biological substrate for the generation of behavioral acts] / D.A. Sakharov // Zhurnal obshchej biologii. 2012. Vol. 73(5) – P. 334-348. (In Russian).

Сведения об авторе

Жилякова Людмила Юрьевна, 1970 г. рождения. Окончила Ростовский государственный университет в 1992 г., д.ф.-м.н. (2013). Ведущий научный сотрудник лаборатории методов интеллектуализации дискретных процессов и систем управления Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. Учёный секретарь Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 90 работ в области сетевого моделирования и искусственного интеллекта.

Liudmila Yurjevna Zhilyakova (b. 1970) graduated from Rostov State University (Rostov-on-Don) in 1992, D.Sc. (2013). Leading researcher of Laboratory of Intellectualization Methods of Discrete Processes and Control Systems – V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences. Scientific secretary of the Russian association for Artificial Intelligence. Author and co-author of more than 90 publications in the field of dynamic network models and artificial intelligence.

УДК 004.89 doi:10.18287/2223-9537-2015-5-3-297-312

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕСУРСАМИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МНОГОАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Д.А. Ризванов[1], Н.И. Юсупова[2]

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия
[1]ridmi@mail.ru, [2]yussupova@ugatu.ac.ru

Аннотация

Поддержка принятия управленческих решений в сложных системах, функционирующих в условиях неопределённости и ресурсных ограничений, предназначена для повышения эффективности управленческой деятельности и качества принимаемых решений, которые зависят от используемых для поддержки решений технологий, методов, качества данных и знаний. В настоящей статье рассмотрена математическая модель задачи управления ресурсами сложных систем с учётом семантических ограничений. Для решения задачи управления ресурсами с учётом семантических ограничений предметной области предложен обобщённый алгоритм на основе многоагентного подхода. Сформулированы основные требования и принципы к системе поддержки принятия решений при управлении ресурсами сложных систем. Представлено основное содержание видов обеспечений системы поддержки принятия решений. Приведены описание разработанного прототипа и результаты оценки эффективности его применения на примере решения задачи управления ресурсами в условиях чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: *многоагентный подход, управление ресурсами, поддержка принятия решений, чрезвычайная ситуация.*

Введение

Управление ресурсами сложной системы необходимо для обеспечения её эффективного функционирования. В условиях динамично изменяющихся внешних условий к модели сложной системы предъявляются требования адаптивности и возможности быстрого реагирования на изменения. При этом к системе поддержки принятия решений (СППР) необходимо предъявлять следующие требования:

- при построении плана решения задачи необходимо учитывать индивидуальные свойства, присущие однородным ресурсам, которые используются для решения задач, поскольку это существенно влияет на эффективность принимаемых решений;
- система должна быть готова к разным непредвиденным ситуациям, нарушающим построенный план, и при необходимости должна оперативно находить и предлагать лицу, принимающему решения, возможные варианты альтернативных решений, устраняющих эти последствия, с предварительной оценкой.

Задачи управления ресурсами как одного из разделов исследования операций исследованы в работах Р. Акоффа [1], Л. Берталанфи [2], С. Бира [3], Р. Беллмана [4] и др. [5, 6]. Проблемам оптимизации ресурсов в многоуровневых территориально-производственных системах посвящены работы А.Г. Гранберга [7].

Особый интерес представляют работы учёных самарской школы. Фундаментальные проблемы принятия решений в условиях агентного взаимодействия и распределения ресурсов на базе сетей потребностей и возможностей рассмотрены в цикле работ, выполненных под ру-

ководством В.А. Виттиха (см., например [8]). Разработке интеллектуальных систем управления ресурсами с использованием мультиагентных технологий и сетецентрического подхода посвящены работы П.О. Скобелева [9].

Вопросы разработки моделей многоагентной самоорганизации при управлении сложными системами исследуются в работах В.И. Городецкого [10].

Анализ основных исследований [11] в области управления распределением ресурсов в сложных системах показал, что большинство разработанных методов работают только с числовыми данными и не учитывают слабо формализуемую информацию об особенностях предметной области (ПрО), а также индивидуальные особенности, присущие ресурсам одного вида.

В связи с этим данная статья посвящена разработке моделей и методов поддержки принятия решений при управлении сложными системами в условиях неопределённости и ресурсных ограничений. Первый раздел посвящён постановке задачи управления ресурсами с использованием семантических ограничений ПрО. Во втором разделе представлен обобщенный алгоритм распределения ресурсов. В третьем разделе определены принципы и требования разработки СППР при управлении ресурсами в сложных системах с использованием многоагентного подхода. В четвертом разделе приведён пример практического использования разработанных моделей и алгоритмов для решения задачи управления ресурсами в чрезвычайных ситуациях (ЧС). Пятый раздел посвящен описанию разработанного прототипа и оценке эффективности на примере задачи управления ресурсами в чрезвычайных ситуациях.

1 Постановка задачи управления ресурсами с использованием семантических ограничений предметной области

Задачи управления ресурсами могут иметь разные формулировки, суть которых сводится к тому, что требуется оптимальным образом распределить имеющиеся ресурсы для достижения определённых целей. Под оптимальностью в данном случае может пониматься качество распределения ресурсов. Критерием оптимальности может быть максимум прибыли, минимум затрат и т.п. Имеются определённые ограничения на сами ресурсы и их использование при достижении целей.

Для обобщения таких задач логично использовать единую терминологию. При формулировке задачи управления ресурсами будем использовать следующие понятия:

- *ресурсы* – это всё то, что используется для решения каких-либо задач;
- *потребители ресурсов* – это любые сущности, которые используют ресурсы для достижения своих целей и решения задач.

Рассмотрим формальную постановку классической задачи управления ресурсами[1].

Дано:

N – количество видов ресурсов;

M – количество потребителей ресурсов;

$R = \{r_1, \ldots, r_n\}$ – множество ресурсов, $n = 1,.., N$;

$U = \{u_1, \ldots, u_m\}$ – множество потребителей ресурсов, $m = 1,.., M$;

Введём множество пар $\rho=\{ r_i/u_j\}$, элементы которого $\rho_{ij} = r_i/u_j$ характеризуют распределение (выделение, назначение) ресурса r_i для потребителя u_j.

Введём критерий $f(\rho)$, позволяющий оценить качество распределения. Требуется найти такое распределение ресурсов, чтобы значение этого критерия было бы максимальным:

$$f(\rho) \to \max.$$

[1] Далее авторы отождествляют *управление* ресурсами с *распределением* ресурсов. *Ред.*

Имеются три вида основных наиболее распространённых ограничений, которые могут быть представлены следующим образом:

- $O(R)$ – ограничения по ресурсам;
- $O(U)$ – ограничения по потребителям ресурсов;
- $O(R \times U)$ – ограничения, связанные с конкретным распределением ресурсов.

Таким образом, классическая задача распределения ресурсами может быть сформулирована в следующем виде:

$$(1) \qquad \begin{cases} f(\rho) \to \max \\ \text{при ограничениях :} \\ O(R), \\ O(U), \\ O(R \times U). \end{cases}$$

В то же время на практике очень часто возникают задачи, связанные с распределением ресурсов, которые не укладываются в классическую постановку. Это происходит из-за того, что при формулировке задачи распределения ресурсов приходится учитывать ряд ограничений, не представленных в (1). В основном это сложно формализуемые семантические ограничения нечисловой природы. При попытке формализации таких ограничений и сведении такой задачи к классической постановке вида (1) получается достаточно громоздкая и трудно воспринимаемая модель. При этом**,** чем более сложные ограничения рассматриваются, тем более трудоёмок процесс сведения задачи к классической.

Для иллюстрации таких ограничений рассмотрим пример задачи доставки заказов покупателям, когда необходимо распределить имеющиеся в наличии транспортные средства (ресурсы) для доставки заказов (потребители ресурсов) покупателям. Помимо стандартных ограничений на вместимость грузов и т.п. вводится ограничение на несовместимость определённых видов заказов, например, продукты питания и бытовая химия не могут перевозиться одновременно на одном автомобиле.

Эти ограничения гораздо сложнее, рассмотренных нами ранее. Формально записать такое семантическое ограничение для двух потребителей можно в виде $O(R \times U \times U)$. Классический пример такого рода ограничений представлен в задаче о перевозке волка, козы и капусты на лодке с одного берега на другой. Однако, ограничение может связывать несколько потребителей ресурсов и тогда в общем виде оно запишется как $O(R \times U \times U \times \ldots \times U)$.

Другой вид ограничений присутствует в задачах, когда потребителю ресурсов для достижения своей цели требуется не один, а несколько ресурсов. При этом ограничения обычно накладываются на порядок или технологию использования этих ресурсов. Для простого случая с двумя ресурсами ограничения представимы в виде $O(R \times R \times U)$.

В общем случае ограничение, накладываемое на использование нескольких видов ресурсов для конкретного потребителя ресурсов, запишется в виде $O(R \times R \times \ldots \times R \times U)$.

В качестве примера задачи с такими ограничениями можно привести задачу с прохождением пациентами (потребители ресурсов) отдельных процедур (ресурсы) в медицинском учреждении [12]. При этом ограничения на несовместимость двух и более процедур или порядок прохождения этих процедур для конкретного пациента (например, по медицинским показаниям) как раз укладываются в такую схему.

Более сложные ограничения, охватывающие несколько ресурсов и несколько потребителей ресурсов, описываются ограничениями вида $O(R \times R \times \ldots \times R \times U \times U \times \ldots \times U)$.

Таким образом, существуют постановки задач распределения ресурсов с использованием семантических ограничений, которые не всегда возможно свести к задаче (1) или же такое

сведение нецелесообразно ввиду усложнения модели задачи. Поэтому в общем виде задача распределения ресурсов с использованием семантических ограничений запишется в виде:

$$\begin{cases} f(\rho) \to \max \\ \text{при ограничениях :} \\ O(R), \\ O(U), \\ O(R \times ... R \times U \times ... \times U). \end{cases}$$

2 Обобщённый алгоритм распределения ресурсов

Предлагается использовать для решения задач управления ресурсами многоагентные технологии. При этом в качестве базовой используется модель агентов, предложенная Вулдриджом и Дженнингсом [13]. Агентам многоагентной системы для решения задач распределения ресурсов соответствуют, во-первых, сущности, выступающие в реальном мире потребителями и/или поставщиками ресурсов, а во-вторых, сами ресурсы. Для решения задачи распределения ресурсов агенты вынуждены взаимодействовать и вступать друг с другом в переговоры, которые моделируются коммуникациями.

В большинстве случаев задача распределения ресурсов имеет глобальный критерий эффективности, который необходимо достичь путём соответствующего распределения ресурсов. Тогда поведение агентов можно считать кооперативным, поскольку только учёт взаимных интересов позволяет решить задачу. В то же время каждый агент может иметь свои локальные критерии, определяющие эффективность полученного решения для конкретного агента. Например, одно решение может быть более предпочтительным по сравнению с другим на основе использования локальных критериев эффективности, несмотря на то, что они могут быть абсолютно одинаковы с точки зрения общего критерия эффективности.

Многоагентные технологии позволяют успешно решать задачи управления ресурсами с учётом как глобальных, так и локальных критериев.

Общая схема решения задачи распределения ресурсов может быть представлена в виде обобщенного алгоритма, представленного на рисунке 1.

Любые сложно формализуемые семантические ограничения ПрО представляются в виде онтологической базы знаний, доступной агентам. Кроме этого, база знаний агента используется для описания критериев, отражающих приемлемость распределения ресурсов, и учитывает индивидуальные особенности моделируемых объектов реального мира.

При ведении переговоров агенты определяют допустимость и приемлемость для них решения на основе индивидуальной базы знаний. Таким образом, если меняются критерии и предпочтения у какого-то агента, достаточно внести изменения в его локальную базу знаний. При этом сама процедура ведения переговоров остается без изменений.

3 Основные принципы разработки системы поддержки принятия решений при управлении ресурсами

С учётом предъявляемых требований предлагается использовать следующие основные принципы системного подхода [14], заложенные в основу разрабатываемой СППР.

- *Принцип конечной цели*. В процессе формулировки задачи управления ресурсами постулируется цель, которая является общей для всех агентов, функционирующих в рамках многоагентной системы. Приоритет глобальной цели над локальными целями агентов оз-

начает, что, несмотря на наличие у каждого агента собственной локальной цели, достижение глобальной цели является более приоритетным.

- *Принцип измерения*. Глобальная и локальные цели формализуются в виде некоторых математических оценочных функций, поддающихся вычислению. Это необходимо для того, чтобы агенты демонстрировали целенаправленное поведение, то есть любые действия, принимаемые агентами, должны оцениваться с помощью введённых оценочных функций.

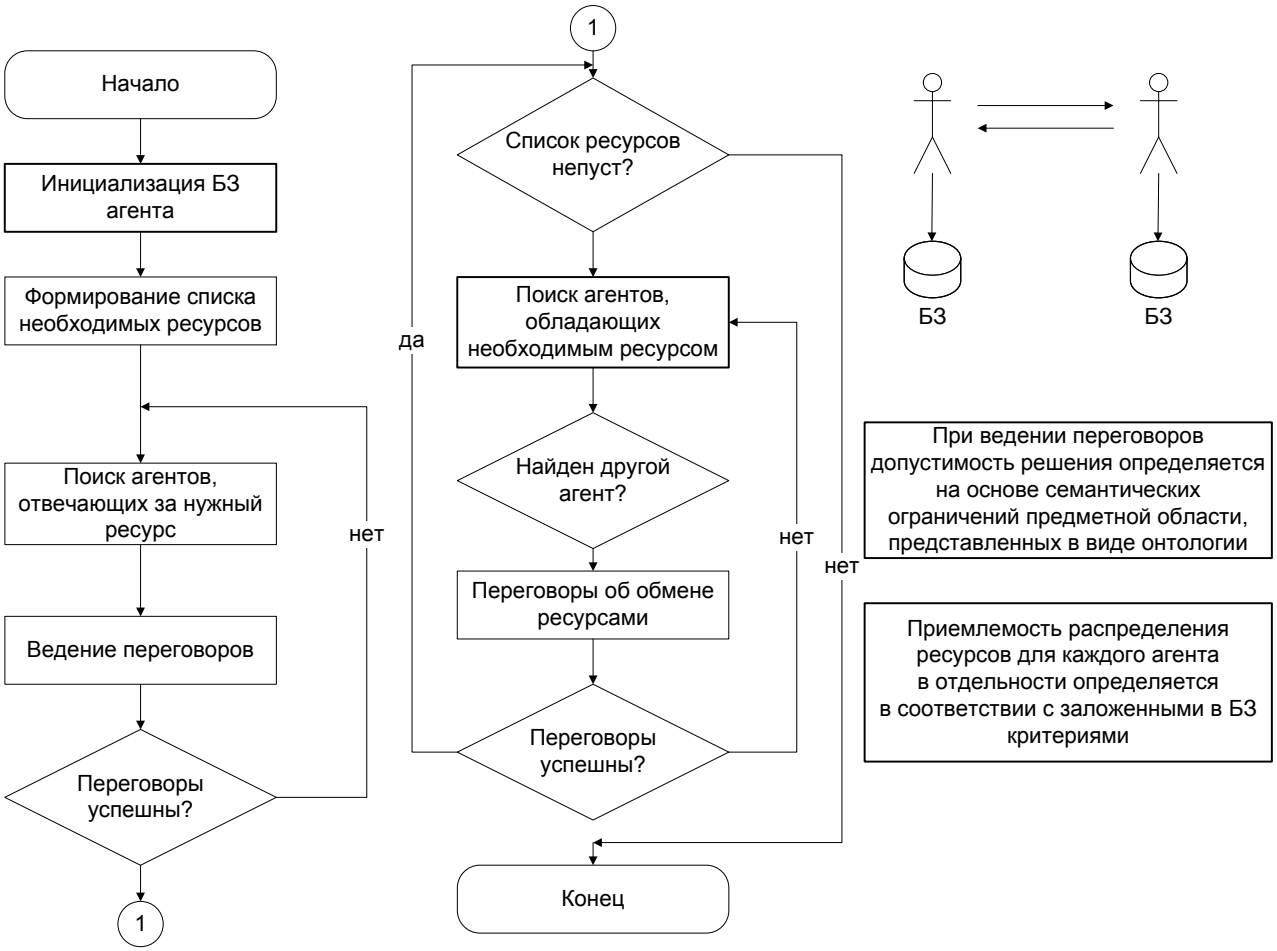


Рисунок 1 – Блок-схема обобщённого алгоритма (слева) и семантические ограничения ПрО (справа) распределения ресурсов с использованием многоагентных технологий

- *Принцип эквифинальности*. Желаемое или целевое состояние системы в виде некоторого допустимого и приемлемого плана распределения ресурсов может быть получено практически из любых начальных условий, из которых в принципе существует возможность получения допустимых решений. При этом траекторий достижения целевого состояния может быть несколько, и они могут отличаться, в том числе, и планами распределения ресурсов.
- *Принцип единства*. СППР при управлении распределением ресурсов в сложных системах базируется на многоагентной системе, которая представляет собой совокупность взаимодействующих агентов. Каждый из них является либо потребителем, либо поставщиком ресурсов. При этом, несмотря на то, что агенты представляют собой автономные сущности, семантический и прагматический смысл их проявляется только тогда, когда они существует в виде некой единой многоагентной системы.

- *Принцип модульного построения*. Система рассматривается как совокупность взаимодействующих агентов (модулей) многоагентной системы.
- *Принцип развития*. Принципы, заложенные в СППР, базирующуюся на применении многоагентных технологий, позволяют системе развиваться и адаптироваться, учитывая при этом любые возможные изменения внешней среды и самой системы.
- *Принцип децентрализации*. При построении СППР при управлении ресурсами в сложных системах с использованием многоагентного подхода закладываются принципы самоорганизации, что означает отсутствие какого бы то ни было центра управления, решающего, что, кому и как делать. Решение каждый агент принимает самостоятельно в соответствии с заложенными в него критериями и правилами поведения.
- *Принцип неопределённости*. Применение многоагентных технологий и модели окружающей внешней среды позволяет учитывать фактор неопределённости, когда внешние воздействия не всегда полностью определены.

В структуре СППР можно выделить следующие виды обеспечений: математическое, алгоритмическое, информационное, методическое и программное. Рассмотрим содержание каждого из них при проектировании СППР при управлении ресурсами в сложных системах в условиях динамично изменяющейся внешней среды и семантических ограничений.

В состав *математического обеспечения* разрабатываемой СППР необходимо включить математические модели агентов, участвующих в решении задачи распределения ресурсов. Кроме этого должны быть сформулированы основные цели и критерии, позволяющие оценить эффективность распределения ресурсов.

Алгоритмическое обеспечение должно включать набор алгоритмов, обеспечивающих решение основной задачи распределения ресурсов, а также вспомогательных задач – рационального размещения агентов по узлам вычислительной сети и восстановления работоспособности агентов в случае сбоя.

При разработке *информационного обеспечения* необходимо предусмотреть возможность хранения слабоструктурированной информации в базе данных и сложно формализуемых знаний в базе знаний СППР. Если СППР разрабатывается для предприятия, то она должна интегрироваться с существующими информационными системами для получения доступа к имеющейся актуальной информации.

В состав *методического обеспечения* должны входить методики, позволяющие подготовить и сформировать весь набор необходимых исходных данных для решения задачи управления ресурсами.

Программное обеспечение должно обеспечивать решение задач поддержки принятия решений по управлению ресурсами в режиме реального времени. Кроме этого, должна быть предусмотрена возможность отслеживания реализации разработанного и принятого плана распределения ресурсов и, в случае необходимости, оперативного внесения корректировок в случае непредвиденных обстоятельств или сбоев.

Рассмотрим далее применение предлагаемого алгоритма и принципов разработки СППР для решения задачи управления ресурсами в условиях ЧС.

4 Пример применения многоагентных технологий при управлении ресурсами в условиях чрезвычайных ситуаций

ЧС характеризуются высокой степенью неопределённости и динамичностью. Это означает, что мы обладаем лишь частичной информацией о ситуации в определённый момент времени и практически ничего не можем сказать о будущем ситуации. Мы не можем, например, точно сказать, сколько пострадавших, какой характер их поражений. Доступные ресур-

сы также меняются динамически, например, спасатели и транспорт могут прибывать в течение всего периода ликвидации последствий ЧС. Также в условиях ЧС важно быстро и рационально распределить имеющиеся в наличии ограниченные ресурсы с целью минимизировать возможные потери, связанные, в первую очередь, с человеческими жизнями. Кроме того, необходимо соизмерять затраты с решаемыми задачами (например, чтобы доставить пострадавшего, жизни которого ничто не угрожает, достаточно использовать автомобиль, а не вертолёт). Все подобные факторы делают задачу управления ресурсами очень сложной.

Задача решается в рамках проекта *SpeedUp* [15, 16], целью которого является разработка средств, обеспечивающих информационную поддержку для взаимодействия и коммуникации специальных спасательных служб в ЧС.

Рассмотрим задачу рационального распределения ресурсов в условиях ЧС на примере транспортировки пострадавших в больницы. Во время ЧС представляет интерес следующая информация о пострадавшем:

- общие сведения о пострадавшем (ФИО, пол, возраст);
- характер и степень повреждений;
- местоположение пострадавшего;
- вид транспорта, необходимый для эвакуации пострадавшего в больницу.

В зависимости от тяжести полученных повреждений, возраста пострадавший должен быть доставлен в ту или иную больницу (обычную или специализированную, например, ожоговую). Для его транспортировки также требуется выбрать транспортное средство (например, автомобиль или вертолёт). При этом больницы имеют ограниченное число свободных мест для приёма пострадавших.

Проект SpeedUp строится на базе сервис-ориентированной архитектуры, которая хорошо подходит для управления и распределения ресурсов в целом, а также на использовании семантических услуг, что позволяет осуществлять динамическое распределение ресурсов во время выполнения.

На основе проведённого анализа возможных представлений ресурсов в виде сервисов [16] была предложена схема, по которой каждый вид ресурса (транспорт, больницы) описывается с помощью одного сервиса с соответствующей функциональностью. Однако имеющиеся недостатки такого представления, связанные со спецификой ПрО [16], не позволяют должным образом решать задачу рационального распределения ресурсов. Применение классических алгоритмов рационального распределения ресурсов в условиях динамично меняющейся внешней среды представляется весьма затруднительным, поскольку мы имеем дело с неполной и нечёткой информацией.

В многоагентном подходе каждый ресурс представляется с помощью агента. В данном случае можно выделить три основных класса агентов: пациенты, транспорт и больницы.

- Больницы – это статичный класс агентов, который обладает информацией о своём местоположении, количестве свободных мест в данный момент, а также специфических характеристиках больницы (взрослая/детская, ожоговый центр и т.д.).
- Пациенты – это активный класс агентов, в который заложена информация о местоположении, поле, возрасте, диагнозе, степени тяжести и т.д. Эти агенты обладают целью – «доставить себя» до больницы, соответствующей их диагнозу и степени тяжести, в установленное время (которое тоже может задаваться в характеристиках агента).
- Транспорт – класс агентов, обладающий следующими характеристиками: вид, текущее местоположение, место постоянной дислокации (куда нужно вернуться после доставки пациента), скорость, специфические особенности транспорта (связанные с диагнозом и тяжестью).

В соответствии с анализом представления ресурсов, проведённым в [16], общую схему решения можно представить в виде, показанном на рисунке 2.

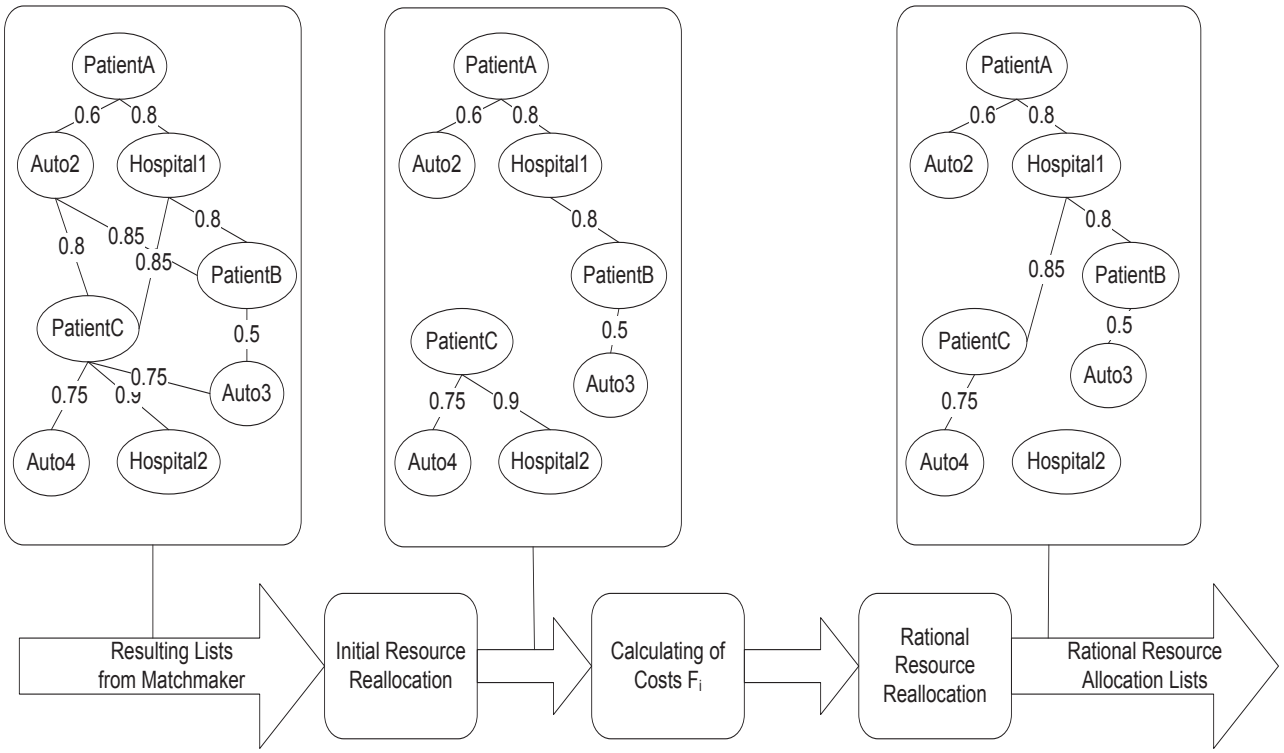


Рисунок 2 – Общая схема решения задачи распределения ресурсов

На входе имеются списки пациентов и выделенных им ресурсов, упорядоченных по степени соответствия параметрам запроса.

Каждый пациент имеет список ресурсов, которые могут быть ему выделены для транспортировки. Каждый элемент такого списка имеет числовую характеристику, отражающую предпочтительность (степень соответствия) выделенных ресурсов потребностям пациента (которые были заданы в параметрах запроса). Соответствующие списки с числовыми характеристиками получаются в результате обработки запросов (рисунок 3).

На первом этапе решается задача первоначального распределения ресурсов с учётом их ограниченности. Например, может оказаться, что в качестве лучших решений для нескольких пациентов будет выдан транспорт *Auto1*, в то время как по условиям задачи транспортное средство используется для перевозки только одного пациента. Аналогичная ситуация и с больницами, которые имеют ограниченное количество свободных мест (в данном случае ситуация сложнее). Задача решается путем взаимных уступок, при этом в качестве критерия может быть выбран минимум потерь пациентом в соответствующей характеристике предпочтительности (степени соответствия) выбранных ресурсов.

То есть в данном случае при уступке ресурса пациент *A* теряет (0.8 - 0.7) = 0.1, а пациент *B* (0.9 - 0.7) = 0.2. Следовательно, уступить должен пациент *A*. В то же время, если для пациента *A* 2-е значение для транспорта было бы, допустим 0.4, а не 0.7, то тогда уступить должен был бы пациент *A*.

Рассмотрена ситуация для двух пациентов, аналогично осуществляется распределение ресурсов для большего числа пациентов.

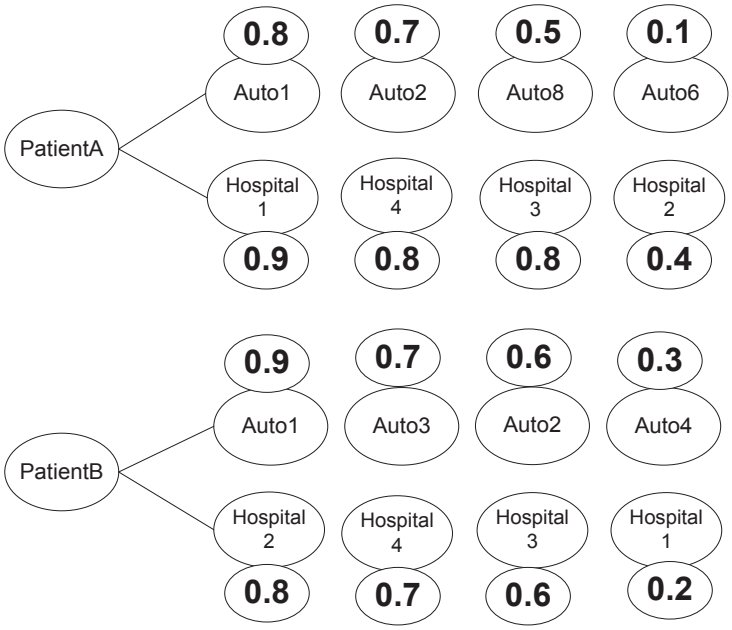


Рисунок 3 – Фрагмент упорядоченных списков выделенных ресурсов

Таким образом, происходит первоначальное распределение ресурсов на основе информации, полученной в результате обработки запросов.

На следующем этапе производится попытка улучшить полученное решение путём обмена между пациентами ресурсами, имеющимися в списках.

Для описания поведения агентов при распределении ресурсов в ЧС разработана математическая модель, включающая критерии их рационального поведения [16]. В нашем случае у агентов, которые решают задачу, есть цель, которая достигается рациональным поведением.

Введём следующие обозначения:

$P=\{P_1,\ldots, P_N\}$ – множество пациентов;

$A=\{A_1,\ldots, A_M\}$ – множество транспортных средств;

$H=\{H_1,\ldots, H_R\}$ – множество больниц;

i – индекс пациента;

j – индекс транспортного средства;

k – индекс больницы;

X_{ijk} – факт доставки пациента i на транспортном средстве j в больницу k ($X_{ijk} = 1$, если пациент i перевозится на транспортном средстве j в больницу k, или $X_{ijk} = 0$, если иначе);

$Z(P_i, A_j)$ – затраты на перевозку пациента P_i в транспортном средстве A_j;

$D(P_i, H_k)$ – расстояние от местоположения пациента P_i до больницы H_k;

$Free(H_k)$ – количество свободных мест в больнице H_k;

S_{ij} – коэффициент, отражающий предпочтительность транспортного средства j для транспортировки пациента i;

S_{ik} – коэффициент, отражающий предпочтительность транспортировки пациента i в больницу k: $0 \le S_{ij} \le 1$, $0 \le S_{ik} \le 1$. Чем ближе S_{ij} (или S_{ik}) к 1, тем более предпочтительны выделенные ресурсы, и наоборот.

Требуется найти такое распределение ресурсов (матрицу X_{ijk}), при котором целевая функция, отражающая затраты на транспортировку пострадавших в больницы с учётом степени соответствия выбранных для этой цели ресурсов, была бы минимальна:

$$F = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{R}\frac{X_{ijk}[Z(P_i, A_j)D(P_i, H_k)]}{S_{ij} * S_{ik}} \to \mathbf{min}.$$

При этом должны быть учтены следующие ограничения:

1) Одно транспортное средство может использоваться для транспортировки только одного пациента:

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{R} X_{ijk} = 1, \forall\, j\,.$$

2) Для транспортировки одного пострадавшего используется только одно транспортное средство:

$$\sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{R} X_{ijk} = 1, \forall\, i\,.$$

3) Количество пострадавших, транспортируемых в конкретную больницу, не должно превышать количества свободных мест в ней:

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{R} X_{ijk} \le Free(H_k), \forall\, k\,.$$

4) Для транспортировки пострадавших используется только такой вид транспорта, который соответствует характеру и тяжести повреждений (семантическое ограничение задачи).
5) Пострадавший может быть доставлен только в определённый тип больницы в соответствии с характером и тяжестью повреждений (семантическое ограничение задачи).
6) Время транспортировки пострадавшего в больницу (если оно является критическим для пациента и определено) не должно превышать установленной величины.

Представленная математическая модель, подробно описанная в [16], позволяет найти рациональное распределение ресурсов для транспортировки потерпевших в больницу. Но иногда на практике бывают ситуации, когда транспортировка пострадавшего в наиболее подходящую для него больницу не является хорошим решением. Это может быть связано с тем, что в это же время некоторые пострадавшие транспортируются в ту же больницу. Тогда эта больница будет испытывать трудности с приёмом и обслуживанием пострадавших из-за ограниченности собственных ресурсов (операционных, врачей и т.д.). В то же время есть другие больницы, которые не перегружены приёмом пострадавших. В этой ситуации лучшим решением было бы транспортировать пострадавшего в одну из таких больниц.

Рассмотрим пример. Пусть имеется 6 больниц и 10 пострадавших. И предположим, что только 2 больницы являются наиболее подходящими для 10 пострадавших. Тогда 10 человек должны перевозиться только в эти две больницы. В этом случае эти больницы будут испытывать трудности с приёмом пострадавших, поскольку они не могут иметь достаточного количества операционных и медицинского персонала для обслуживания пострадавших в один момент времени. В то же время остальные 4 больницы не задействованы. Это решение не является эффективным. Хорошим решением будет распределить пострадавших в больницы равномерно, чтобы не перегружать медицинский персонал.

Отличительной особенностью данной модификации постановки задачи является то, что рациональное поведение агентов должно учитывать равномерное (без перегрузок обслуживающего персонала) распределение пострадавших в больницы. Это означает, что пострадавшие, поступающие в больницу, не должны создавать заторов при приёме.

Введенное нами ограничение может быть представлено функцией, учитывающей возможности приёма потока пострадавших больницами. Таким образом, целевая функция с учётом введённых условий примет следующий вид:

$$F = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{R} \frac{X_{ijk}[Z(P_i, A_j)D(P_i, H_k)]}{S_{ij} * S_{ik}} * \prod_{k=1}^{R} U_k\Big(\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} X_{ijk}\Big) \to \mathbf{min}\,,$$

где: $\prod_{k=1}^{R} U_k (\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} X_{ijk})$ - множитель, учитывающий условие равномерности поступления пострадавших в больницы с учётом их возможностей;

$\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} X_{ijk}$ – общее количество пострадавших, транспортируемых в больницу *k;*

$U_k(q) \geq 1$ – величина, отражающая увеличение расходов, связанных с приёмом большего количества пострадавших, чем больница может принять в обычных условиях.

В качестве базовой принята модель рефлексивных агентов, предложенная Вулдриджом и Дженнингсом [13].

Каждый агент-пациент имеет цель, которая представлена в виде функции полезности. Особенность решаемой задачи определяет характер взаимодействия и поведения агентов-пациентов при достижении поставленных целей. В нашем случае поведение агентов-пациентов не является антагонистическим, так как они должны работать вместе, чтобы решить общую задачу – все они должны быть доставлены в больницы при помощи соответствующих транспортных средств при минимальных затратах. С учётом указанных обстоятельств функция полезности, которая определяет поведение агентов-пациентов, не принимает во внимание их собственную выгоду, а учитывает в целом затраты на транспортировку всех пострадавших. С другой стороны, агент-пациент имеет информацию о стоимости только своей транспортировки (эта величина может быть рассчитана). Для достижения своих целей агенты-пациенты ведут переговоры друг с другом. Суть этих переговоров состоит в том, чтобы при совместном использовании ресурсов (транспортных средств, больниц) для достижения собственных целей получить лучшее решение. Таким образом, общая целевая функция и, следовательно, функция полезности для каждого агента-пациента улучшится.

Рассмотрим более подробно, как происходит процесс переговоров.

Пусть каждый агент-пациент умеет вычислять (и хранит вычисленное значение) функцию затрат на собственную транспортировку F_i:

$$F_i = \frac{Z(P_i, A_j^i) D(P_i, H_k^i)}{S_{ij} * S_{ik}}.$$

Далее предположим, что у нас есть пациенты A и B, которые имеют соответствующие стоимости затрат на их транспортировку F_A и F_B соответственно. Допустим, в процессе коммуникации два агента-пациента решили обменяться какими-либо ресурсами (транспортными средствами или больницами), при этом подразумевается, что в результате обмена семантические ограничения задачи будут соблюдены. После обмена эти два агента-пациента будут иметь новые стоимости затрат на их транспортировку – F'_A и F'_B соответственно. При этом, если новые суммарные затраты на транспортировку окажутся меньше предыдущих затрат, то есть $F'_A+F'_B < F_A+F_B$, то целесообразно провести такой обмен ресурсами, поскольку общие затраты на транспортировку пострадавших снизятся.

На базе агентной платформы JADE[2] разработан прототип многоагентной системы, в которой реализованы три типа агентов (пациенты, больницы и транспорт) [16]. Фрагмент исходной информации о пострадавших и выделенных им ресурсах приведён ниже.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<agents>
    <agent name="Auto1" type="Auto" />
    <agent name="Auto2" type="Auto" />
```

[2] Агентная платформа JADE (Java Agent DEvelopment Framework) основана на спецификации стандарта по разработке систем интеллектуальных агентов.

```
    <agent name="Hospital1" type="Hospital" />
    <agent name="Hospital2" type="Hospital" />
     <agent name="Patient1" type="Patient">
        <resource type="Auto" name="Auto1" value="0.8"/>
        <resource type="Auto" name="Auto7" value="0.7"/>
        <resource type="Auto" name="Auto8" value="0.5"/>
        <resource type="Auto" name="Auto6" value="0.1"/>
    </agent>
                …
   <agent name="Patient5" type="Patient">
        <resource type="Auto" name="Auto8" value="0.9" />
        <resource type="Auto" name="Auto2" value="0.6" />
        <resource type="Auto" name="Auto1" value="0.5" />
        <resource type="Auto" name="Auto6" value="0.1" />
    </agent>
</agents>
```

Этот XML-код хранит информацию о пациентах, транспортных средствах и больницах, необходимую для функционирования многоагентной системы. Для каждого агента-пациента присутствует информация о степени соответствия выделяемых ему ресурсов.

В результате работы прототипа создаётся схожий по структуре xml-файл, содержащий информацию о пациентах и выделенных им ресурсах.

5 Прототип системы поддержки принятия решений для распределения ресурсов в чрезвычайных ситуациях

На рисунке 4 представлен интерфейс разработанного прототипа СППР для распределения ресурсов в ЧС.

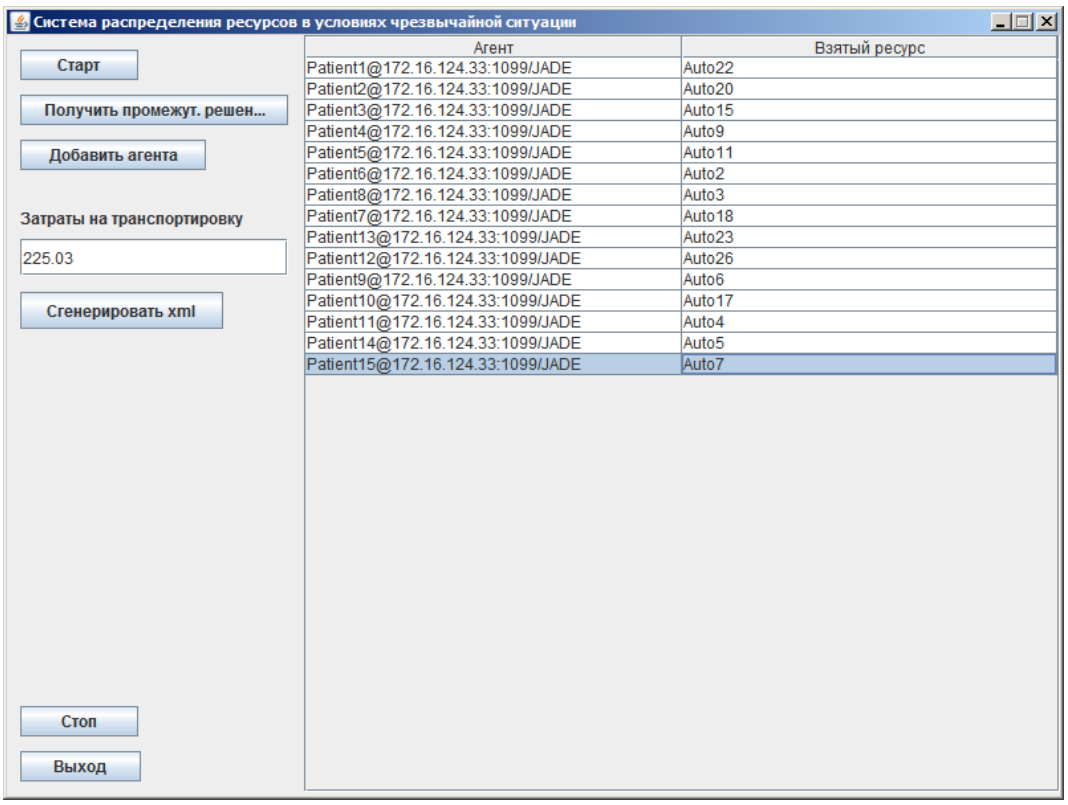


Рисунок 4 – Интерфейс разработанного прототипа СППР

Интерфейс создан с целью демонстрации возможности программы. Чтобы приступить к работе, достаточно нажать кнопку «Старт». После этого произойдет загрузка данных и генерация агентов. Система запустится, и начнется распределение ресурсов между агентами. Результаты распределения можно наблюдать в режиме реального времени в правой части графического интерфейса прототипа.

Для увеличения мобильности приложения разработана клиентская версия для мобильной платформы, управляемой операционной системой Android. Мобильное приложение даёт следующие преимущества:

- предоставление актуальной информации о пострадавших, а также информации о транспорте, который для них необходим;
- организация обмена информацией между основным управляющим центром и всеми клиентами, что в свою очередь позволяет поддерживать актуальность данных.

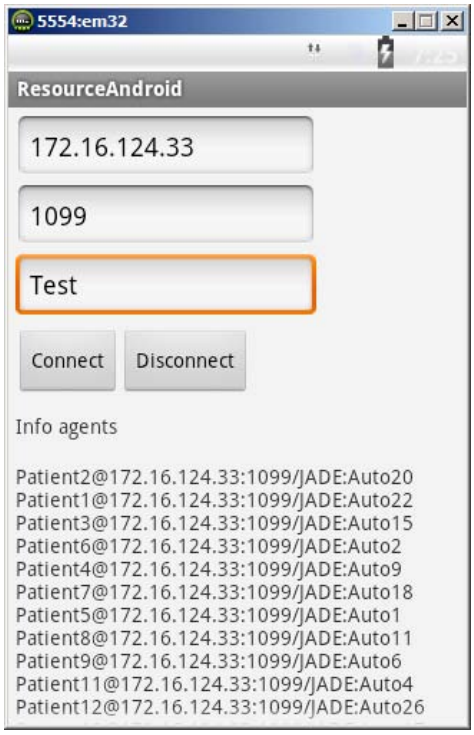


Рисунок 5 – Интерфейс мобильного приложения СППР

Интерфейс разработанной версии приложения для мобильных платформ представлен на рисунке 5. При подключении к серверу на нём создается новый агент, отвечающий за связь устройства с многоагентной системой. После этого появляется возможность свободно обмениваться сообщениями с другими агентами. Далее созданный агент отправляет запрос на получение данных и в качестве ответа получает информацию о текущем состоянии агентов и выводит данные на форму. Актуальность информации поддерживается путём периодических запросов на её получение.

Для оценки эффективности алгоритма перераспределения ресурсов была проведена серия экспериментов. Полученные решения сравнивались с исходными значениями затрат, полученными в результате работы программы, используемой для решения этой задачи, подробное описание которой можно найти в [17].

Были проведены эксперименты с различным количеством пострадавших и ресурсов.

Первоначальная информация была сгенерирована на основе данных о количестве пациентов и имеющихся ресурсах. Информация о степени соответствия назначенного ресурса генерировалась случайным образом. В результате были созданы наборы тестовых данных.

Анализ результатов показал, что суммарные затраты на транспортировку пострадавших уменьшаются в среднем на 15–55% по сравнению с первоначальным распределением.

Заключение

Предложена модель задачи управления ресурсами сложных систем с учётом семантических ограничений ПрО, которая положена в основу разработки математического обеспечения СППР. Определены принципы разработки и структура СППР. Результаты апробации разработанных моделей позволяют судить о работоспособности и эффективности предлагаемых алгоритмов в плане повышения оперативности управления ресурсами за счёт возможности учёта индивидуальных особенностей моделируемых сущностей реального мира и слабо формализуемых семантических ограничений ПрО.

Благодарности

Исследование частично поддержано грантами РФФИ 14-07-00811-а, 15-07-01565-а.

Список источников

[1] ***Акофф, Р.*** Планирование в больших экономических системах / Р. Акофф / М.: Мир, 1972. - 228 с.
[2] ***Берталанфи, фон Л.*** Общая теория систем: критический обзор /Л. Берталанфи // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969.
[3] ***Бир, С***. Мозг фирмы / С. Бир / М.: Радио и связь, 1994.
[4] ***Беллман, Р.*** Прикладные задачи динамического программирования / Р. Беллман, С. Дрейфус/ М.: Наука, 1965. - 460 с.
[5] ***Таха, Х.А.*** Введение в исследование операций / Х.А. Таха / М.: Вильямс, 2005. - 912 с.
[6] ***Полтерович, В.М.*** Теория оптимального распределения ресурсов Л. В. Канторовича в истории экономической мысли / В.М. Полтерович // Журнал Новой экономической ассоциации. 2012, № 1 (13). - С. 176-180.
[7] ***Гранберг, А.Г.*** Моделирование социалистической экономики / А.Г. Гранберг / М.: Экономика, 1988. - 488 с.
[8] ***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(8). – С. 20-25.
[9] ***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.
[10] ***Городецкий, В.И.*** Самоорганизация и многоагентные системы. Модели многоагентной самоорганизации / В.И. Городецкий // Известия РАН. Теория и системы управления. 2012. №2. – С. 92-120.
[11] ***Ризванов, Д.А.*** Алгоритмы управления ресурсами в сложных системах с применением многоагентных технологий / Д.А. Ризванов // Вестник УГАТУ. 2013. Т. 17, №5(58). – С. 117-123.
[12] ***Ризванов, Д.А.*** Многоагентная система составления расписания прохождения процедур отдыхающими в санаторно-курортном комплексе / Д.А. Ризванов, Г.В. Сенькина, Д.В. Попов, Д.Р. Богданова // Материалы 8-ой Международной конференции «Компьютерные науки и информационные технологии» (CSIT'2006). – Карлсруэ, Германия. 2006. Т.1. – С. 118-124.
[13] ***Wooldridge, M.J.*** Intelligent Agents: Theory and Practice / M.J. Wooldridge, N.R. Jennings // Knowledge Engineering Review. 1995. 10(2). – P. 115-152.
[14] ***Вдовин, В.М.*** Теория систем и системный анализ / В.М. Вдовин, Л.Е. Суркова, В.А. Валентинов. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2010.
[15] The collaborative project SpeedUp - http://www.speedup-projekt.de/en/SpeedUp-p-9.html (Актуально на 03.09.2015)
[16] ***Gabdulkhakova, A.*** Rational Resource Allocation in Mass Casualty Incidents – Adaptivity and Efficiency / A. Gabdulkhakova, B. König-Ries, D. Rizvanov // Proc of the 9th Int. ISCRAM Conference – Vancouver, Canada, April 2012.
[17] ***Kuester, U.*** DIANE – A Matchmaking-Centered Framework for Automated Service Discovery, Composition, Binding and Invocation on the Web / U. Kuester, B. Koenig-Ries, M. Klein, M. Stern // Special Issue of IJEC (International Journal of Electronic Commerce) on Semantic Matchmaking and Retrieval, 2007.

INTELLIGENT DECISION SUPPORT FOR RESOURCE MANAGEMENT OF COMPLEX SYSTEMS BASED ON MULTI-AGENT APPROACH

D.A. Rizvanov[1], N.I. Yusupova[2]

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia
[1]ridmi@yandex.ru, [2]yussupova@ugatu.ac.ru

Abstract

Decision-making support in management of complex systems, operating in conditions of uncertainty and resource constraints, serves to improve management efficiency and the quality of decisions, which depend on the use of decision support technologies, methods, data and knowledge quality. This article reviews the mathematical model of the problem of resource management of complex systems based on semantic constraints. The general algorithm based on multi-agent approach is proposed to solve the problem of resource management, taking into account the limitations of semantic domain. The basic requirements and principles of decision support system design for the resources management of complex systems are formulated. The main content of support types of decision support system design is presented. The prototype of solving the problem of resource management in emergency situations was developed. The results of evaluation of the effectiveness of using the prototype are given.

Key words: *multi-agent approach, resource management, decision-making support.*

Acknowledgment

The research was conducted with partial support from the RFBR grants 14-07-00811-a and 15-07-01565-a.

References

[1] ***Akoff, R.*** Planirovanie v bol'shih jekonomicheskih sistemah [Planning in big economic systems] / R. Akoff / M.: Mir, 1972. - 228 p. (In Russian).

[2] ***Bertalanfi, fon L.*** Obshhaja teorija sistem: kriticheskij obzor [Basic theory of systems: critical review]/L. Bertalanfi // Issledovanija po obshhej teorii sistem. – M.: Progress, 1969. (In Russian).

[3] ***Bir, S.*** Mozg firmy [Enterprise brain] / S. Bir / M.: Radio i svjaz', 1994. (In Russian).

[4] ***Bellman, R.*** Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovanija [Practical applications of dynamic programming] / R. Bellman, S. Drejfus/ M.: Nauka, 1965. - 460 p. (In Russian).

[5] ***Taha, H.A.*** Vvedenie v issledovanie operacij [Introduction into operations analysis] / H.A. Taha / M.: Vil'jams, 2005. - 912 p. (In Russian).

[6] ***Polterovich, V.M.*** Teorija optimal'nogo raspredelenija resursov [Theory of optiml resource distribution] / L. V. Kantorovicha v istorii jekonomicheskoj mysli / V.M. Polterovich // Zhurnal Novoj jekonomicheskoj associacii. 2012, № 1 (13). - Pp. 176-180.

[7] ***Granberg, A.G.*** Modelirovanie socialisticheskoj jekonomiki [Modeling of socialist economics] / A.G. Granberg / M.: Jekonomika, 1988. - 488 p.

[8] ***Vittikh, V.A.*** Prinjatie reshenij na osnove konsensusa s primeneniem mul'tiagentnych technologij [Decision making on the basis of consensus using multi-agent technologies] / V.A. Vittikh, T.V. Moisseeva, P.O. Skobelev // Ontologija proektirovanija. 2013. No. 2(8). - P. 20–25. (In Russian).

[9] ***Skobelev, P.O.*** Intellektual'nye sistemy upravlenija resursami v real'nom vremeni: principy razrabotki, opyt promyshlennyh vnedrenij i perspektivy razvitija [Intellectual systems of real-time resource management: enterprise integration experience and evolution perspective]/ P.O. Skobelev // Prilozhenie k zhurnalu «Informacionnye tehnologii». 2013. No. 1. – Pp. 1-32. (In Russian).

[10] ***Gorodeckij, V.I.*** Samoorganizacija i mnogoagentnye sistemy. Modeli mnogoagentnoj samoorganizacii [Self-organization and multi-agent systems. Models of multi-agent organization] / V.I. Gorodeckij // Izvestija RAN. Teorija i sistemy upravlenija. 2012. № 2. – P. 92-120. (In Russian).

[11] ***Rizvanov, D.A.*** Algoritmy upravlenija resursami v slozhnyh sistemah s primeneniem mnogoagentnyh tehnologij [Resource management algorithms in complex systems using multi-agent technologies] / D.A. Rizvanov // Vestnik UGATU. 2013. T. 17, No. 5(58). – P. 117-123. (In Russian).

[12] ***Rizvanov, D.A.*** Mnogoagentnaja sistema sostavlenija raspisanija prohozhdenija procedur otdyhajushhimi v sanatorno-kurortnom komplekse [Multi-agent system for automated medical procedures schedule creation for a therapeutic resort visitors] / D.A. Rizvanov, G.V. Senkina, D.V. Popov, D.R. Bogdanova // Materialy 8-j Mezhdunarodnoj konferencii «Komp'juternye nauki i informacionnye tehnologii» (CSIT'2006). – Karlsruje, Germanija. 2006. Vol. 1. – P. 118-124. (In Russian).

[13] ***Wooldridge, M.J.*** Intelligent Agents: Theory and Practice / M.J. Wooldridge, N.R. Jennings // Knowledge Engineering Review. 1995. 10(2). – P. 115-152.

[14] ***Vdovin, V.M.*** Teorija sistem i sistemnyj analiz: uchebnik [The theory of systems and system analysis] / V.M. Vdovin, L.E. Surkova, V.A. Valentinov. – Moscow: Izdatel'sko-torgovaja korporacija «Dashkov i K», 2010. (In Russian).

[15] The collaborative project SpeedUp - http://www.speedup-projekt.de/en/SpeedUp-p-9.html (Valid on 03.09.2015)

[16] ***Gabdulkhakova, A.*** Rational Resource Allocation in Mass Casualty Incidents – Adaptivity and Efficiency / A. Gabdulkhakova, B. König-Ries, D. Rizvanov // Proc of the 9th Int. ISCRAM Conference – Vancouver, Canada, April 2012.

[17] ***Kuester, U.*** DIANE – A Matchmaking-Centered Framework for Automated Service Discovery, Composition, Binding and Invocation on the Web / U. Kuester, B. Koenig-Ries, M. Klein, M. Stern // Special Issue of IJEC (International Journal of Electronic Commerce) on Semantic Matchmaking and Retrieval, 2007.

Сведения об авторах

Ризванов Дмитрий Анварович, 1973 г. рождения. Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет 1995 г., к.э.н. (2003). Доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета. Область интересов - поддержка принятия решений в социально-экономических системах, разработка многоагентных систем.

Dmitriy Anvarovich Rizvanov (b.1973) graduated from the Ufa State Aviation Technical Univercity (USATU) in 1995, PhD (2003). He is Assoc. Prof. at Dept. of Computational Mathematics and Cybernetics of USATU. His area of scientific interest lies in social-economics system development and multi-agent systems.

Юсупова Нафиса Исламовна, 1953 г. рождения. Декан факультета информатики и робототехники, зав. кафедрой вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета. По образованию - радиофизик (Воронежский государственный университет, 1975). Доктор технических наук (УГАТУ, 1998). Научные интересы – ситуационное управление и информационные технологии.

Nafisa Islamovna Yusupova (b. 1953). Professor, Dr.-Eng. Dean of the Faculty of Computer Science and Robotics, Ufa State Aviation Technical University (USATU), Head of the Dept. of Computational Mathematics and Cybernetics. Diploma in radiophysics (Voronezh State University, 1975). Dr.-Eng. (USATU, 1998). Scientific interests - situational management and information technology.

УДК 621: 658.512: 519.233 doi: 10.18287/2223-9537-2015-5-3-313-327

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ, ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, ЗНАНИЙ: ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА

А.Я. Дмитриев[1, 2], Т.А. Митрошкина[1]

[1]*Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), Самара, Россия*
dmitriev57@rambler.ru

[2]*Самарская государственная областная академия (Наяновой), Самара, Россия*
t.mitroshkina@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются особенности разработки продукции и технологических процессов на основе онтологического подхода и эффективного применения метода развёртывания (структурирования) функции качества QFD. Предложенная модель идентификации качества как решения обратной некорректно поставленной задачи на основе онтологического подхода и метода QFD обладает усовершенствованным математическим аппаратом и позволяет использовать различную дополнительную информацию. Предлагаемый устойчивый матричный метод MTQFD (*Matrix Technique* QFD) позволяет определять не только приоритеты, но и оценки целевых значений характеристик продукции и параметров технологических процессов, при этом возможно использование информации об отрицательных взаимосвязях. Рекомендации по применению устойчивого матричного метода MTQFD определения приоритетов и оценок целевых значений характеристик продукции и параметров технологических процессов и предложенная онтологическая модель универсальны и могут быть использованы для идентификации качества продукции и услуг.

Ключевые слова: *модель, идентификация качества, QFD, развёртывание функции качества, онтология, база знаний, менеджмент знаний, матричный метод QFD.*

Введение

Эффективная разработка продукции и управление качеством на основе онтологического подхода, выполнения требований стандартов, применения баз знаний, предметных онтологий и методов менеджмента качества является важнейшим направлением повышения конкурентоспособности продукции и отечественных предприятий на современном этапе. Вопросы модернизации продукции и технологий в свете современной конкуренции и задач импортозамещения выходят на передний план для российской промышленности.

Под проектированием качества продукции мы понимаем разработку необходимой продукции на основе ожиданий потребителей, знаний и параметрической идентификации характеристик качества. Идентификация качества (определения приоритетов и целевых значений характеристик) на основе ожиданий потребителей и знаний разработчика является ключевой задачей, от решения которой зависят дальнейшие этапы проектирования и жизненного цикла продукции и в конечном итоге конкурентоспособность организации. Трудности при идентификации качества новой и сложной продукции возникают в связи с тем, что задача параметрической идентификации, по сути, является обратной. Необходимо определить характеристики проектируемой продукции или услуги (причину) по выявленной удовлетворенности (следствие). Успех решения обратных задач сильно зависит как от качества и количества ис-

ходной информации, так и от способа её обработки. В то же время задача параметрической идентификации качества продукции и услуг, как и большинство обратных задач, является некорректной. Некорректность проявляется, в том числе, в высокой изменчивости требований во времени, неоднозначности невысказанных ожиданий и т.д.

Целью работы является повышение качества и конкурентоспособности продукции за счёт проектирования и модернизации продукции и технологических процессов на основе широкого использования различного рода информации (знаний) и идентификации целевых значений характеристик продукции и параметров процессов при эффективном применении развёртывания (структурирования) функции качества QFD (*Quality Function Deployment*). Авторы полагают, что для достижения установленной цели необходимо решение следующих задач:

- создать модель идентификации качества как решения обратной некорректно поставленной задачи на основе метода QFD [1-4] с усовершенствованным математическим аппаратом и использованием дополнительной информации;
- разработать устойчивый матричный метод MTQFD (*Matrix Technique* QFD) определения приоритетов и параметрической идентификации целевых значений характеристик продукции/компонентов и параметров технологических процессов, учитывающий базу знаний;
- разработать методику и программный модуль учёта дополнительной информации в системе MathCAD для параметрической идентификации целевых значений конкретных характеристик продукции/компонентов и параметров технологического процесса с учётом погрешности входной информации на основе метода MTQFD.

1 Роль онтологической парадигмы в международных стандартах менеджмента

Формирование научной рациональности и научно-технический прогресс вывели на первый план установки на эффективное преобразование реального. Онтология предстала учением о бытии как должном, как обоснование эффективного проекта преобразования бытия. Достижения информационных технологий и привели к смене онтологической парадигмы: представлениям о бытии как *потенциально возможном*. Новая парадигма выражает смену установок в рассмотрении бытия в качестве действительности «как она есть»; как рационально необходимого - на то, какова она может быть. Речь идёт о необходимом, реальном и возможном [6].

Парадигма постнеклассической науки и онтологического моделирования исследует весь цикл проектирования, включая генезис зарождения идеи из возникающей потребности, трансформации её в техническое задание на проектирование и сам процесс описания нового артефакта во взаимодействии с проектной средой. Параллельно с процессом дифференциации идёт и интеграционный процесс в области научных знаний, когда прорывные идеи рождаются на стыках уже «устоявшихся» научных знаний, представлений и сложившихся дисциплин. Этот происходящий в науке естественный процесс есть не что иное, как «искусственный» приём, позволяющий искать и находить свой путь к знаниям [7].

Проектирование и разработка онтологий (онтологический инжиниринг) – основа концепции менеджмента знаний – на настоящий момент наиболее перспективный подход к управлению сложными «информационно наполненными» системами. Разработка систем менеджмента знаний включает несколько этапов: накопление, извлечение, структурирование, формализация и программная реализация, обслуживание. На данный момент разработано достаточно много онтологий (онтологических моделей) для описания и управления сложны-

ми системами в самых различных предметных областях (ПрО) - от искусственного интеллекта, медицины, интернет-технологий до систем управления организациями, отдельных видов деятельности и продукции. Построение информационных моделей в ситуационном управлении рассматривается как задача построения онтологий ПрО и онтологических моделей ситуаций [8].

Основная задача онтологического подхода – упорядочение знаний путём их систематизации, создания единой иерархии понятий, унификации терминов и правил интерпретации - отвечает общей цели повышения эффективности проектирования продукции в соответствии с требованиями и ожиданиями потребителя. Методология онтологического инжиниринга позволит оптимизировать процесс проектирования продукции с учётом не только требований и ожиданий потребителей, но и накопленной базы знаний разработчика.

Онтологию проектирования понимают как формализованное описание знаний субъектов проектирования о процессе проектирования новых или модернизации уже известных артефактов, знания о самом объекте проектирования и близких к нему по свойствам артефактов, а также тезаурус ПрО. Проектирование использует полученные наукой и практикой модели уже с целью преобразования предметов практической деятельности в соответствующие продукты. Это преобразование всегда определено сущностными связями, законами изменения и развития объектов, и сама деятельность может быть успешной только тогда, когда она согласуется с этими законами [7, 9].

Современные международные стандарты на системы менеджмента, включая стандарт на систему менеджмента качества ISO 9001, разрабатываются с использованием единого подхода и требуют управления базами знаний организаций [10, 11]. Так, новая версия стандарта ISO 9001 (ISO 9001:2015) разработана в соответствии с приложением к директиве ISO Annex SL (ISO/IEC Directives, Part 1 Consolidated ISO Supplement – Procedures specific to ISO). Директива устанавливает новый, единый стандарт для систем управления (на основе ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001, ISO 22000, ISO/IEC 27001 и др.), в соответствии с которым все стандарты систем управления будут приведены к единой структуре.

Пункт 7.1.6 ISO 9001:2015 «Знания организации» в проекте стандарта ISO 9001:2015 содержит требования по управлению базой знаний [12]:

- определить знания, необходимые организации для реализации процессов и достижения соответствия продукции и услуг;
- информация должна храниться и быть доступной в той степени, в которой это необходимо;
- при изменении потребностей и тенденций организация должна проанализировать комплекс существующих знаний и выработать методы получения новых знаний.

Интеграция в ISO 9001 требований в области управления знаниями и внедрение риск-менеджмента являются основными направлениями обновления стандарта и приведения его к современному уровню развития управленческой науки.

2 Разработка модели и метода идентификации качества продукции на основе онтологического подхода и QFD

Ключевой задачей обеспечения качества является определение (идентификация) характеристик качества продукции. От решения этой задачи зависят дальнейшие этапы жизненного цикла продукции и, в конечном итоге, конкурентоспособность организации. В теории управления под идентификацией системы понимают определение структуры системы и её параметров путем анализа входных и выходных данных системы [13]. Рассмотрим структур-

ную и параметрическую идентификацию товарной продукции с использованием современных методов управления качеством.

Современным методом трансформации требований потребителя в непосредственные характеристики новой (или модернизируемой) продукции и идентификации качества является метод QFD. Целью применения метода является преобразование запроса потребителя (требований и ожиданий) в технические характеристики продукции и рабочие инструкции, визуализация, документирование и планирование качества продукции. Основным элементом QFD является именно *развёртывание* требований потребителя в производстве и достижение соответствующих технических характеристик, отвечающих ожиданиям потребителя. То есть речь в данном случае идёт о подготовке производства к выпуску нового изделия [4].

В развернутом виде процесс реализации QFD включает четыре уровня, и на каждом из них строится свой Дом качества (*House of Quality*, HoQ), в классическом виде, состоящий из шести частей (рисунок 1): 1 – требования потребителя (включая важность требований для потребителя); 2 – технические характеристики; 3 – уровень зависимости выполнения требований от технических характеристик; 4 – оценка выполнения требований (с точки зрения потребителя) для существующей на рынке подобной продукции; 5 – корреляция между техническими характеристиками; 6 – значения технических характеристик, оценки абсолютной и относительной важности характеристик.

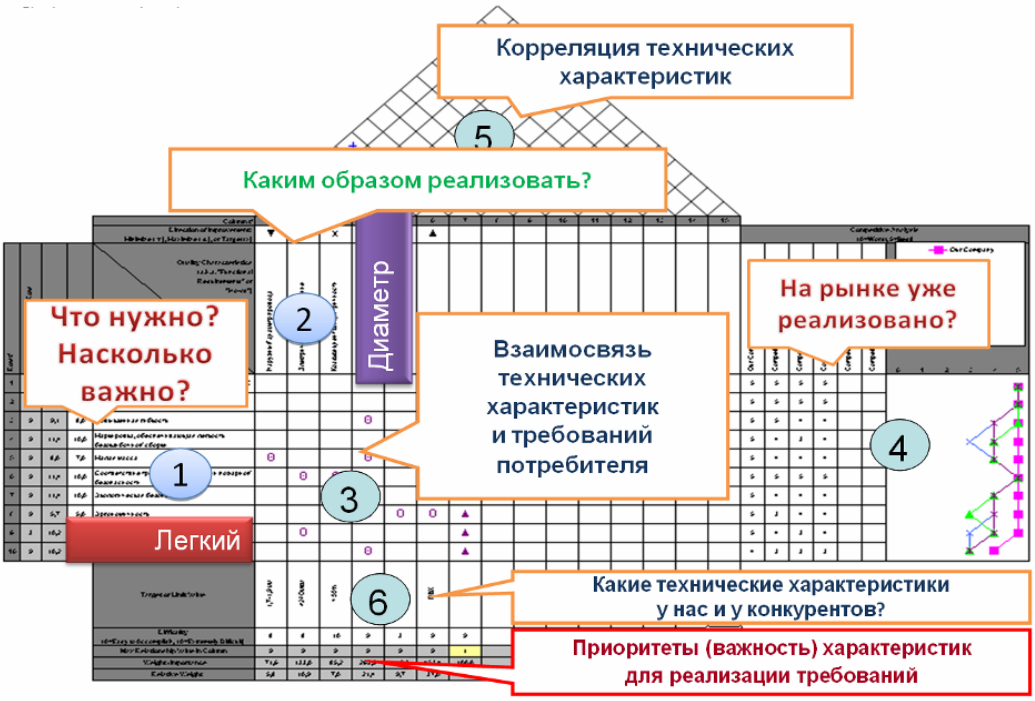


Рисунок 1 – Дом качества (HoQ) QFD I уровня

На I уровне потребительские характеристики преобразуются в технические. Затем последние преобразуются в характеристики компонентов (II уровень), далее – в параметры процессов (III уровень), а затем - в требования к исполнению операций (IV уровень).

Основным элементом Дома качества является матрица взаимосвязи: требований и характеристик продукции на I уровне QFD, характеристик продукции и характеристик компонентов на II уровне QFD, характеристик компонентов и параметров технологических процессов на III уровне QFD, параметров технологических процессов и параметров производственных/вспомогательных операций на IV уровне QFD. Наиболее часто используется 4-точечная шкала взаимосвязи: отсутствие, слабая, средняя, сильная.

Результатом применения QFD является определение приоритетов и выявление характеристик продукции, характеристик компонентов, параметров технологического процесса и вспомогательных операций, в наибольшей степени влияющих на выполнение требований потребителя.

Так, абсолютное значение приоритета j-ой обобщенной характеристики продукции на 1 уровне QFD рассчитывается по формуле:

$$q1_j = \sum_{i=1}^{n}(p1_i \cdot h1_{ij}) = p1_1 h1_{1j} + p1_2 h1_{2j} + \ldots + p1_n h1_{nj}, \quad (1)$$

где $h1_{ij}$ – коэффициент взаимосвязи j-ой обобщенной характеристики продукции и i-го требования,

$p1_i$ – относительное значение важности i-го требования для потребителя,

n – количество требований потребителя.

QFD впервые был применён в Японии в конце 60-х годов прошлого века, первые публикации на английском языке появились в конце 80-х годов. На русском языке первые публикации по развёртыванию функции качества появились только в начале 2000-х годов [3, 4]

Методы идентификации качества эволюционируют одновременно с развитием самого понятия «качество». При этом значительную роль в развитии QFD играют математические подходы, которые используются как в вычислительной части (матричное исчисление, решение обратной задачи), так и в части интеграции с другими методами, такими как таблица голоса потребителя (VOCT) [1, 2], теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) [14, 15], анализ видов и последствий потенциальных несоответствий (FMEA) [16-18], проекты улучшения «Шесть сигма» и другими [19-21].

При реализации QFD и идентификации качества новой и сложной продукции трудности возникают в связи с тем, что задача идентификации качества, по сути, является обратной. Необходимо определить качество проектируемой продукции или услуги (причину) по высказанной или проявленной удовлетворённости (следствие). В отличие от решения прямых задач, решение состоящих в обращении причинно-следственных связей задач (обратных задач) связано с преодолением определённых математических трудностей (особенно в случае, когда количество требований меньше количества характеристик). Успех решения обратных задач сильно зависит как от качества и количества исходной информации, так и от способа её обработки. В то же время задача идентификации качества продукции и услуг является некорректной: пространство исходных данных не статично, для близких исходных данных существует множество решений и т.д. Некорректность также проявляется в высокой изменчивости требований во времени, неоднозначности невысказанных ожиданий и т.д. [13, 22].

Таким образом, можно указать следующие недостатки или ограничения существующих подходов к идентификации качества на основе развёртывания функции качества.

1) Трудоёмкость вычислений и ограниченность возможных размеров матриц взаимосвязей. Невозможно учитывать отрицательные взаимосвязи (например, если увеличение значения характеристики приводит к снижению степени выполнения одного требования и к увеличению выполнения другого требования, рассчитанное значение приоритета характеристики может оказаться небольшим, в то время как в действительности, изменение значения характеристики значительно сказывается на выполнении требований потребителя). Наиболее часто для практических целей используется только 1 уровень QFD. В России, в виду малого количества методических публикаций на русском языке [3-5], QFD остаётся в настоящий момент сложным методом для практического применения и лишь инструментом для научно-исследовательских работ. При использовании метода QFD фактически определяются только приоритетность направлений для

совершенствования. Целевые значения характеристик модифицированной продукции определяются субъективно (экспертное принятие решения) и зависят от уже имеющейся продукции на рынке (т.е. по данным технического бенчмаркинга).

2) Неполно учитывается некорректность задачи, сложность или ограниченность использования различной информации: взаимосвязь требований и ожиданий потребителей, взаимосвязь характеристик продукции, наличие рисков, сложность/стоимость изменения технических характеристик, изменчивость рынка, погрешность экспертных оценок и т.д.

Для преодоления указанных сложностей была поставлена задача создания модели процесса идентификации характеристик качества как решения обратной некорректно поставленной задачи на основе метода развёртывания функции качества с усовершенствованным математическим аппаратом.

При реализации QFD разработчикам необходимо использовать различные базы знаний. Пример использования баз знаний при реализации I уровня QFD приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Использование баз знаний при реализации QFD I уровня

Основные этапы реализации QFD I уровня	***Базы знаний***
Формирование команды QFD	Методология формирования команд. База специалистов
Уточнение и ранжирование требований потребителей	Маркетинговые исследования, модель Кано, голос потребителя VOC, таблица голоса потребителя VOCT
Формирование перечня технических характеристик продукции/компонента, параметров технологического процесса	Бенчмаркинг, техническая база знаний, свои и чужие аналоги
Оценка взаимодействия технических характеристик продукции и требований потребителей (характеристик компонентов и характеристик продукции, параметров технологического и производственного процессов и характеристик компонентов)	Техническая база знаний
Оценка удовлетворённости потребителей и планирование развития продукции	Маркетинговые исследования, модель Кано, голос потребителя VOC, таблица голоса потребителя VOCT
Оценка взаимного влияния изменений технических характеристик продукции	Техническая база знаний
Анализ технических характеристик продукции конкурентов и установление целевых значений характеристик продукции	Бенчмаркинг, техническая база знаний, свои и чужие аналоги
Расчёт приоритетов технических характеристик продукции (компонентов, параметров технологических процессов)	Техническая база знаний

Для эффективного применения метода предлагается структуризация знаний и использование онтологического подхода. Традиционный подход к проектированию продукции подразумевает выбор концепции и определение технических характеристик продукции. При этом зачастую автором технического задания на проектирование является сам разработчик. Учитывается база знаний в части класса «Концепция продукции» и атрибутов «Характеристики продукции». Онтологическая модель проектирования качества продукции на основе метода QFD, в отличие от традиционного подхода к проектированию, в первую очередь учитывает класс «*Требования потребителя*» (рисунок 2).

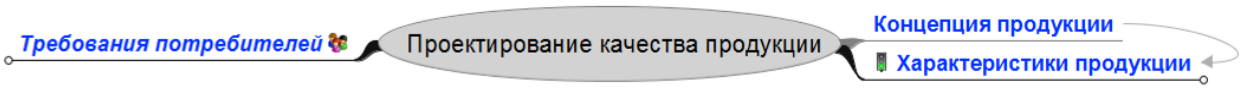


Рисунок 2 – Обобщённая онтологическая модель проектирования качества продукции с учётом требований потребителей

Требования потребителей определяются на основе анализа голоса потребителей и описываются *перечнем требований* (в соответствии с моделью Н. Кано [4, 23] состоят из *базовых требований*, *контрактных требований* и *ожиданий* потребителей), *важностью требований* (например, по 10-балльной шкале) и оценкой *конкурентоспособности продукции / удовлетворённости потребителя* (с учётом данных бенчмаркинга) (рисунок 3).

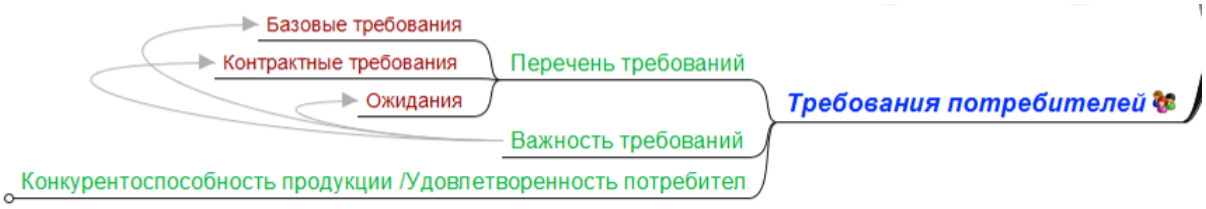


Рисунок 3 – Учёт требований потребителей в онтологической модели проектирования качества продукции

Результатом проектирования на первом уровне QFD являются концепция (структура) продукции и характеристики продукции, которые описываются перечнем технических характеристик, взаимосвязью и значением характеристик. При этом целью проектирования является не только «разработка» или «модификация» продукции, а разработка или модификация продукции с учётом взаимосвязи характеристик и данных бенчмаркинга таким образом, чтобы достичь необходимого уровня конкурентоспособности продукции. В случае проектирования продукции, состоящей из отдельных компонентов, большое внимание необходимо уделить проектированию качества компонентов, которое определяется не только их техническими характеристиками, но и качеством технологических процессов и условий производства. Онтологическая модель проектирования качества продукции на основе метода QFD реализована с использованием инструмента Protégé (рисунок 4). Структура онтологии аналогична иерархической структуре каталога.

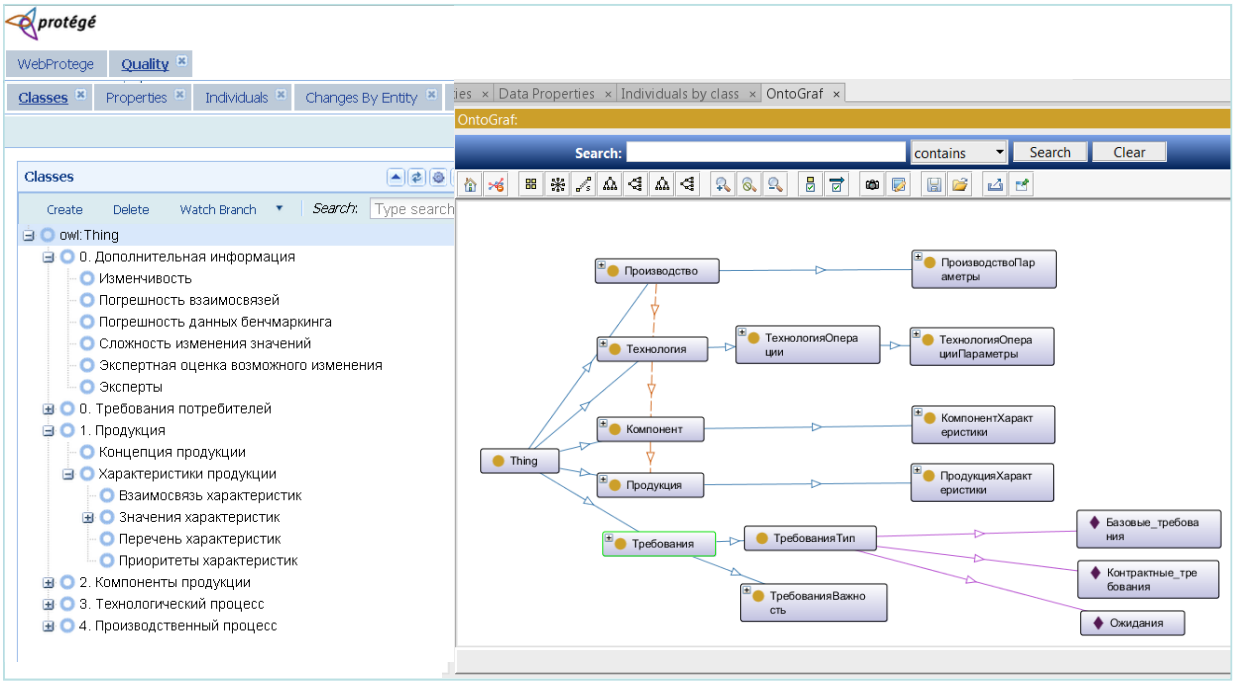


Рисунок 4 – Фрагмент онтологической модели проектирования качества продукции в системе Protégé

Онтологическая модель учитывает четыре уровня проектирования (продукция, компоненты, технология, производство), при этом каждый из уровней описывается рядом взаимосвязанных атрибутов. Представленная на рисунке 4 модель демонстрирует количество ис-

ходных данных (использование баз знаний на каждом уровне), трудоёмкость ручных вычислений при использовании стандартного математического аппарата и, в то же время, возможность и необходимость использования дополнительной информации (рисунки 4, 5).

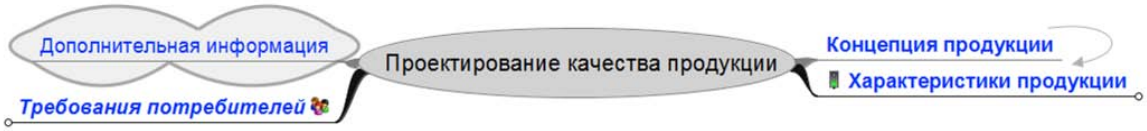


Рисунок 5 – Использование дополнительной информации в онтологической модели проектирования качества продукции

Дополнительная информация, которую необходимо учитывать, включает экспертные оценки возможных изменений, изменчивость характеристик, погрешность исходных данных и другую.

3 Реализация онтологической модели проектирования качества продукции на основе устойчивого матричного метода MTQFD

В связи с особенностями поставленной задачи (обратная, некорректная) и современными компьютерными возможностями, позволяющими обоснованно учитывать широкий круг различной дополнительной информации, предлагается использовать метод устойчивого приближенного решения следующего матричного уравнения (далее – *линейная математическая модель*, ЛММ):

$$H \cdot \delta\Theta = \delta P, \tag{2}$$

где $\delta\Theta$ – n-мерный вектор относительных отклонений параметров состояния (оценок целевых значений характеристик продукции для I уровня QFD), δP – k-мерный вектор относительных отклонений признаков состояния (важности требований и ожиданий потребителей (для I уровня QFD), H – матрица размером ($k \times n$) коэффициентов взаимосвязи требований и характеристик (для 1 уровня QFD).

Разработанный алгоритм матричного метода MTQFD включает в себя как общепринятый расчёт векторов приоритетов, так и параметрическую идентификацию характеристик продукции/компонентов (на I, II уровнях QFD) и параметров технологических процессов и вспомогательных операций (на III, IV уровнях QFD), широко применяемую в технических науках [24-26]. Повышение устойчивости и достоверности результатов идентификации качества при использовании матричного подхода и параметрической идентификации достигается за счёт использования дополнительной информации о погрешностях признаков состояния и возможных значениях параметров состояния.

Используя матричные преобразования и известный *метод наименьших квадратов* (МНК) по формуле (3) получим не только принятые в QFD оценки приоритетов изменения технических характеристик, но и другие оценки направлений дальнейшего совершенствования.

$$\delta\hat{\Theta} = (H^T P H)^{-1} H^T P \delta P, \tag{3}$$

где P – весовая матрица погрешностей требований и ожиданий.

Точность МНК-оценки зависит от структуры матрицы H и количественных характеристик P. В условиях существенных погрешностей коэффициентов ЛММ (матрица взаимосвязей H) МНК-оценка смещена и сильно разбросана. Разброс МНК-оценки может превосходить само значение относительного изменения параметра состояния [25, 26]. Кроме того, в условиях существования реальной возможности грубых ошибок в измерениях признаков со-

стояния (для первого уровня QFD погрешность маркетинговых данных может составлять 10..50% при малых выборках) применение МНК требует использования специальных методов предварительной отбраковки исходных данных [25, 26].

При простоте реализации МНК имеет ещё один существенный недостаток, не позволяющий применять его для большинства задач идентификации качества: метод не может быть применён при количестве параметров состояния, превышающем количество признаков состояния. Так как количество характеристик продукции и параметров процессов для сложной технической продукции исчисляется десятками, предлагается использовать МНК в ограниченных случаях, только если количество требований больше, чем количество характеристик / параметров, задействованных в модели.

В случаях, когда количество характеристик превышает количество требований, целесообразно использовать алгоритм устойчивой параметрической идентификации математической модели с учётом информации о погрешности модели (матрицы взаимосвязи требований и характеристик) и признаков состояния (требований и ожиданий), а также дополнительной информации о возможных значениях относительных изменений параметров состояния (характеристик) с учётом рисков, корреляционных взаимосвязей характеристик («крыша» HoQ).

Все устойчивые схемы оценивания для линейных моделей строятся на основе функций влияния и устойчивого оценивания. Особое внимание уделяется устойчивой оценке Хьюбера. Для нахождения устойчивой оценки Хьюбера используется итерационная процедура, сходящаяся к устойчивой оценке за конечное число итераций [24-26].

Решение задачи в такой постановке позволяет получить оценки параметров состояния (величины относительных изменений характеристик), согласованные как с результатами маркетинговых и бенчмаркинговых исследований, так и с дополнительной информацией и знаниях о погрешностях данных и возможностях разработчика.

Предлагается параметрическую идентификацию проводить на основе теории регуляризации, позволяющей обоснованно учитывать широкий круг различной дополнительной информации. При получении регуляризованных оценок, наилучшим образом учитывающих экспериментальную и дополнительную информацию, выбор параметра регуляризации α осуществляется с учетом погрешности измерений и погрешности коэффициентов (матрицы H) ЛММ [25, 26].

Решение задачи нахождения оценок параметров состояния проводится на основе вариационно-взвешенных квадратических приближений [25, 26]. Этот способ одновременно позволяет находить минимум суммы модулей невязок, действуя примерно так же, как и при нахождении минимума суммы квадратов невязок. Разница заключается в том, что минимизация суммы модулей проводится не за один шаг, а в ходе итерационного процесса, на каждой итерации которого уточняются специальным образом весовые функции.

В разработанном методе MTQFD регуляризованное решение задачи параметрической идентификации математической модели определяется следующим образом:

$$\delta\hat{\Theta}^{\alpha} = \arg\min_{\delta\Theta} M^{\alpha}[\delta\Theta]$$

где

(4)
$$M^{\alpha}[\delta\Theta] = \sum_{i=1}^{k} F_1(c_1, \Delta_i, p_i) + \alpha \sum_{j=1}^{n} F_2(c_2, \delta\Theta_j - \delta\Theta_j^0, q_i),$$

а F_1 и F_2 - функции вида
$$F(c, \Delta, p) = \begin{cases} (\Delta / p)^2 & , |\Delta / p| < c \\ 2c|\Delta / p| - c^2 & , |\Delta / p| \geq c \end{cases},$$

в которых Δ - невязка, p – вес невязки, $c > 0$ – параметр Хьюбера.

В случае использования квадратичной нормы равенство (4) принимает следующий вид:

$$M_1^{\alpha}[\delta\Theta] = \left\|H\delta\Theta - \delta P\right\|_p^2 + \alpha\left\|\delta\Theta - \delta\Theta^0\right\|_q^2,$$

где $\|\cdot\|_P = (\cdot)^T P(\cdot)$ - квадратичная норма с весами [26].

Видно, что решение, с одной стороны, зависит от бенчмаркинговой информации и используемой ЛММ, заключённых в первом слагаемом $\|H\delta\Theta - \delta P\|_p^2$ сглаживающего функционала M_1^{α}, а с другой стороны - от информации о возможных величинах параметров состояния, заключенной во втором слагаемом $\|\delta\Theta - \delta\Theta^0\|_q^2$.Соотношение между значимостью бенчмаркинговой и дополнительной информации определяется параметром регуляризации α.

Выбор шага итерации, на котором определяются искомые величины относительных отклонений параметров состояния и соответствующего параметра регуляризации α, осуществляется при значении функции регуляризации $f(\alpha)$ наиболее близком к нулю:

(5) $$f(\alpha) = \left\|H\delta\hat{\Theta} - \delta P\right\|_p^2 - \alpha(\delta + h\left\|\delta\hat{\Theta}^{\alpha} - \delta\Theta^0\right\|_q)^2,$$

здесь: $\left\|\delta P - \delta\overline{P}\right\|_p \le \delta$, $\left\|H - \overline{H}\right\| \le h$, $\left\|\delta\hat{\Theta}^{\alpha} - \delta\Theta^0\right\|_q$ определяются различным образом для каждой задачи.

Дополнительная информация и знания о погрешностях признаков состояния и возможных значениях отклонений параметров состояния учитывается за счёт задания весов p, q, ожидаемого значения вектора отклонений параметров состояния $\delta\Theta^0$, а также выбора коэффициентов c_1, c_2 (формула (4)), определяющих интенсивность засорения данных, и возможности выбора параметра регуляризации α.

Для реализации представленного метода MTQFD разработан программный модуль в системе MathCAD. Преимуществом реализации метода в данной системе является открытость используемых данных и получаемых результатов: данные и результаты представляются непосредственно на экране в режиме реального времени. Для упрощения реализации метода при разработке программного модуля предусмотрено использование исходных данных в виде стандартных таблиц MS Excel, что позволяет исследователям и экспертам не затрачивать ресурсы на техническую подготовку данных и сосредоточиться на вопросах «качества» исходных данных и дополнительной информации.

4 Апробация метода MTQFD на примере проектирования продукции кабельного производства

Реализация метода MTQFD в ЗАО «Самарская кабельная компания» (ЗАО СКК) осуществлялась для производства автопровода ПВАМ[1] многофункциональной командой в соответствии с разработанным стандартом организации. При анализе голоса потребителя и формировании перечня требований на первом этапе MTQFD учитывались особенности продукции. Автопровод – изделие, которое в составе жгутов автопроводов является комплектующим автомобиля. Поэтому учитывались интересы (требования и ожидания) потребителей трёх уровней: производитель жгутов автопроводов, автосборочное предприятие, конечный потребитель (владелец автомобиля, специалист станции технического обслуживания). Для ЗАО СКК потребителем первого уровня является производитель жгутов автопроводов ЗАО ПЭС/СКК, потребителем второго уровня – ОАО АВТОВАЗ. Проведён опрос потребителей

[1] ПВАМ – провода автотракторные с поливинилхлоридной изоляцией, теплостойкие.

автопроводов ЗАО СКК всех трёх уровней и сформирован обобщенный перечень требований потребителей автопроводов в соответствии с категориями модели Кано [4, 23].

Автопровод рассматривался как система, состоящая из компонентов: токопроводящая жила (ТПЖ), двухслойная изоляция с комбинированной расцветкой; тара (рассматривалась как элемент системы автопровода, поставляемого потребителю).

Для выполнения расчётов и определения приоритетов обобщенных характеристик автопровода при реализации первого и второго этапа MTQFD экспертным путем были сформированы массивы данных *P, δP*. Построены ЛММ взаимосвязей требований и обобщенных характеристик продукции *H1* размером 14×21, ЛММ взаимосвязей обобщенных характеристик и характеристик компонентов *H*2 размером 21×28. Параллельно с проведением бенчмаркинга и определением векторов *P* и *δP* был сформирован перечень обобщенных технических характеристик автопровода в целом (наружный диаметр провода, электрическое сопротивление, тип ТПЖ, тип изоляции, расцветка, срок службы, стойкость к тепловой усадке, стойкость к деформации, стойкость к повышенной рабочей температуре и тепловой перегрузке, строительная длина проводов и другие) и его компонентов (электрическое сопротивление ТПЖ, число проволок, диаметр и длина сварного шва ТПЖ, толщина изоляции, электрическая прочность изоляции, тепловая стабильность изоляции, стойкость изоляции к истиранию, количество полос вспомогательного цвета, тип и стойкость красителя и другие), которые определяют выполнение требований (выполнение основной функции (назначение), высокая износостойкость, повышенная гибкость, малая масса, непрерывность по всей длине в упаковке и другие).

При реализации первого и второго уровней QFD, с учётом оценки конкурентоспособности, выявлены обобщённые характеристики автопровода и компонентов с наибольшими относительными (в %) значениями приоритетов: тип изоляции (17,7%), тип ТПЖ (10,9%), наружный диаметр провода (7%), электрическое сопротивление (7%), толщина изоляции (13%), тепловая стабильность изоляции (12,5%), стойкость изоляции к истиранию (8,4%). Эти характеристики автопровода имеют наибольшие приоритеты и их необходимо уточнить в первую очередь.

Для оценки величин изменений характеристик продукции на первом уровне MTQFD была задана дополнительная информация о возможности изменения целевого значения характеристик автопровода (увеличение срока службы, стойкости к тепловой усадке, деформации и повышенной рабочей температуре и тепловой перегрузке автопровода и снижения наружного диаметра, электрического сопротивления) и о погрешности (засорения) в исходных данных бенчмаркинга и оценки удовлетворенности потребителей.

При расчёте с использованием метода MTQFD наиболее приоритетными характеристиками автопровода, с учётом дополнительной информации, являются характеристики: строительная длина проводов (14%), расцветка (14%), стойкость к деформации (9,4%), стойкость к повышенной рабочей температуре и тепловой перегрузке (9,4%).

При этом были определены оценки изменения целевых значений характеристик стойкость к деформации и стойкость к повышенной рабочей температуре и тепловой перегрузке, обе составили по +10%. При решении задачи оценки изменения диаметра провода и электрического сопротивления были получены значения -6,8% и -10% соответственно. Остальные характеристики, в том числе приоритетные на основе традиционного расчета метода QFD (например, тип ТПЖ, тип изоляции) не требуют изменений, их изменение может привести не только к излишним затратам на этапах разработки и внедрения, но и к потере конкурентоспособности, так как может отрицательно повлиять на оценку продукции потребителем в целом.

Заключение

Предложенная предметная онтология проектирования качества продукции опирается на онтологический подход, развиваемый в системах менеджмента и закрепленный в международных стандартах, которые, по сути, образуют мета-онтологию. Разработанная онтология метода MTQFD позволяет существенно облегчить конструкторам, технологам и экспертам решение практической задачи идентификации и дальнейшего планирования качества, а также повысить достоверность и устойчивость результатов к погрешностям исходных данных. Онтология реализована на примере задачи проектирования автопровода ПВАМ с учётом дополнительной информации, в том числе о результатах анализа рисков конструкции и процесса FMEA. Применение онтологического подхода и метода MTQFD позволило сократить сроки проектирования, повысить качество и конкурентоспособность автопровода за счёт расчёта новых приоритетов, уточнения технических характеристик продукции и параметров технологических и производственных процессов.

Перспективное понимание онтологической парадигмы и проектирование качества продукции на основе параметрической идентификации моделей, требований потребителей, знаний может обеспечить достижение качества продукции и повышения конкурентоспособности в различных отраслях промышленности.

Список источников

[1] ***Akao, Y.*** The leading edge in QFD: past, present and future / Y. Akao, G.H. Mazur //International Journal of Quality & Reliability Management. – 2003. – Т. 20. – №. 1. – С. 20-35.

[2] ***Mazur, G.*** QFD 2000: Integrating QFD and Other Quality Methods to Improve the New Product Development Process //12th Symposium on QFD/6th International Symposium on QFD2000. Proceedings of 12th Symposium on QFD/6th International Symposium on QFD2000. – 2000. – С. 305-317.

[3] ***Адлер, Ю.П.*** Сколько ни развертывай, а структурировать все равно придется/ Ю.П. Адлер//Методы менеджмента качества. – 2002. – №. 3. – С. 16-18.

[4] ***Брагин, Ю.В.*** Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителей/ Брагин, Ю. В., Корольков В. Ф.. – Ярославль : Центр качества, 2003. – 240с.

[5] ***Дмитриев, А.Я.*** Развёртывание функции качества (QFD) / А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина, Ю.А. Вашуков // Самара: Изд-во СГАУ, 2009. – 54 с.

[6] ***Тульчинский, Г.Л.*** Парадигма: очерки философии и теории культуры / Г.Л. Тульчинский // Материалы международной научной конференции «Онтология в XXI веке: проблемы и перспективы» Вып. 6. - Под редакцией М.С. Уварова. - СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, - 2006. - С. 12-23.

[7] ***Боргест, Н.М.*** Научный базис онтологии проектирования/ Н.М. Боргест // Онтология проектирования. 2013. №1(7). - С. 7-25.

[8] ***Смирнов, С.В.*** Онтологическое моделирование в ситуационном управлении / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. 2012. №2(4). - С. 16-24.

[9] ***Боргест, Н.М.*** Онтология проектирования: теоретические основы. Часть 1. Понятия и принципы. Учеб. пособие / Н.М. Боргест. - Самара: Изд-во СГАУ. - 2010. — 92 с.

[10] ***Серенков, П.С.*** Онтология систем менеджмента качества / П.С. Серенков, В.А. Нифагин, Е.В. Котков // Новости. Стандартизация и сертификация. – 2004. – № 6. – С. 50–55.

[11] ***Гаврилова, Т.А.*** Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб. и др. : Питер, 2000. – 384 с.

[12] ISO 9001:2015 Quality management systems. Requirements //International Organization for Standardization. http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=62085

[13] ***Эйкхофф, П.*** Современные методы идентификации систем / П. Эйкхофф. - М.: Мир, 1983. – 400 с.

[14] ***Altshuller, G.***. The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity/ G.Altshuller, L.Shulyak, S. Rodman . – Technical Innovation Center, Inc., 1999.

[15] ***Yamashina, H.*** Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ / H.Yamashina, T. Ito, H. Kawada //International Journal of Production Research. – 2002. – Т. 40. – №. 5. – С. 1031-1050.

[16] ***Родионов, В.Н.*** Метод разработки инноваций с учетом рисков в производстве автотракторных проводов / В.Н. Родионов, А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина, Т.В. Попова // Кабели и провода. 2011. №1(326). - С. 10-14.

[17] ***Дмитриев, А.Я.*** Анализ видов, последствий и причин потенциальных несоответствий (FMEA) / А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина, Ю.А. Вашуков // Самара: Изд-во СГАУ, 2008. – 31 с.
[18] ***Панюков, Д.И.*** Проектирование новых производственных процессов / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, Г.Г. Слистина // Стандарты и качество. 2014. №11(929). - С. 92-95.
[19] QFD Symposium Transactions All Abstracts 1989–2014. http://www.qfdi.org/books/symposium_proceedings_all_abstracts.html
[20] ***Fehlmann, T.M.*** The impact of linear algebra on QFD / T.M. Fehlmann // Int. J. of Quality & Reliability Management. 2005. Vol. 22. Issue 1. - P. 83–96. - DOI: http://dx.doi.org/10.1108/02656710510573011.
[21] ***Митрошкина, Т.А.*** Современные инновационные методы структурирования качества продукции и управления рисками / Т.А. Митрошкина, А.Я. Дмитриев, Н.И. Лаптев, Г.Г. Богатеев // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №8. - С. 330-332.
[22] ***Дмитриев, А.Я.*** Метод идентификации качества продукции на основе матричного подхода / А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. №4. - С. 879-891.
[23] ***Kano, N.*** Attractive quality and must-be quality / N.Kano, N.Seraku, F.Takahashi, & S.Tsuji //Journal of Japanese Society for Quality Control, (1984). 14, pp. 39–48.
[24] ***Воскобойников, Ю.Е.*** Регрессионный анализ данных в пакете Mathcad / Ю.Е. Воскобойников. – СПб.: Лань, - 2011. - 224 с.
[25] ***Воскобойников, Ю.Е.*** Выбор параметра регуляризации одного класса нелинейных алгоритмов решения плохо обусловленных СЛАУ / Ю.Е. Воскобойников // Автоматика и программная инженерия. 2012. №2(2). - С. 89–95.
[26] ***Бочкарев, С.К.*** Идентификация математической модели ГТД по результатам испытаний / С.К. Бочкарев, А.Я. Дмитриев // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2008. №1(14). - С. 37-39.

PRODUCT QUALITY DESIGN BASED ON IDENTIFICATION OF PARAMETRIC MODELS, CONSUMER REQUIREMENTS, KNOWLEDGE: ONTOLOGICAL PARADIGMA

A.Ya. Dmitriev [1, 2], T.A. Mitroshkina[1]

[1]*Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev (National Research University), Samara, Russia*
dmitriev57@rambler.ru
[2]*Samara Region State* Academy *(*Nayanova*), Samara, Russia*
t.mitroshkina@gmail.com

Abstract

The article features a development of products and processes of the enterprise on the basis of the ontological approach and effective application of quality function deployment (structuring) method, QFD. A major flaw of modern practical application of QFD is that even with the appropriate use it actually determines only priority areas for improvement. Target values of modified products characteristics are determined as subjective and depend on the existing products on the market. Other disadvantages of using of modern quality identification methods based on QFD are the complexity of calculations, limited size of possible relationships matrixes, and difficulty in using various additional information. Most times only the first level QFD is used for practical purposes to determine priorities of product development and thus negative relationships are virtually never used. The proposed model of quality identification as the solution of the inverse ill-posed problem based on the ontological approach and QFD method involves advanced mathematical tools and allows the use of various additional information. The proposed robust matrix MTQFD (Matrix Technique QFD) method allows you to determine not only the priorities but also the assessments of the product characteristic and process parameter target values, with the possible use of information on negative relationships. Recommendations for the applying of the robust matrix method MTQFD for prioritization and evaluation of the product characteristic and process parameter target values and the proposed ontology model are universal and can be used for the products and services quality identification in any organization.

Key words: *model, identification of quality, QFD, quality function deployment, ontology, Knowledge Bases, knowledge management, MTQFD, matrix method QFD.*

References

[1] ***Akao, Y.*** The leading edge in QFD: past, present and future / Y. Akao, G.H. Mazur //International Journal of Quality & Reliability Management. – 2003. – T. 20. – №. 1. – P. 20-35.

[2] ***Mazur, G.*** QFD 2000: Integrating QFD and Other Quality Methods to Improve the New Product Development Process //12th Symposium on QFD/6th International Symposium on QFD2000. Proceedings of 12th Symposium on QFD/6th International Symposium on QFD2000. – 2000. – P. 305-317.

[3] ***Adler, Yu.P.*** Skolko ni razvertyivay, a strukturirovat vse ravno pridetsya [No matter how deployed it would still have to be structured] / Yu.P. Adler//Metodyi menedzhmenta kachestva. – 2002. – No. 3. – P. 16-18. (In Russian).

[4] ***Bragin, Yu.V.*** Put QFD: proektirovanie i proizvodstvo produktsii ishodya iz ozhidaniy potrebiteley [QFD path: designing and manufacturing of products based on customer expectations] / Bragin, Yu. V., Korolkov V. F.. – Yaroslavl : Tsentr kachestva, 2003. – 240p. (In Russian).

[5] ***Dmitriev, A.Ya***. Razveortyvanie funkcii kachestva (QFD) [Quality Function Deployment (QFD)] / A.Ya. Dmitriev, T.A. Mitroshkina, Yu.A. Vashukov // Samara: Izdftel'stvo SGAU, 2009. – 54 p. (In Russian).

[6] ***Tulchinskiy, G.L.*** Paradigma: Ocherki filosofii i teorii kulturyi [Paradigm: Essays on philosophy and cultural theory] / G.L. Tulchinskiy // Materialyi mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Ontologiya v XXI veke: problemyi i perspektivyi" Issue 6 / Ed.: M.S. Uvarova. - Sc. Petersburg: Izdatel'stvo S.-Peterb. universiteta, 2006/ P.12-23. (In Russian).

[7] ***Borgest, N.M.*** Nauchnyiy bazis ontologii proektirovaniya [Scientific basis for ontology design] / N.M. Borgest // Ontologiya proektirovaniya [Ontology of Designing]. 2013. No. 1(7). - P. 7-25. (In Russian).

[8] ***Smirnov, S.V.*** Ontologicheskoe modelirovanie v situatsionnom upravlenii [Ontological modeling in situational management] / S.V. Smirnov // Ontologiya proektirovaniya [Ontology of Designing]. 2012. No. 2(4). - P. 16-24. (In Russian).

[9] ***Borgest, N.M.*** Ontologiya proektirovaniya: teoreticheskie osnovyi. Chast 1. Ponyatiya i printsipyi [Ontology design: the theoretical foundations. Part 1. Definitions and principles] / N.M. Borgest - Samara: Izdftel'stvo SGAU, 2010. - 92 p. (In Russian).

[10] ***Serenkov, P.S.*** Ontologiya sistem menedzhmenta kachestva [Ontology of quality management systems] / P.S. Serenkov, V.A. Nifagin, E.V. Kotkov // Novosti. Standartizatsiya i sertifikatsiya. – 2004. – No. 6. – P. 50–55. (In Russian).

[11] ***Gavrilova, T.A.*** Bazyi znaniy intellektualnyih sistem [Knowledge Bases of Intelligent Systems] / T.A. Gavrilova, V.F. Horoshevskiy. – SPb. i dr. : Piter, 2000. – 384 p. (In Russian).

[12] ISO 9001:2015 Quality management systems. Requirements //International Organization for Standardization. http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=62085

[13] ***Eykhoff, P.*** Sovremennyie metodyi identifikatsii sistem [Modern methods of systems identification] / P. Eykhof. Moscow: Mir, 1983. – 400 p. (In Russian).

[14] ***Altshuller, G.***. The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity/ G.Altshuller, L.Shulyak, S. Rodman . – Technical Innovation Center, Inc., 1999.

[15] ***Yamashina, H.*** Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ / H.Yamashina, T. Ito, H. Kawada //International Journal of Production Research. – 2002. – T. 40. – №. 5. – P. 1031-1050.

[16] ***Rodionov, V.N.*** Metod razrabotki innovatsiy s uchetom riskov v proizvodstve avtotraktornyih provodov [The method of developing a risk-based innovation in the production of automotive wire] / V.N. Rodionov, A.Ya. Dmitriev, T.A. Mitroshkina, T.V. Popova // Kabeli i provoda. 2011. No. 1(326). - P. 10-14. (In Russian).

[17] ***Dmitriev, A.Ya.*** Analiz vidov, posledstviy i prichin potentsialnyih nesootvetstviy (FMEA) [Failure mode and effect Analysis (FMEA)] / A.Ya. Dmitriev, T.A. Mitroshkina, Yu.A. Vashukov // Samara: Izdftel'stvo SGAU, 2008. – 31 p. (In Russian).

[18] ***Panyukov, D.I.*** Proektirovanie novyih proizvodstvennyih protsessov [The design of new production processes] / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskiy, G.G. Slistina // Standartyi i kachestvo. 2014. No. 11(929). - P. 92-95. (In Russian).

[19] QFD Symposium Transactions All Abstracts 1989–2014. http://www.qfdi.org/books/symposium_proceedings_all_abstracts.html

[20] ***Fehlmann, T.M.*** The impact of linear algebra on QFD / T.M. Fehlmann // Int. J. of Quality & Reliability Management. 2005. Vol. 22. Issue 1. - P. 83–96. - DOI: http://dx.doi.org/10.1108/02656710510573011.

[21] ***Mitroshkina, T.A.*** Sovremennyie innovatsionnyie metodyi strukturirovaniya kachestva produktsii i upravleniya riskami [Modern innovative approach to structuring of quality and risk management] / T.A. Mitroshkina,

A.Ya. Dmitriev, N.I. Laptev, G.G. Bogateev // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2014. Vol. 17. No. 8. - P. 330-332. (In Russian).

[22] ***Dmitriev, A.Ya.*** Metod identifikatsii kachestva produktsii na osnove matrichnogo podhoda [The method of identification of quality products based on matrix approach] / A.Ya. Dmitriev, T.A. Mitroshkina, // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2010. Vol. 12. No. 4. - P. 879-891. (In Russian).

[23] ***Kano, N.*** Attractive quality and must-be quality / N.Kano, N.Seraku, F.Takahashi, & S.Tsuji //Journal of Japanese Society for Quality Control, (1984). 14, P. 39–48.

[24] ***Voskoboynikov, Yu.E.*** Regressionnyiy analiz dannyih v pakete Mathcad [Regression analysis of the data in the package Mathcad]. / Yu.E. Voskoboynikov // Sc. Petersburg: Lan, 2011. - 224 p. (In Russian).

[25] ***Voskoboynikov, Yu. E.*** Vyibor parametra regulyarizatsii odnogo klassa nelineynyih algoritmov resheniya ploho obuslovlennyih SLAU [Choosing the regularization parameter a class of nonlinear algorithms for solving ill-conditioned linear systems] / Yu.E. Voskoboynikov // Avtomatika i programmnaya inzheneriya. 2012. No. 2(2). - P. 89–95. (In Russian).

[26] ***Bochkarev, S.K.*** Identifikatsiya matematicheskoy modeli GTD po rezultatam ispyitaniy [Identification of a mathematical model of a turbine engine according to test results] / S.K. Bochkarev, A.Ya. Dmitriev // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta. 2008. No. 1(14). - P. 37-39. (In Russian).

Сведения об авторах

Дмитриев Александр Яковлевич, 1956 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1979 г., к.т.н. (1987). Доцент кафедры производство летательных аппаратов и управление качеством в машиностроении Самарского государственного аэрокосмического университета (национальный исследовательский университет), заведующий кафедрой управление качеством Самарской государственной областной академии (Наяновой), генеральный директор ООО «Новое качество». Академик Академии проблем качества. В списке научных трудов более 50 работ в области управления качеством.

Aleksandr Yakovlevich Dmitriev (b.1956) graduated from the Korolyov Aerospace Institute (Kuibyshev-city) in 1979, PhD (1987). He is Associate Professor at Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev (National Research University) (Department of Manufacture of aircraft and management of quality in mechanical engineering), Head of the Department "Quality Management" of the Samara Region State Academy (Nayanova), Founder and Director of "New Quality" (research-consulting company). Academician of the Academy for quality problems. The list of scientific works of more than 50 publications in the field of quality management and risk management.

Митрошкина Татьяна Анатольевна, 1975 г. рождения. Окончила Московский технологический университет (МИСиС) в 1997 г., ассистент кафедры производство летательных аппаратов и управление качеством в машиностроении Самарского государственного аэрокосмического университета (национальный исследовательский университет), ведущий специалист научно-консультационной компании «Новое качество». Член Всероссийской организации качества, Поволжского клуба качества. В списке научных трудов более 20 работ в области менеджмента качества.

Tatyana Anatolyevna Mitroshkina (b. 1975) graduated from Moscow University of Technology (MISiS) in 1997, Assistant of the Department of Manufacture of aircraft and management of quality in mechanical engineering Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev (National Research University), a leading specialist "New Quality" (research-consulting company). Member of the Russian Organization for Quality, member of the Volga club quality. She is co-author more than 20 articles in the field of quality management and risk management.

УДК 001.8:004.7 doi: 10.18287/2223-9537-2015-5-3-328-335

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ПУТЁМ ЗОНДИРОВАНИЯ СЕРВИСА GOOGLE SCHOLAR CITATIONS

Д.В. Ландэ

Институт проблем регистрации информации НАН Украины, Киев, Украина
dwlande@gmail.com

Аннотация

Предлагается алгоритм построения терминологических сетей – моделей предметных областей на основе зондирования большой информационной сети. В качестве такой сети рассматривается сеть понятий, соответствующих тегам сервиса Google Scholar Citations. Узлы в этой сети соответствуют понятиям, маркированным тегами, а ребра – некоторую семантическую связь между ними, определяемую смежными интересами отдельных авторов. Приведён специальный алгоритм сканирования ресурсов сервиса Google Scholar Citations для получения репрезентативного набора тегов как основы модели предметной области. На основе данной сети автоматически формируется релевантный список публикаций. Приведены правила построения списка библиографических ссылок. Предложенный подход может быть применён, в частности, к библиографическим базам данных, в которых в явном виде выделены авторы и как теги – ключевые слова. Данный подход можно применять для многих областей науки.

Ключевые слова: *модель предметной области, Google Scholar Citations, библиография, зондирование сети, визуализация сети.*

1 Задача создания модели предметной области

Сегодня под моделью предметной области (ПрО), в частности, понимают специальным образом сформированную сеть понятий, *онтологию*. Построение большой отраслевой онтологии, в частности, онтологии проектирования, – сложная научно-практическая проблема [1, 2]. Первый этап этого процесса – построение терминологической основы онтологии и определение семантических связей [3].

Задача автоматического создания таких сложных онтологий, как онтологии проектирования, требуют учитывать знания, изначально заложенные в некоторые тексты специалистами (учёными, экспертами). В качестве таких текстов могут рассматриваться специальные справочники, массивы документов [2], сетевых публикаций и т.п.

В работе представлен подход к созданию модели ПрО на основе зондирования большой информационной сети. В качестве такой сети рассматривается сеть понятий, которые отражаются в тегах[1] наукометрического сервиса *Google Scholar Citations*[2] (GSC). Именно эта сеть рассматривается как источник информации, используемой для построения сети понятий. На рисунке 1 приведён фрагмент интерфейса страницы сервиса GSC, соответствующий заданному заранее тегу multiagent_systems (многоагентные системы).

На интерфейсе, соответствующем данному тегу (label: multiagent_systems), постранично в ранжированном виде отображаются имена учёных, которые обозначили свои научные ин-

[1] В работе под тегом понимается обозначение понятия, научного направления, которое соответствует научным интересам учёного, и фиксируется либо самим учёным, либо экспертами.
[2] http://scholar.google.com/citations

тересы этим понятием, а также другими понятиями (например, для автора Nick Jennings определены ещё такие теги, как Artificial Intelligence, Computer Science, Intelligent Agents). Множество тегов-понятий образуют сеть, производную от биграфа[3] «учёный-понятия». Именно эту сеть будем рассматривать как некоторую модель ПрО. Узлы в этой сети соответствуют понятиям, маркированным тегами, а связи – некоторую семантическую связь между ними, определяемую смежными интересами отдельных авторов. Очевидно, эта связь может иметь вес, пропорциональный количеству авторов, которым приписывается соответствующая пара понятий.

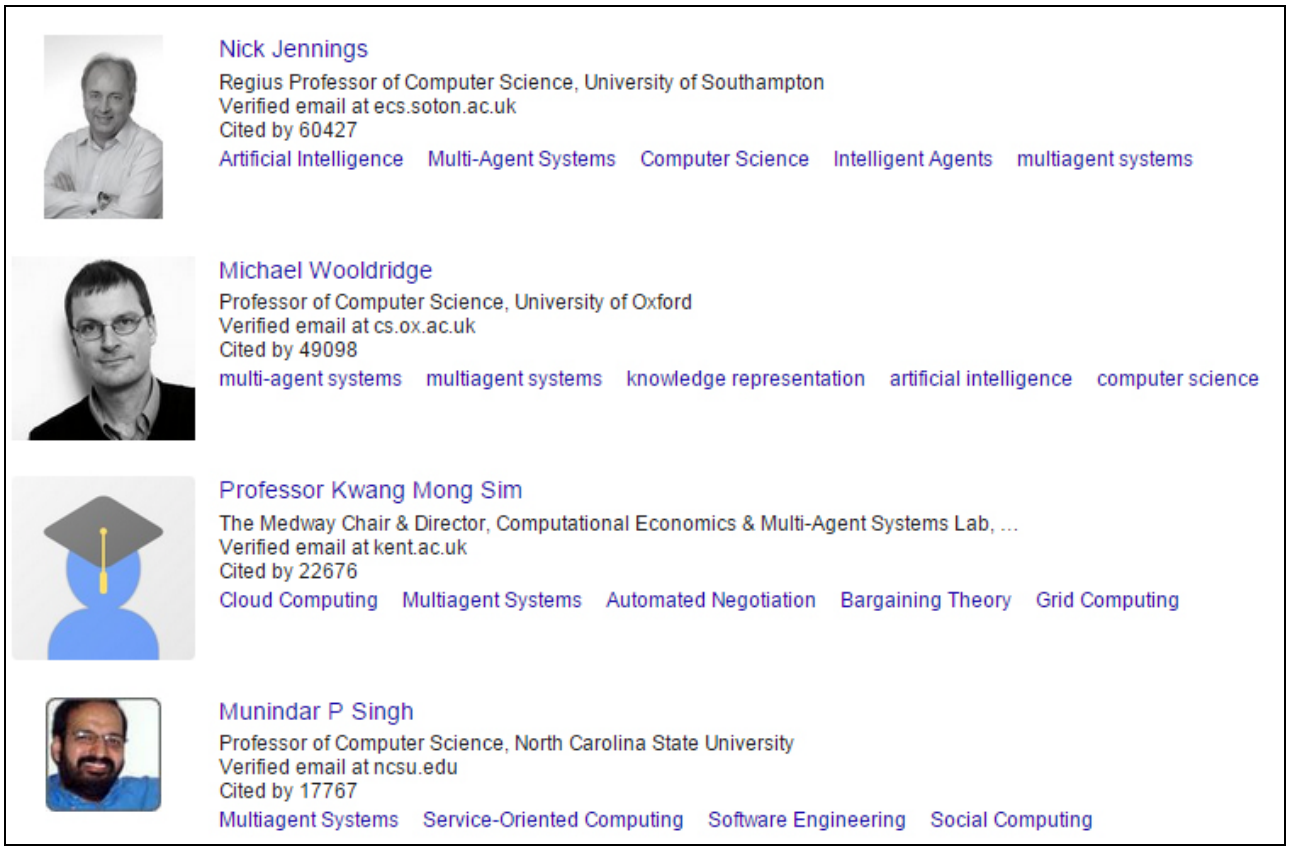


Рисунок 1 – Интерфейс страницы сервиса Google Scholar Citations

Конечно, теги, указанные отдельными учёными, могут относиться к различным отраслям науки. Однако предварительно проведённые исследования показывают, что на небольшой, но достаточно репрезентативной выборке (порядка сотни тегов), небольшая частота нетематических тегов обеспечивает их автоматическое «отсеивание».

Целью работы является описание подхода и алгоритмов автоматизированного формирования модели ПрО на примере направления многоагентных систем путём зондирования наукометрической сети. Для достижения этой цели автором разработан специальный алгоритм сканирования ресурсов сервиса GSC для получения репрезентативного набора тегов (обозначений понятий) как основы будущей модели ПрО. Под зондированием информационных сетей здесь понимается выборка небольшого объёма важнейшего содержания сетей, которые по технологическим причинам не подлежат полному сканированию.

[3] Биграф - это граф, множество вершин которого можно разбить на две части таким образом, что каждое ребро графа соединяет какую-то вершину из одной части с какой-то вершиной другой части. В рамках данной работы как одну часть можно рассматривать множество учёных, а другой – множество тегов.

2 Описание модели

Зондирование опорной модельной сети осуществляется по следующему алгоритму, в частности, применяемому при поиске ресурсов в пиринговых сетях[4] [4-6]:

1) выбирается определённое количество узлов опорной (зондируемой) сети, определяемых как базовые для новой сети, соответствующей результатам зондирования;
2) для каждого из рассматриваемых узлов опорной сети определяются смежные с ним узлы («соседи»), которые добавляются к создаваемой сети с результатами зондирования;
3) от текущего узла опорной сети осуществляется переход к соседнему узлу, имеющему наибольшую степень;
4) если имеет место «зацикливание» (выбирается узел, к которому уже был осуществлен переход по этому алгоритму), происходит переход к следующему по степени соседнему узлу. Если таких узлов не осталось – осуществляется переход к пункту 2;
5) если перечень базовых узлов завершен, считается, что сеть, соответствующая результатам зондирования, построена.

Данный алгоритм проверялся для двух самых распространенных модельных сетей *Erdős-Rényi* (ER) и *Barabási-Albert* (BA) (рисунок 2) [6, 7]. Известно, что модель ER – это случайная сеть, которая строится следующим образом: множество из N изначально не соединенных узлов попарно объединяют с вероятностью p. В результате создается сеть приблизительно с $p \times N \times (N - 1) / 2$ случайно выбранными связями.

а) б)

Рисунок 2 – Пример сети, построенной зондированием модельных сетей: (а) – Erdős-Rényi; (б) – Barabási-Albert

Модель BA – одна из нескольких моделей сетей со степенным распределением степеней узлов (так называемых, *безмасштабных* сетей). Эта модель учитывает как рост сети (динамику), так и принцип преимущественного присоединения, который заключается в том, что чем больше связей имеет узел, тем более вероятно для него создание новых связей со вновь образуемыми узлами. Узлы с большей степенью имеют большую вероятность присоединения (создания новых связей) к новым узлам [7].

Автором изначально предполагалось, что сети понятий, естественным образом формируемые участниками сетевых сервисов, как и большинство информационных сетей обладают свойством безмасштабности [8, 9] (т.е. близкими по структуре к сети BA), что, однако, не всегда можно проверить, не имея всеобъемлющей информации. Если сеть такая масштабная, как, например, GSC, на помощь может прийти зондирование, в результате которого выполняется построение некоторой новой сети, лишь частично совпадающей с исходной. Отметим,

[4] Пи́ринговая или одноранговая, децентрализованная (англ. peer-to-peer, P2P — равный к равному) сеть – это оверлейная компьютерная сеть, основанная на равноправии участников.

что результаты любого зондирования не всегда верно отображают природу большой исследуемой сети – они во многом зависят именно от алгоритма процедуры зондирования. Вместе с тем, зондирование может служить базой для гипотез о структуре большой сети.

Визуально качественные результаты зондирования сетей ER и BA с близкими параметрами (1000 узлов и около 2000 связей) приведены на рисунке 2. Сравнение показывает, что связанные области (ветки), соответствующие отдельным понятиям в первом случае достаточно длинные, а узлов, по которым следует маршрут зондирования, в этом случае больше, чем во втором, более интересном для нас, случае. В рамках данного исследования важны именно качественные результаты, в частности, вид связанных цепочек, которыми моделируются ветки понятий. Поэтому изначально предусматривалось, что приведённый алгоритм при зондировании реальной сети будет быстро «зацикливаться» (и, соответственно, прерываться), что приведёт к ещё большему сокращению веток понятий.

Именно на основании результатов качественного моделирования был сделан вывод о возможности формирования небольших связанных веток тегов, соответствующих понятиям, интересующим пользователей сервиса GSC.

3 Зондирование сети Google Scholar Citations

Приведённый выше алгоритм, которой применялся к модельным сетям, был адаптирован к реальной сети тегов сервиса GSC следующим образом:

1) экспертным путём определяется небольшой перечень базовых тегов (ключевых слов, соответствующих наиболее важным понятиям);
2) выбирается тег из определённого экспертами перечня;
3) открываются страницы веб-сервиса, соответствующие этому тегу (максимальное количество таких страниц параметрически ограничивается заранее);
4) к создаваемой сети добавляются все теги, содержащиеся на выбранных страницах (соседние теги);
5) из соседних тегов выбирается тот, на страницы которого планируется перейти для дальнейшего анализа. Это тег с наибольшей степенью среди соседних тегов, который также удовлетворяет тематике выбранной ПрО и не входит в состав тех тегов, к страницам которых уже был осуществлен переход;
6) если такой тег выбран, то происходит переход к пункту 3;
7) если такого тега не существует, но перечень базовых тегов не завершён, то осуществляется переход к следующему базовому тегу из начального перечня, т.е. переход к пункту 2. Иначе считается, что сеть зондирования построена.

В соответствии с приведённым алгоритмом, процесс зондирования сети, начиная с определённого узла, прекращается при «зацикливании», т.е. когда в соответствии с алгоритмом происходил переход к уже пройденному тегу, а также при отклонении оставшихся соседних тегов от основной тематики. Это определяется экспертами при автоматизированном зондировании или с учётом лексического состава тегов при полностью автоматическом сканировании. В случае автоматического выполнения алгоритма выполняется ограничение с помощью так называемых «плюс-» и «стоп-словарей»[5] – наборов специальных шаблонов. При этом само «зацикливание» является признаком перехода к следующему базовому тегу или завершению процесса зондирования.

Формирование стартового перечня узлов-понятий и правил отбора «конечных» узлов выполняется экспертами в ПрО.

[5] «Плюс-» и «стоп-словарь» в рамках данной работы – наборы шаблонов, подстрок, которые должны обязательно входить или, соответственно, не входить в строки, соответствующие тегам.

Для построения модели ПрО (в рассматриваемом примере для области многоагентных систем) экспертным путём были определены базовые теги на английском языке (здесь, в частности, различные написания, соответствующие одному и тому же понятию): *multiagent_system*; *multiagent_systems*; *multi_agent_systems*.

В качестве «плюс-словаря» использовался такой набор шаблонов: *multiagent*; *agent*; *artificial_intelligent*; *decentral*.

В рассматриваемом частном случае «стоп-словарю» соответствовал набор шаблонов (исключалась медико-биологическая тематика): *bio*; *medic*; *health*.

На рисунке 3 приведён пример - центральный фрагмент сети понятий ПрО, построенной в соответствии с приведённым алгоритмом по указанным базовым тегам.

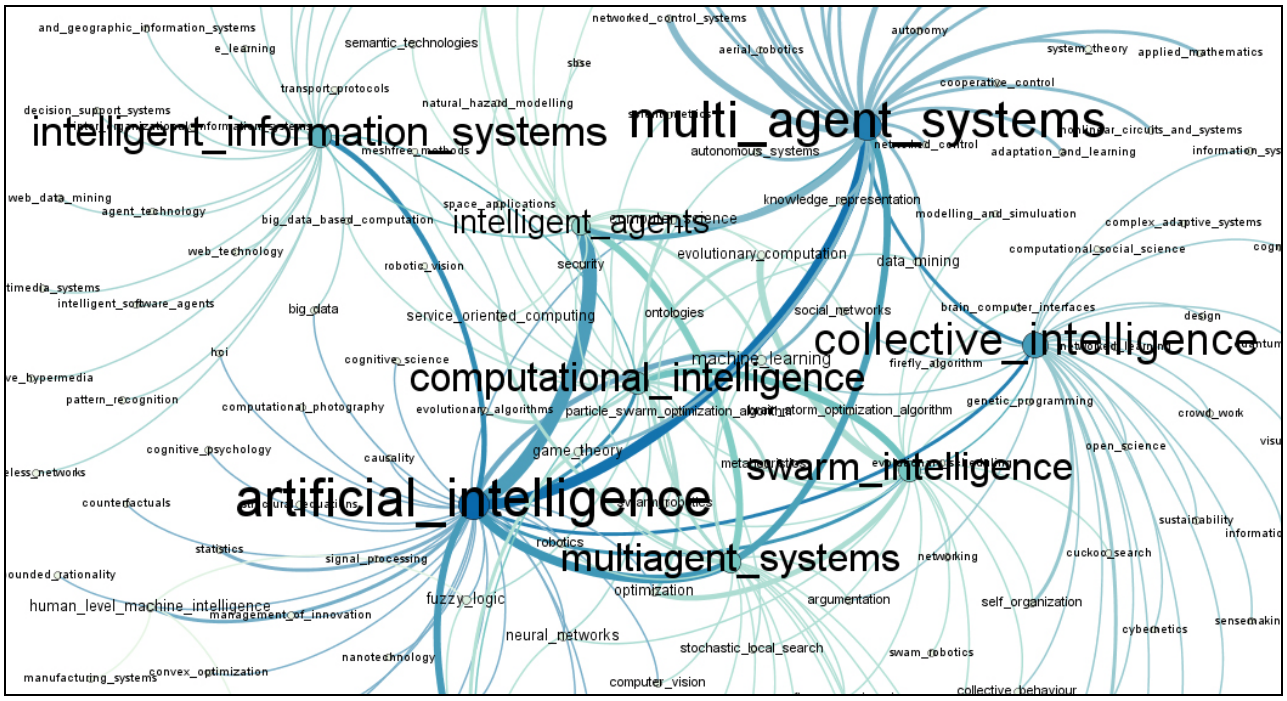


Рисунок 3 – Центральный фрагмент построенной сети понятий

При приведённых выше трёх базовых тегах общее количество узлов-тегов, которые были охвачены алгоритмом, составило 165, а количество нетерминальных узлов – лишь 12.

4 Построение библиографических списков

На основании построенной в результате зондирования сервиса GSC сети и возможностей данного сервиса могут автоматически составляться библиографические списки, соответствующие наиболее цитируемым работам в выбранной области за указанные промежутки времени.

Правила построения библиографических ссылок достаточно простые и охватывают такие шаги:

1) последовательно выбирается заранее заданное количество наиболее весомых узлов построенной сети;
2) в соответствии с этими узлами-тегами формируются запросы к сервису GSC и отбираются наиболее цитируемые авторы за указанный период времени;
3) открываются страницы выбранных авторов, на которых приводятся ссылки на публикации, с указанием их цитируемости;

4) среди наиболее цитируемых работ автора выбираются публикации, заголовки которых соответствуют «плюс-» и «стоп-словарям» (примеры приведены выше);
5) в случае необходимости из отобранных публикаций выбираются только те, которые содержат ссылки на полные тексты в формате PDF.

На рисунке 4 приведён пример автоматически сформированного библиографического списка со ссылками на PDF-файлы публикаций.

Bibliography

1. *Juan R. Velasco.* Mobile agents for service personalization in smart environments. I Mars"-Maestre, MA L"pez-Carmona, JR Velasco, A Navarro. Journal of Networks 3 (5), 30-41., 2008.: 29
2. *Juan R. Velasco.* The agents'—' attitudes in fuzzy constraint based automated purchase negotiations. M Lopez-Carmona, J Velasco, I Marsa-Maestre. Multi-Agent Systems and Applications V, 246-255., 2007.: 16
3. *Juan R. Velasco.* A methodological proposal for multiagent systems development extending CommonKADS. CA Iglesias, M Garijo, JC Gonz"lez, JR Velasco. Proceedings of the 10th Banff Knowledge Acquisition for Knowledge-Based..., 1996.: 87
4. *Juan R. Velasco.* Analysis and design of multiagent systems using MAS-CommonKADS. C Iglesias, M Garijo, J Gonz"lez, J Velasco. Intelligent Agents IV Agent Theories, Architectures, and Languages, 313-327., 1998.: 415
5. *Juan R. Velasco.* Location-aware services and interfaces in smart homes using multiagent systems. JR Velasco, I Mars"-Maestre, A Navarro, MA L"pez, AJ Vicente, E Dl Hoz,... Proceedings of the 2005 International Conference on Pervasive Systems and..., 2005.: 23
6. *Juan R. Velasco.* An expressive approach to fuzzy constraint based agent purchase negotiation. MA L"pez-Carmona, JR Velasco. Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents..., 2006.: 22
7. *Maria Ganzha.* Implementing rule-based mechanisms for agent-based price negotiations. C B"dic", A B"dit", M Ganzha. Proceedings of the 2006 ACM symposium on applied computing, 96-100., 2006.: 19
8. *Maria Ganzha.* Utilizing ontologies in an agent-based airline ticket auctioning system. M Vukmirovic, M Szymczak, M Ganzha, M Paprzycki. Information Technology Interfaces, 2006. 28th International Conference on..., 2006.: 13
9. *Maria Ganzha.* Mobile agents in a multi-agent e-commerce system. C B"dic", M Ganzha, M Paprzycki. Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, 2005. SYNASC 2005..., 2005.: 21

Рисунок 4 – Фрагмент библиографического списка со ссылками на PDF-файлы публикаций

Заключение

В предложенной модели ПрО онтологические связи понимаются как связи между областями интересов отдельных учёных. Фактически рассматривается компактификация биграфа «учёный – научные понятия, его интересующие».

Предложен и реализован подход к формированию модели ПрО, основу которого составляют некоторые маркеры понятий (теги), заранее заданные учёными (или, в редких случаях, приписываемые учёным) – участниками проекта Google Scholar Citations.

Следует отметить принципиальное отличие предложенной модели автоматического формирования модели ПрО от существующих, базирующихся на анализе текстовых корпусов (например, [2]) или непосредственном участии экспертов при выборе конкретных узлов и связей [1]. Здесь эксперт-пользователь вкладывает лишь крупицы знаний в виде набора базовых тегов и небольших по объёму словарей тегов и шаблонов. В дальнейшем программа использует знания, заложенные самими авторами публикаций, теги, отмеченные ими как главные. Т.е. экспертная среда в этом случае существенно расширяется.

Реализован алгоритм, в соответствии с которым на основании построенной сети формируется библиографический список наиболее цитируемых работ в данной ПрО, представленных в базе данных сервиса Google Scholar Citations.

Подобный подход может быть применён, в частности, к библиографическим базам данных, в которых в явном виде выделены авторы и как теги – ключевые слова.

Модель применена для отрасли науки «многоагентные системы», но предложенный подход можно использовать и для других научных областей. Автором, в частности, построены подобные сети для направлений искусственного интеллекта, глубинного анализа текстов (Text Mining) и сложных сетей (Complex Networks).

Благодарности

Статья обобщает некоторые результаты, полученные автором в рамках выполнения научно-исследовательской работы НАН Украины «Разработка теоретических основ моделирования информационных сетей на основе методологии информационного поиска» (Гипернет-2013).

Автор благодарен своим коллегам д.т.н. А.Г. Додонову, д.ф.-м.н. А.А. Снарскому и к.т.н. В.Г. Путятину за обсуждение и конструктивные предложения, относящиеся к методам исследования и результатам, представленным в статье.

Список источников

[1] ***Добров, Б.В.*** Онтологии и тезаурусы. Модели, инструменты, приложения / Б.В. Добров, В.Д. Соловьев, Н.В. Лукашевич, В.В. Иванов. – М.: Бином, 2009. – 173 с.

[2] ***Ландэ, Д.В.*** Подход к созданию терминологических онтологий / Д.В. Ландэ, А.А. Снарский // Онтология проектирования. 2014. №2(12). – С. 83-91.

[3] ***Чанышев, О.Г.*** Автоматическое построение терминологической базы знаний / О.Г. Чанышев // Труды 10-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» – RCDL'2008, Дубна, Россия, 2008. – С. 85-92.

[4] ***Zeinalipour-Yazti, D.*** Information Retrieval in Peer-to-Peer Networks / D. Zeinalipour-Yazti, V. Kalogeraki, D. Gunopulos // IEEE CiSE Magazine. Special Issue on Web Engineering. 2004. – P. 1-13.

[5] ***Kalogeraki, V.*** A Local Search Mechanism for Peer-to-Peer Networks / V. Kalogeraki, D. Gunopulos, D. Zeinalipour-Yazti, // Proc. of CIKM'02. McLean VA, USA, 2002.

[6] ***Yang, B.*** Efficient Search in Peer-to-Peer Networks / B. Yang, H. Garcia-Molina // Proc. of ICDCS'02. Vienna, Austria, 2002.

[7] ***Erdős, P.*** On The Evolution of Random Graphs / P. Erdős, A. Rényi // Magyar Tud. Akad. Mat. Kutató Int. Közl. 5, 1960. – P. 17-61.

[8] ***Réka, A.*** Statistical mechanics of complex networks / A. Réka, A.-L. Barabási // Reviews of Modern Physics 74, 2002. – P. 47–97.

[9] ***Ландэ, Д.В.*** Моделирование контентных сетей / Д.В. Ландэ // Проблеми інформатизаціх та управління: Збірник наукових праць: Випуск 1(37). – К.: НАУ, 2012. – С. 78-84. - http://dwl.kiev.ua/art/piu2012/.

CREATION OF A DOMAIN MODEL BY PROBING GOOGLE SCHOLAR CITATIONS

D.V. Lande

Institute for Information Recording of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine
dwlande@gmail.com

Abstract

The algorithm of constructing terminological networks – domain models based on sensing informational networks is proposed. A network of the concepts relevant to tags of the Google Scholar Citations service is considered to be a terminological network. Nodes in this network correspond to the concepts marked by tags. Edges correspond to some semantic link between them determined by adjacent interests of certain authors. The special algorithm of scanning the

resources of the Google Scholar Citations service for receiving a representative set of tags as domain models bases is given. A relevant list of publications is automatically formed based on this network. Rules of creation of the list of bibliographic links are provided. The offered approach can be applied, in particular, to bibliographic databases in which authors and as tags – keywords are allocated in an explicit form. Proposed approach can be applied to many areas of science.
Key words: *Domain model, Google Scholar Citations, Bibliography, Network probing, Network visualization.*

Acknowledgment

The article summarizes the results of the authors research, obtained while working on a "Development of theoretical principles of modeling of information networks based on the methodology of information retrieval" (Hypernet-2013) – a Ukrainian National Academy of Science project.

The author is grateful to his colleagues dr. A.G. Dodonov, dr. A.A. Snarsky and V.G. Putiain for discussions and productive feedback on methods of the research and the results, presented in the paper.

References

[1] ***Dobrov, B.V.*** Ontologii i tezaurusy. Modeli, instrumenty, prilozhenija [Ontologies and thesauri. Models, instruments, applications] / B.V. Dobrov, V.D. Solov'ev, N.V. Lukashevitsh, V.V. Ivanov. – Moscow: Binom, 2009. – 173 p. (In Russian).

[2] ***Lande, D.V.*** Podhod k sozdaniy terminologicheskih ontologii [Approach to the creation of terminological ontologies] / D.V. Lande, A.A. Snarski // Ontologija proektirovanija. 2014. №2(12). – P. 83-91. (In Russian).

[3] ***Chanishev, O.G.*** Avtomaticheskoe postroenie terminologicheskoj bazy znanij [Automatic generation of terminological knowledge base] / O.G. Chanishev // Proceedings of the 10th Russian scientific conference «E-libraries: perspective methods, relevent collections» – RCDL'2008, Dubna, Russia, 2008. – P. 85-92. (In Russian).

[4] ***Zeinalipour-Yazti, D.*** Information Retrieval in Peer-to-Peer Networks / D. Zeinalipour-Yazti, V. Kalogeraki, D. Gunopulos // IEEE CiSE Magazine. Special Issue on Web Engineering. 2004. – P. 1-13.

[5] ***Kalogeraki, V.*** A Local Search Mechanism for Peer-to-Peer Networks / V. Kalogeraki, D. Gunopulos, D. Zeinalipour-Yazti, // Proc. of CIKM'02. McLean VA, USA, 2002.

[6] ***Yang, B.*** Efficient Search in Peer-to-Peer Networks / B. Yang, H. Garcia-Molina // Proc. of ICDCS'02. Vienna, Austria, 2002.

[7] ***Erdős, P.*** On The Evolution of Random Graphs / P. Erdős, A. Rényi // Magyar Tud. Akad. Mat. Kutató Int. Közl. 5, 1960. – P. 17-61.

[8] ***Réka, A.*** Statistical mechanics of complex networks / A. Réka, A.-L. Barabási // Reviews of Modern Physics 74, 2002. – P. 47–97.

[9] ***Lande, D.V.*** Modelirovanie kontentnyh setej [Content network modelling]/ D.V. Lande // Problemy informatizacich ta upravlinnja: Zbirnyk nauobych prac': Vypusk 1(37). – Kiev: NAU, 2012. – P 78-84. (http://dwl.kiev.ua/art/piu2012/) (In Ukrainian).

Сведения об авторе

Ландэ Дмитрий Владимирович, 1959 г. рождения. Окончил Киевский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, механико-математический факультет в 1981 г., доктор технических наук (2006). Заведующий отделом специализированных средств моделирования Института проблем регистрации информации НАН Украины, профессор Национального технического университета «Киевский политехнический институт», академик Украинской академии наук (УАН), член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 300 работ в области информационного поиска, динамики информационных потоков, информационных сетей.

Dmitry Vladimirovich Lande (b. 1959) graduated from the Shevchenko Kiev State University, mechanics and mathematics faculty in 1981, Dr. of Sciences (2006). He is department head of the Institute for Information Recording of NAS of Ukraine, professor at National Technical University of Ukraine "Kiev Politechnical Institute". He is full member of the Ukrainian Academy of Sciences (UAS), Russian Association for Artificial Intelligence (RAAI) member. He is co-author of over 300 scientific articles, books and abstracts in the field of information retrieval and information flows dynamics.

УДК 519.7 doi:10.18287/2223-9537-2015-5-3-336-356

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ СЕМАНТИЧЕСКОМ ПОИСКЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ю.В. Рогушина

Институт программных систем НАН Украины, Киев, Украина
ladamandraka2010@gmail.com

Аннотация

В статье рассматривается моделирование системы интеллектуального взаимодействия между информационными ресурсами и потребителями информации с использованием внешних и внутренних баз знаний. Анализируются существующие подходы к оценке уровня интеллектуальности информационных систем и целесообразность их применения к информационно-поисковым системам. На основе этого анализа предлагается критерий сравнения уровня интеллектуальности различных приложений, который базируется на таких параметрах, как тип и количество обрабатываемых в системе атомарных элементов и связей между ними, а также сложность алгоритма обработки. Разработана онтологическая модель, которая описывает взаимодействие пользователей и информационных ресурсов Web при семантическом поиске, формально описаны её элементы и связи между ними. Предложены источники и методы пополнения этой модели. Рассматривается, каким образом использование этой модели позволяет интеллектуализировать систему семантического поиска. Описана программная реализация системы персонифицированного и коллаборативного семантического поиска, которая базируется на этой онтологической модели. Предложены пути использования этой модели для интеграции подсистемы семантического поиска в прикладные информационные системы (на примере задачи сопоставления компетенций, которая является составной частью таких проблем, как поиск работодателем подходящих исполнителей работ, сравнение квалификации специалистов, оценка возможности перехода студента из одного учебного заведения в другое и т.д.).

Ключевые слова: *семантический поиск, информационный объект, онтологическая модель, тезаурус, коллаборативный поиск.*

Введение. Системы семантического поиска

В наиболее обобщенном понимании *информационный поиск* – это проблема, состоящая из двух составляющих: 1) сопоставления представления пользователя о нужных ему знаниях с контентом доступных *информационных ресурсов* (ИР); 2) построения на основе этого сопоставления необходимого пользователю *информационного объекта* (ИО) с конечным набором свойств, значения которых извлекаются из этих ИР.

Пользователь имеет часть информации об ИР и пытается дополнить её сведениями, извлеченными из различных источников.

В общем случае ИР – это информация, сконцентрированная и собранная в определенном формализованном виде, которая представляет определенную ценность и может быть оценена подобно материальным ресурсам.

В данной работе под ИР предполагаются различные документы, представленные в электронной форме и доступные *информационно-поисковой системе* (ИПС), а под ИО – явно или неявно содержащиеся в ИР сведения о различных физических и виртуальных объектах, которые являются результатом работы ИПС.

Частными случаями проблемы информационного поиска можно считать такие задачи, как распознавание образов, понимание речи или изображений, семантический анализ и перевод естественно-языковых текстов, исследование и композицию сервисов.

Все эти задачи в общем представлении являются очень сложными, и поэтому на практике целесообразно рассматривать относительно суженные подзадачи, в которых заранее накладывается ряд ограничений на потребности пользователя и на те информационные объекты, которые должны быть сгенерированы в результате поиска.

На основе анализа существующих ИПС можно выделить следующие основные тенденции совершенствования поиска [1]:

- от формального – к семантическому;
- от унифицированного – к персонифицированному;
- от индивидуального – к коллаборативному;
- от закрытого – к открытому (с привлечением внешних баз данных и знаний).

Сегодня термин «семантический поиск» широко используется, однако часто под ним понимают любые поисковые системы, каким-либо образом использующие знания [2, 3]. Кроме того, очевидно, что результатом поиска должна быть не абстрактная информация, а информация, несущая в себе прагматическую составляющую, т.е. полезная при решении задачи, стоящей перед пользователем.

Кроме того, для современных ИПС характерно осуществление не только синтаксической, но и семантической и прагматической фильтрации контента [4]. При семантичекой фильтрации рассматривается содержание информации, а при прагматической учитывается оценка информации с учетом ее субъективной ценности для конкретного индивида.

В данной работе под термином *семантический поиск* будет рассматриваться информационный поиск, в котором сопоставление и построение информационных объектов выполняются на семантическом уровне, т.е. с использованием знаний.

Основное отличие семантического поиска от традиционного – это явное использование *знаний* об объекте поиска, пользователях, ИР и *предметной области* (ПрО) поиска, а также возможность обнаружения не данных, а знаний.

Семантический поиск базируется на достижениях в области искусственного интеллекта (ИИ), в частности на общей теории представления и обработки знаний, распознавания образов и логического вывода, методах математической статистики и социопсихологии.

Предмет исследования данной работы – процесс семантического поиска в распределенной среде Web, его объекты, субъекты и отношения между ними, а также методы сопоставления информационных ресурсов с информационными потребностями пользователей.

Сегодня обнаружение знаний в Web является составной частью многих интеллектуальных приложений, которые ориентированы на работу в открытом информационном пространстве и нуждаются в постоянном обновлении информации. Это обусловлено тем, что большинство современных приложений ориентированы на использование и преобразование знаний об интересующей пользователя ПрО, которые не закладываются в *информационную систему* (ИС) при её разработке, а извлекаются динамически из доступных ИР.

В данной работе под интеллектуальными ИС будем понимать различные ИС, способные решать задачи, которые традиционно считаются творческими и требуют от человека знаний из соответствующей ПрО. Именно с изучением таких систем связана группа наук, которую объединяет название ИИ, которая изучает методы, способы и приемы моделирования и воспроизведения с помощью компьютерных средств умственной деятельности человека.

Как правило, доступ к различным ИР обеспечивается при помощи Web, где для их представления могут использоваться самые разные модели формализации, способы и форматы хранения, условия доступа и методы обработки. Это означает, что ИС могут обрабатывать

сведения, которые им предоставляют различные информационные ресурсы Web – текстовые, мультимедийные, структурированные.

Информацию, представленную в структурированном виде (онтологии, метаописания, семантически размеченные файлы и т.п.), обрабатывать намного удобнее, но, к сожалению, относительно мало документов представлено в таком виде. Поэтому поиск среди таких ИР часто не позволяет находить нужные сведения.

Значительная часть знаний, накопленных в результате развития человеческого общества и описывающих различные предметные области, содержится в документах в виде текста на естественных языках. В Web присутствует также большое количество мультимедийных документов, и с распространением различных подключенных к Интернет устройств их объем растет опережающими темпами. Вместе с тем в таких документах содержится значительно меньше полезной информации (например, подавляющее большинство различных фотографий и видеороликов, как правило, интересны лишь тем, кто их снимал).

Следует отметить, что предметом поиска в большинстве случаев является не какой-то конкретный документ, а некие сведения о каком-либо объекте – реальном либо виртуальном. При этом у пользователя присутствует часть информации об этом объекте, о его свойствах и структуре, а недостающие сведения он рассчитывает получить в результате поиска.

ИО – это информационная модель какого-либо реального или виртуального объекта ПрО (предмета, существа, события, процесса и т.д.) в информационном пространстве, которая определяет структуру, атрибуты, ограничения целостности и, возможно, поведение этого объекта. Например, объектом может быть человек, публикация, Web-сайт, организация, город, а ИО – их описание.

При семантическом поиске пользователь может указать, экземпляром какого класса является тот ИО (или группа ИО), информация о котором ему нужна, например, при помощи ссылки на класс какой-либо онтологии ПрО.

В концепции Semantic Web [5, 6] и Web-пространстве информационными объектами являются и такие объекты нематериального мира, как онтологии, программные агенты, Web-сервисы, информационные ресурсы, метаданные, базы данных и т.д.

Как основу для представления структуры ИО можно использовать классы соответствующей онтологии, а из ИР извлекать сведения для создания экземпляров ИО.

При семантическом поиске ИО может иметь заранее заданную сложную структуру, формализованную в виде класса соответствующей онтологии. Примеры ИО – организация, учебное заведение, человек-эксперт, Web-сервис, аналитическая модель бизнеса-процесса. Наличие таксономии ИО даёт возможность пользователю ИПС формально указать, какую именно информацию ему нужно найти и какими сведениями о ней он обладает.

Например, при поиске человека можно указать, что «Рогушина» – это фамилия, «Киев» – место жительства, а «Келли Лада де Мандрака» – имя принадлежавшей когда-то этому человеку собаки. При этом структура ИО обеспечивает семантическую разметку самого запроса.

При этом возникает проблема поиска онтологии, которая отображает структуру ИО, знания о котором необходимы пользователю.

Если же сравнивать усилия, необходимые для извлечения знаний (семантики), то естественно-языковые ресурсы обрабатывать значительно легче, чем мультимедийные, а сама форма представления обеспечивает первичный поиск релевантных проблеме ресурсов (например, поиск по ключевым словам в тексте).

Кроме того, при распознавании мультимедийных ИР вначале значительная часть информации преобразуется в естественно-языковый текст. Это обуславливает важность развития автоматизированных методов анализа естественно-языковых документов, которые позволили бы корректно соотносить документы с определённой ПрО, распознавать их смысл и из-

влекать из них полезные для пользователя сведения. Такие методы должны обеспечивать интеллектуальный анализ структуры и контента ИР.

Системы семантического поиска (ССП) – это ИПС, в которых поиск информации осуществляется с учетом семантики. В ряде случаев ССП представляют собой не самостоятельные ИПС, а надстройку над существующими ИПС различных типов, которая обеспечивает интеллектуализацию этих систем.

1 Критерии сравнения уровня интеллектуальности поисковых систем

Одной из наиболее важных составляющих информационной революции является развитие *интеллектуальных* ИС, которые обладают способностями рассуждать, учиться на своем или чужом опыте и принимать разумные решения без человеческого вмешательства. Как правило, в этих системах применяются логический вывод и нечёткая логика, характерная для человеческих рассуждений.

В.М. Глушков определил такие важные свойства систем ИИ, как адаптация, самоорганизация и самосовершенствование. Интеллектуальность ИС оценивается – по аналогии с поведением человека – через меру сложности обрабатываемых объектов ПрО, пространственно-временных и причинно-следственных отношений между ними и алгоритмов, которые используются для этого. Интеллектуальность ИС непосредственно связана со степенью структурированности информации и методов её переработки [8], со способностью системы к выбору целей, формированию планов и целенаправленному их осуществлению.

Актуальность ИС, управляемых знаниями, обусловлена тем, что сейчас всё большую важность приобретают задачи, для решения которых априори трудно локализовать информацию, достаточную для достижения нужного результата. В ходе решения таких задач может понадобиться заранее непредвиденная информация, которая удовлетворяет тем ли другим требованиям: выходными данными для таких задач может считаться вся информация, к которой такая ИС способная получить доступ (например, через среду Web).

Примером задач, которые решают управляемые знаниями ИС, являются информационно-поисковые задачи, в которых по описанию некоторых свойств и элементов структуры ИО нужно извлечь из ИР другие характеристики этого объекта, необходимые пользователю.

Не следует отождествлять понятия системы, управляемой знаниями, и понятие системы, которая базируется на знаниях. Понятие системы, которая базируется на знаниях, является *более обобщенным*, так как база знаний здесь не обязательно должна быть активной и семантически структурированной. Это означает, что управление в системе, которая базируется на знаниях, может осуществляться программой, а не ситуациями и событиями в обрабатываемой базе знаний. Можно рассматривать системы, управляемые знаниями (и системы семантического поиска в том числе), как частный случай интеллектуальных систем.

Повышение эффективности современных ИС непосредственно связано с их уровнем интеллектуализации. В частности, в литературе часто используются термины «интеллектуальная ИПС», «интеллектуализация поиска» и т.п. Однако при этом термины «интеллект», «интеллектуальность» рассматриваются в интуитивном понимании и обычно не определены формально. Это приводит к проблеме оценки уровня интеллектуальности разных ИС и затрудняет их сравнение и анализ.

Основные типы действий, которые выполняются при решении интеллектуальных задач: преобразование связей ИО; создание новых ИО; поиск ИО, который удовлетворяет заданным требованиям; вычисление значений параметров ИО; поиск необходимой информации; логический вывод; поиск заданных элементов в модели ИО; формирование понятия.

Считается, что интеллектуальные ИС могут функционировать автономно, а *интеллектуализированные* – с участием пользователя. Но провести чёткую грань между этими типами ИС сложно. Поэтому более корректно говорить не об интеллектуальных и интеллектуализированных ИС, а об уровне интеллектуальности систем: любая ИС имеет уровень интеллектуальности, отличный от нуля (в неё закладываются определённые знания разработчика относительно ПрО и методов обработки информации). Верхней же границы уровня интеллектуальности ИС не существует.

На уровень интеллектуальности системы влияют способность к самообучению и широта её ПрО [9]. Чем выше уровень интеллектуальности ИС, тем эффективнее она способна достигать поставленную цель (при этом более высокая эффективность может и не быть достигнута из-за неудачной реализации или неудачной модели).

Оценка уровня интеллектуальности ИС является нетривиальной задачей и в значительной мере определяется областью использования этой ИС.

Например, Л. Заде вводит термин «коэффициент машинного интеллекта» MIQ (*Machine Intelligence Quotient*), по аналогии с IQ человека по Айзенку для описания ИС, в которых главными компонентами являются нечёткая логика, нейровычисления, генетические вычисления и вероятностные вычисления. Интеллектуальной при этом считается ИС с высоким MIQ [10]. Определение такого коэффициента – это прямое развитие психометрического подхода на случай искусственных систем [11].

Основное отличие между традиционным коэффициентом интеллектуальности IQ и MIQ состоит в том, что IQ является более или менее стабильным, а MIQ ИС может изменяться со временем и машинно-зависим.

В.К. Финн [12] рассматривает свойства интеллектуальных ИС, среди которых можно выделить такие важные для семантического поиска способности, как:

- упорядочивание знаний;
- целеполагание и планирование поведения;
- извлечение следствий из имеющихся знаний, т.е. способность к рассуждению;
- аргументация принятых решений;
- рефлексия, оценка знаний и действий;
- синтез процедур решения задач;
- обучение;
- рационализация идей;
- создание целостной картины ПрО;
- адаптация в условиях изменения ситуаций и знаний.

При этом интеллектуальная ИС рассматривается как совокупность собственно решателя задач, информационной среды (включающей базу данных и базу знаний) и интеллектуального интерфейса.

Интеллектуализация ИС – это процесс повышения уровня интеллекта ИС. Предлагаем следующее определение [13]. Пусть есть две ИС – A и B, способные находить решения $R_A(d)$ и $R_B(d)$ соответственно в ситуациях d из определенной ПрО D. Система B получена вследствие интеллектуализации A, или $B = \mathrm{Int}(A)$, если:

- система B всегда получает решение в ситуациях, в которых его находит и система A, т.е. $\exists\, R_A(d) \Rightarrow \exists\, R_B(d)$;
- существуют ситуации, в которых A не находит решения, а B – находит.

Существует большое количество публикаций, посвященных количественным оценкам и сравнению уровня интеллектуальности разных ИС. Используемые подходы отличаются набором параметров, по которым строятся оценки.

Например, в [14] уровень интеллектуализации ИС $I(A)$ определяется наличием у нее свойств $S_A \subseteq S = \{s_1, \ldots, s_9\}$:

- s_1 – автономность работы;
- s_2 – умение взаимодействовать с другими объектами;
- s_3 – способность воспринимать информацию об окружающем мире;
- s_4 – способность применять абстракции;
- s_5 – способность использовать знания о ПрО;
- s_6 – адаптивность поведения;
- s_7 – способность к обучению;
- s_8 – толерантность к ошибкам;
- s_9 – способность к общению на естественном языке.

Такой подход позволяет в некоторых случаях сравнивать уровень интеллектуализации ИС из различных ПрО (если у системы A есть все свойства системы B, но у системы B есть свойства, которых нет у системы A, то $I(B)$ – уровень интеллектуализации системы B – выше, чем у системы A):

$$\exists\ (S_A \subseteq S,\ S_B \subseteq S,\ S_A \subseteq S_B) \Rightarrow I(B) \geq I(A).$$

Однако многие ИС оказываются при таком подходе несравнимыми:

$$\exists\ (S_A \subseteq S,\ S_B \subseteq S,\ S_A \not\subset S_B,\ S_B \not\subset S_A) \Rightarrow I(B) \text{ и } I(A) \text{ несравнимы.}$$

Например, сложно сравнить уровень интеллектуализации систем, способных к общению на естественном языке, но не способных к обучению (различные чат-имитаторы), и систем индуктивного извлечения новых знаний, не поддерживающих естественно-языковый диалог. Кроме того, все эти параметры могут быть присущи ИС в большей или меньшей степени, а оценить количественно некоторые из них (например, способность использовать знания о ПрО) крайне затруднительно.

В [15] предлагается количественная оценка уровня интеллектуализации ИС:

$$I(A) = \sum_{i=1}^{6} s_i \cdot w_i,$$

где w_i - вес i-го свойства, а s_i - его значение. При этом:

- s_1 – использование модели окружающего мира для формирования планов собственных действий;
- s_2 – составление альтернативных вариантов при планировании действий;
- s_3 – способность реконструировать план во время его выполнения, если выполняемые действия приводит к нежелательным последствиям;
- s_4 – использование собственного опыта для расширения и коррекции модели ПрО;
- s_5 – общение с пользователем на естественном языке;
- s_6 – допустимость периода выполнения плана решения задачи.

Однако пользователь ИС может самостоятельно оценить только два последних параметра, и поэтому ему приходится полностью полагаться на утверждения разработчиков системы, которые не всегда объективны и корректны.

На основе приведённого выше анализа публикаций предлагается использовать следующий критерий оценки уровня интеллектуальности ИС:

$$I(A) = f(T, X, L, C, P, K),$$

где

- T – тип атомарных элементов;
- X – количество атомарных элементов;
- L – количество связей между элементами;
- C – количество команд в нормализованном алгоритме;

- P – соотношение между количеством успешных экспериментов и количеством проведенных;
- K – класс задач, которые решает ИС.

Сложность структуры данных, которые способна обрабатывать ИС, характеризуют тип атомарных элементов T, их количество X и количество связей между ними L.

Сложность методов преобразования данных характеризует количество команд в нормализованном алгоритме C (нормализованный алгоритм – это любая формализация понятия алгоритма, например, нормальные алгоритмы Маркова или машина Тьюринга).

Вероятность того, что действия ИС приводят к цели, которая декларируется системой, оценивается как соотношение количества успешных экспериментов с количеством проведенных P. Этот параметр пользователь обычно может оценить довольно точно. Например, для ИПС этот параметр определяется через пертинентность поиска – какую часть из предложенных результатов выполнения запроса пользователь считает удовлетворительными ответами на свой вопрос.

В предлагаемом критерии применяются параметры, значения которых могут оценивать количественно не только разработчики ИС, но и пользователи системы – с точки зрения своих индивидуальных преимуществ и целей.

Оценивать эти параметры системы можно независимо, трансформируя критерий интеллектуальности следующим образом:

$$I(A) = f(T, X, L, C, P, K) = g(T, X, L) \cdot h(C) \cdot P \cdot \varphi(K).$$

Для простоты оценки мы используем $g(T, X, L) = g_1(T) \cdot g_2(X, L)$, где функции $g_1(T)$ и $g_2(X, L)$ задаются таблично. Аналогично таблично определяются $h(C)$ и $\varphi(K)$. Эти оценки задаются пользователями ИС априорно на основании собственного опыта использования и анализа информационных технологий в разных областях и требуют дальнейшей детализации, расширения и уточнения.

T позволяет учитывать, какие ИО используются в ИС как входные и выходные данные, насколько сложную структуру они имеют и насколько сложные методы нужны для их анализа и генерации. Для этого пользователь может обращаться к разным таксономиям ИО. Если в ИС обрабатываются ИО разных типов, то в качестве оценки уровня интеллектуальности ИС может быть принята оценка наиболее сложного из ИО:

$$g_1(T) = g_1(IO_1, ..., IO_n) = \max_{i=1}^{n} g_1(IO_i).$$

Однако такой подход не будет удовлетворительным для ситуаций, когда нужно сравнить две ИС, одна из которых являет интеллектуальным развитием другой. Действительно, оценка, определяемая максимальным значением, может и не измениться, хотя общая картина используемых структур данных изменится. Поэтому целесообразно использовать критерий, который учитывает суммарную оценку ИО в ИС:

$$g_1(T) = g_1(IO_1, ..., IO_n) = \sum_{i=1}^{n} g_1(IO_i).$$

Такой критерий даёт более полезные результаты, но остаётся проблема разделения влияния на уровень интеллектуальности сложности входных и выходных данных системы. Действительно, создать сложную структуру данных значительно труднее, чем извлечь из уже существующей структуры определённые данные. Например, сгенерировать по естественно-языковому тексту онтологию сложнее, чем использовать уже существующую онтологию для семантической разметки этого текста, но значение критерия интеллектуальности будет согласно суммарной оценке ИО для обеих ИС одинаковым.

Поэтому целесообразно использовать два отдельных критерия – для входных данных и для выходных данных. Выходными данными ИС будем считать те ИО, которые создаются

или изменяются вследствие работы ИС, а входными – все другие данные, изменения в которых могут повлиять на формирование выходных данных:

$$g_1(T) = a_{input} \cdot g_{input}(T) + b_{output} \cdot g_{output}(T) =$$
$$= a_{input} \cdot g_{input}(IO_1,...,IO_{n_{input}}) + b_{output} \cdot g_{output}(IO_1,...,IO_{n_{output}}) =$$
$$= a_{input} \cdot \sum_{i=1}^{n_{input}} g_1(IO_i) + b_{output} \cdot \sum_{i=1}^{n_{output}} g_1(IO_i),$$

где $\bigcup_{i=1}^{n_{input}} IO_i \cup \bigcup_{i=1}^{n_{output}} IO_i = T$, а коэффициенты a_{input} и b_{output} оценивают важность входных и выходных данных и зависят от специфики ИС, как правило, $a_{input} < b_{output}$.

Если в более ранних интеллектуальных ИС обычно использовались достаточно простые типы атомарных элементов, которые соответствовали типам данных в языках программирования (такие, как целые и действительные числа, символы и строки символов, таблицы, имена файлов и каталогов) или связанные с моделями представления знаний (фреймы, семантические сети, графовые структуры и т.п.), то для современных семантических Web-применений характерны ИО с более сложной структурой, которые связаны с определёнными объектами реального или виртуального мира (программные агенты, Web-сервисы, семантически размеченные ресурсы, элементы Web of Things, онтологические описания и т.п.).

Рассмотрим пример интеллектуализированных метапоисковых систем, которые обрабатывают результаты поиска, получаемые от одной общей внешней ИПС.

Первая ИПС упорядочивает найденные по запросу пользователя документы, учитывая его персональные свойства, выявляемые на основе обработки информации из истории взаимодействия с пользователем. Вторая ИПС упорядочивает найденные по запросу пользователя документы, используя для формализации сферы интересов пользователя онтологию соответствующей ПрО, а третья ИПС не только предоставляет пользователю упорядоченный список ссылок на документы, но и выполняет семантическую разметку найденных документов терминами из онтологии ПрО.

Входные данные первой ИПС – это запрос (строка символов), набор ссылок на документы, полученный от внешней ИПС, и набор естественно-языковых документов (предшествующие результаты поиска), а выходные – переупорядоченный набор ссылок на документы. Для второй ИПС входные данные – это запрос, набор ссылок на документы, полученный от внешней ИПС, и онтология ПрО, а выходные – переупорядоченный набор ссылок на документы. Для третьей ИПС входные данные – это запрос, набор ссылок на документы, полученный от внешней ИПС, онтология ПрО и лексическая онтология ПрО, а выходные – переупорядоченный набор ссылок на документы и сами семантически размеченные документы. Третья ИПС способна использовать и генерировать более сложные ИО. Это позволяет отнести третью ИПС к наиболее интеллектуальным.

Следует отметить, что это касается только формальных оценок, а реальные результаты работы ИС зависят от того, насколько те модели представления информации и алгоритмы их обработки, которые в них применяются, соответствуют целям ИС, и от того, насколько удачно и корректно они реализованы. Например, если ССП использует эффективные методы поиска и обрабатывает онтологии ПрО поиска, но переадресует запросы к внешней ИПС с небольшой индексной базой и слабыми поисковыми механизмами, то получаемые результаты не удовлетворят пользователя, несмотря на её высокий уровень интеллектуальности.

Оценка g_2 зависит от X и L. Например, можно использовать $g_2(X, L) = X \cdot L$ или $g_2(X, L) = X^L$.

Пользователь не может точно оценить эти параметры, но может дать им приблизительную качественную оценку, введя шкалу интервалов для значений параметров: «очень мало», «мало», «средне», «много», «очень много». Их обработка базируется на теории нечётких

множеств, где мультипликация нечётких значений определяется как произведение их относительных весов, а объединение – как их сумма.

Кроме формальных параметров, пользователь при оценке уровня интеллектуальности может учитывать, насколько сложную задачу решает эта ИС.

Если ИС *B* является интеллектуальной надстройкой над ИС *A*, тогда уровень интеллектуальности ИС *B* с точки зрения пользователя определяется как сумма уровней интеллектуальности этих двух систем. Например, если *A* – информационно-поисковая система, которая предоставляет результаты по запросу пользователя, а ИС *B* упорядочивает эти результаты соответственно персональным вкусам этого пользователя, то пользователь не имеет возможности оценивать в отдельности свойства любой из этих систем, и может подсчитать по очерченной выше методике $I(A \cup B)$.

Таким образом, можно считать, что уровень интеллектуальности системы в значительной мере определяется тремя параметрами:

1) способностью использовать знания со сложной структурой;
2) наличием развитых методов обработки таких знаний (например, нечеткой логики);
3) способностью приобретать новые знания из открытой среды.

Поэтому развитие прикладных ССП в направлении их интеллектуализации связано именно с разработкой подсистем управления знаниями, средств обучения и алгоритмов анализа знаний, представленных сложными онтологическими структурами.

2 Постановка задачи

При построении ССП необходимо разработать формальную модель, которая адекватно описывает взаимодействие между основными субъектами и объектами семантического поиска: с одной стороны – это пользователи и их информационные потребности с персональными предпочтениями; с другой – ИР, содержащие сведения об интересующих пользователей ИО. Для такого сопоставления модель должна использовать знания, извлекаемые из внутренних и внешних баз знаний. Это требует разработки методов формирования и пополнения в процессе поиска соответствующих баз знаний, а также способов использования этих знаний для повышения пертинентности поиска.

3 Онтологическая модель семантического поиска

Анализ публикаций показывает, что в большинстве существующих разработок, связанных с семантическим поиском, базы знаний используются неявным для пользователя способом, не оставляя ему возможности самостоятельно влиять на выбор тех знаний, которые он считает важными для поиска. Это приводит к следующим проблемам: с одной стороны, пользователям непонятны пути получение результатов, и это снижает доверие к поисковым системам; а с другой, во многих случаях такие системы ищут совсем не то, что нужно пользователю. Кроме того, возникает проблема *обнаружения* источников достаточно формализованных и структурированных знаний, а также и проблема динамического *обновления* знаний, которые используются для поиска.

Представляется, что с этой целью могут использоваться онтологии [16-18]. Но следует учитывать, что применение онтологий, несмотря на такие преимущества, как явное представление семантики и строгий математический базис (дескриптивные логики), имеет и значительные недостатки, к которым относится сложность обработки и логического вывода на них. Поэтому целесообразность использования онтологий и их частных случаев для пред-

ставления знаний относительно разных элементов семантического поиска является предметом отдельного исследования.

Нужно отметить ещё один важный аспект – разработчики средств семантического поиска, как правило, движутся путём усовершенствования традиционных поисковых средств, не учитывая опыты создания интеллектуальных приложений (начиная от экспертных систем и заканчивая созданием мультиагентных систем). Так от систем, функционирование которых подобно интеллектуальной деятельности человека, пользователи требуют объяснений путей получения результатов (системы пояснений в экспертных системах) и понятной наглядной модели поведения и использования знаний [19]. В семантическом поиске пользователю тоже нужно явным образом и наглядно показывать, какие именно его знания и предпочтения влияют на полученный результат.

При семантическом поиске формируется информационная модель пользователя, в которой отображаются:

- персональные предпочтения пользователя, его знания и способность к восприятию информации;
- информационные потребности пользователя, особенности стоящей перед ним задачи и тех ИО, обнаружение сведений о которых позволит ему решить эту задачу;
- опыт взаимодействия пользователя с поисковой системой;
- сведения, характеризующие отношение пользователя к опыту других пользователей и определяющие целесообразность использования коллаборативного поиска.

Эта модель сопоставляется с моделями ИР, в которых могут содержаться полезные для пользователя сведения. Модель ИР может включать как семантическую разметку и метаданные об ИР, так и оценки этих ИР различными пользователями. Для семантической разметки применяется онтологическая модель ПрО, интересующей пользователя, т.е. такая разметка должна выполняться заново для каждой новой ПрО.

Использование онтологического подхода обеспечивает интероперабельность и повторное использование знаний – все эти модели в ССП могут динамично пополняться за счёт информации из внешних онтологий и анализа внешних ИР. Знания могут импортироваться из других интеллектуальных ИС (например, из семантических Wiki-ресурсов) и экспортироваться в другие системы, с которыми работают те же пользователи (например, можно переносить сведения о пользователе из ССП в персонифицированную систему дистанционного обучения или в систему оценки квалификации).

Наиболее важные классы онтологической модели ССП - это:

- пользователь – лицо, нуждающееся в информации;
- ИО – структурированный образ той информации, которую пользователь намерен получить от ССП [20].

Кроме того, в онтологической модели взаимодействия пользователей и ИР присутствуют такие классы как:

- онтология ПрО, которая описывает область, к которой относятся информационные потребности пользователя;
- лексическая онтология ПрО, позволяющая распознавать сведения о терминах онтологии в естественно-языковых текстах;
- тезаурус задачи – термины онтологии, совокупность которых характеризует ту конкретную задачу из ПрО, которую в данный момент решает пользователь, и их вес;
- информационная потребность пользователя, для удовлетворения которой и производится поиск информации;
- запрос – явным образом переданное пользователем сообщение о наличии информационной потребности (как правило, это множество ключевых слов, характеризующих одну из

информационных потребностей пользователя, связанных с конкретной задачей при помощи тезауруса);

- тема – множество запросов, связанных с одной информационной потребностью разных пользователей, позволяющее объединять семантически связанные запросы;
- результат запроса – ссылки на ИР и их оценки;
- ИР;
- рекомендация – сведения, предоставляемые пользователю проактивно, вследствие действий других пользователей, участвующих в коллаборативном поиске;
- рекомендуемый элемент – ссылка на ИР, входящая в рекомендацию;
- информационная среда – совокупность всех доступных ИР, их свойств (включая их оценки пользователями) и связей между ними;
- группа пользователей.

Таким образом, для описания информационной потребности пользователя надо построить онтологическую модель, классы которой соответствуют перечисленным выше элементам, а отношения – связям между ними (рисунок 1). Формализованное описание элементов модели позволит обеспечить их автоматизированную обработку.

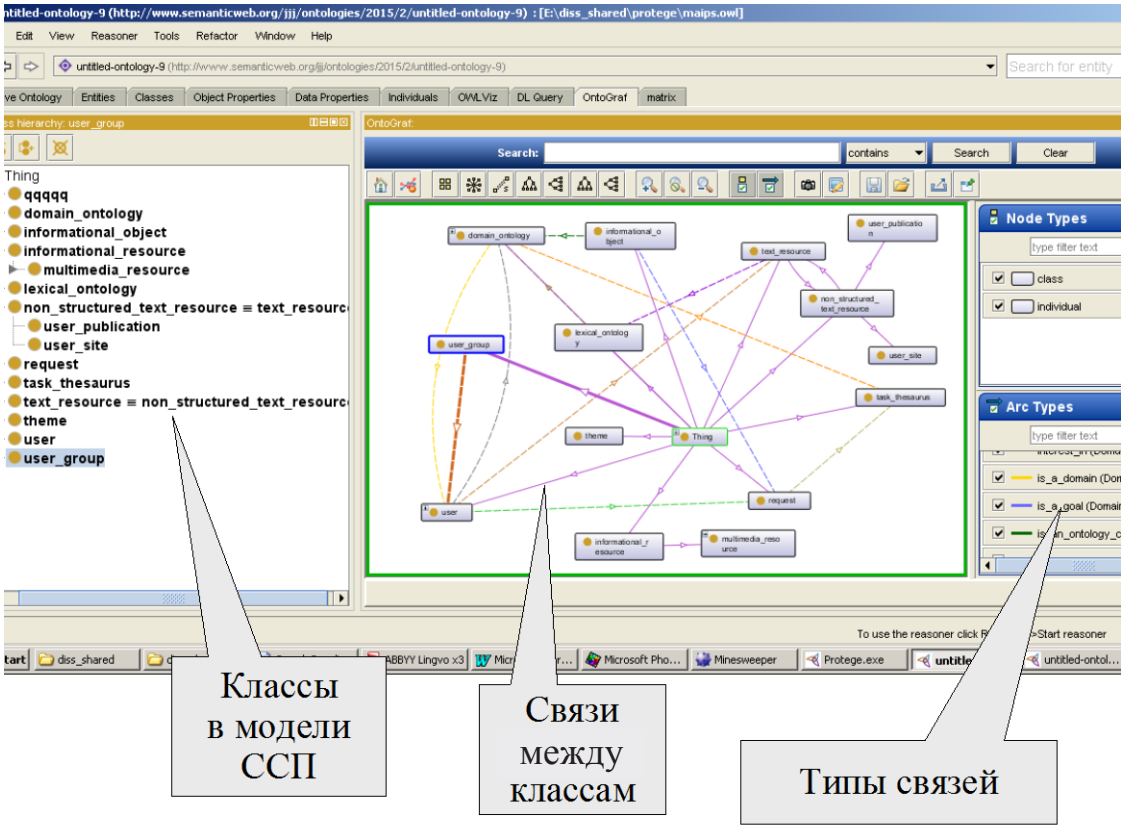


Рисунок 1 – Элементы онтологической модели взаимодействия пользователей и информационных ресурсов при семантическом поиске

Для того чтобы описать знания и интересы пользователя, в онтологическую модель вводятся два служебных класса – «компетенция» и «атомарная компетенция». Набор экземпляров атомарных компетенций может импортироваться из различных онтологий ПрО, связанных с учебными заведениями, трудоустройством и научно-исследовательскими организациями [21].

Такой подход ориентирован на относительно узкое подмножество поисковых систем, а именно на те, которые предназначены для поддержки научной деятельности и ориентирован на пользователей со стабильными, сложно структурированными знаниями, навыками и информационными потребностями в достаточно узкой ПрО. При этом через набор компетенций формализуются не все накопленные в процессе обучения и работы знания, а лишь то их небольшое подмножество, которое необходимо и активно используется при практической деятельности.

Например, если исследователь специализируется в сфере программной инженерии, то для него будет сформирован набор компетенций именно по этой дисциплине (а также часть компетенций из других дисциплин, которые непосредственно им используются – например, из теории алгоритмов или системного анализа), а также из тех научных работ, которые он сам пишет либо изучает.

За счет использования класса «компетенция» и его свойств можно более формально описать свойства класса «пользователь» таким образом, который допускает более простое сопоставление с онтологиями ПрО и свойствами ИР. Чтобы различать компетенции реально используемые и когда-либо изученные, предполагается использовать систему весов, оценивающих уровень владения пользователя каждой из компетенций. Чтобы снизить вычислительную сложность задачи, при поиске специалистов того или иного уровня все веса ниже порогового значения заменяются нулевыми.

Чтобы упростить формирование набора компетенций каждого конкретного пользователя, целесообразно использовать иерархию компетенций, в которой на самом верхнем уровне определяются компетенции специальности или области знаний, на более низких – компетенции отдельных дисциплин или областей деятельности, а на самом нижнем – атомарные компетенции.

Значительная часть атомарных компетенций пользователя может автоматически импортироваться из множества компетенций его специальности (или специальностей), подтвержденных определёнными дипломами и сертификатами, но с использованием их весов, позволяющих учитывать их текущее состояние для пользователя. Например, если пользователь на первом курсе университета изучал матанализ, но затем никогда его не применял, то соответствующие этому предмету компетенции получат не нулевые, но достаточно низкие веса. Тем не менее, отличие этого пользователя от тех, кто вообще не знаком с данным предметом, также может быть важно и потому будет явно зафиксировано.

Некоторая часть компетенций пользователя может быть импортирована из социальных сетей, где фиксируются его области интересов.

Следует учитывать, что большинство специалистов, имеющих достаточный опыт работы, значительную часть своих компетенций получают и развивают именно в процессе своей профессиональной деятельности, а не при обучении. Поэтому иногда целесообразно импортировать компетенции из описаний занимаемых должностей (хотя для многих специальностей - особенно связанных с научно-исследовательской работой, - такие описания имеют настолько общий характер, что не пригодны для анализа), а при определении весов учитывать опыт работы в данной области.

Кроме элементов, в модели должны отображаться связи между:

- задачами пользователей и ПрО – как отношение между тезаурусом задачи и онтологией ПрО;
- ИР и ПрО – как отношение между тезаурусом ИР и онтологией ПрО;
- запросами и задачами – как отношение между запросом и тезаурусом задачи;
- различными пользователями из группы.

Поясним эти замечания на примере ССП РЕПС, предназначенной для выполнения многоразовых информационных запросов в фиксированных ПрО.

РЕПС представляет собой ССП, поддерживающую персонифицированный и коллаборативный поиск. Система ориентирована на пользователей, которые имеют устоявшиеся информационные интересы и требуют постоянного поступления соответствующей информации из Web. Функционально РЕПС реализует выполнение сложных многоразовых запросов в довольно узких областях, связанных с профессиональными или научными интересами пользователей. Запросы таких пользователей могут повторяться от сеанса к сеансу или изменяться, но ПрО поиска, в которых пользователи являются экспертами, практически не изменяются.

Для формализации сферы интересов пользователей используются онтологии ПрО, а для конкретизации запросов, относящихся к решению конкретной задачи, – тезаурусы задачи, построенные на основе описания задачи и онтологии соответствующей ПрО [22].

РЕПС является развитием интеллектуальной поисковой системы МАИПС [20], расширенной возможностями коллаборативного поиска (в частности, критериями для создания групп пользователей) и более специализированными моделями пользователей (включающей психофизиологические, социальные и компетентностные параметры) и ИО (в частности, пользователь может задавать желаемый уровень читабельности текста).

4 Источники сведений об элементах модели

Каждый из элементов информационной модели РЕПС является классом соответствующей онтологии $O_{\text{РЕПС}}$, а сведения об их значениях сохраняются как описание экземпляров этих классов:

$$O_{\text{РЕПС}} = \langle T_{\text{РЕПС}}, R_{\text{РЕПС}}, F_{\text{РЕПС}} \rangle.$$

Для целей поиска информации используется довольно простой частный случай:

$$O_{\text{РЕПС}} = \langle T_{\text{РЕПС}}, R_{\text{РЕПС}}, \varnothing \rangle.$$

Сведения об экземплярах классов, которые входят во множество $T_{\text{РЕПС}}$, накапливаются в процессе взаимодействия РЕПС с пользователями, которые с помощью этой системы стараются удовлетворить собственные информационные потребности.

Рассмотрим подробнее, откуда именно попадает эта информация в онтологию информационной модели РЕПС и в каком порядке. Разумеется, ещё к началу взаимодействия с пользователем эта онтология содержит определённые знания, нужные для осуществления поиска на семантическом уровне (в процессе функционирования системы эти знания могут пополняться).

Источники сведений об онтологиях ПрО. Для представления знаний в РЕПС используются онтологии двух видов – внутренние и внешние.

Внутренние онтологии создаются непосредственно разработчиками РЕПС и могут пополняться в процессе взаимодействия РЕПС с пользователями. Основной особенностью таких онтологии является то, что разработчикам полностью известна их структура и содержимое, поэтому можно прогнозировать конечность вычислений.

Кроме того, априорные знания об отношениях между классами и экземплярами таких онтологий могут обрабатываться и анализироваться специализированными сервисами (например, для пополнения знаний относительно области интересов пользователя может использоваться сервис семантического анализа выбранных ИР, а для определения психофизиологических особенностей пользователя – специализированные сервисы экспресс-тестирования).

Внешние онтологии позволяют интегрировать в РЕПС динамические и распределённые знания, доступ к которым обеспечивает Web. Поиск таких онтологий может осуществляться

в разнообразных репозиториях, или же они могут быть сформированы в процессе работы пользователя с другими интеллектуальными приложениями. В общем случае информация о сложности структуры таких онтологий, о том, на каких дескриптивных логиках они базируются, насколько полными являются такие знания, отсутствует. Это не позволяет прогнозировать время работы алгоритмов для глубокого анализа и обработки таких онтологий. Поэтому в РЕПС для обработки внешних онтологий применяются упрощённые алгоритмы, которые используют только наиболее простые свойства онтологий (например, обрабатываются только отношения класс-подкласс).

Для подавляющего большинства задач информационного поиска этого достаточно, но для поиска совокупностей сложных ИО – например, для исследования и композиции семантических Web-сервисов, поиска Web-сущностей или формирования мультиагентных систем, – нужно использовать и более сложные структурные связи. Именно для таких ситуаций в состав РЕПС входят онтологии сложных ИО.

В элементах класса «онтология ПрО» содержатся ссылка на внешние онтологии $O_{\text{ПрО}}$ (в отличие от внутренних онтологий РЕПС, сведения о структуре и сложности таких онтологий недоступны) и описания их тематики. Эти сведения заносятся в онтологию $O_{\text{РЕПС}}$ разработчиками системы вручную и базируются на непосредственном анализе содержимого таких онтологий или экспортируются из внешних репозиториев, какие разработчики РЕПС признали надёжными.

Если в процессе работы РЕПС у пользователей возникает интерес к тем ПрО, которые не отображены в имеющихся онтологиях, то пользователь может подать запрос разработчикам относительно пополнения списка онтологий, нужным ему для работы.

Непосредственно пользователь не может пополнять список онтологий без согласования с разработчиками. Это вызвано тем, что обычно пользователь не может оценить вычислительную сложность онтологии ПрО (например, определить, на какой именно дескриптивной логике она базируется) и потому не может предусмотреть, допускает ли такая онтология эффективную обработку алгоритмами, встроенными в РЕПС.

Источники сведений о лексических онтологиях ПрО. Лексические онтологии ПрО разрабатываются автоматизированно для каждой онтологии ПрО, входящей в состав РЕПС.

Источник сведений о лексических онтологиях ПрО – специализированный блок лексического анализа, который в полуавтоматическом режиме связывает с терминами онтологии ПрО релевантные им фрагменты естественно-языковых текстов.

Каждый экземпляр класса «лексическая онтология» содержит множество экземпляров класса «лексическое соответствие».

В простейшем варианте (например, для тех языков, для которых в РЕПС не разработаны специальные методы лексического анализа) «лексическое соответствие» – это множество пар <термин онтологии, фрагмент текста>. Такие пары могут формироваться и вручную, и автоматизированно. Кроме того, существующие лексические онтологии могут модифицироваться пользователем с учётом специфики его задач. Затем они могут использоваться для семантической разметки текста с точки зрения интересов пользователя.

Источники сведений о тезаурусах. Тезаурус задачи строится непосредственно пользователем для того, чтобы отобразить специфику той задачи, в процессе решения которой у него возникла данная информационная потребность.

Пользователь может строить тезаурус по выбранной онтологии ПрО, отмечая нужные термины и определяя их вес. Пользователь может также вручную редактировать любой раньше созданный тезаурус. Кроме того, в системе реализованы теоретико-множественные операции объединения, пересечения и дополнения над тезаурусами.

Ещё один способ построения тезаурусов основан на анализе описания задачи с использованием лексической онтологии соответствующей ПрО. Можно рассматривать его как проекцию задачи на ПрО: сервис находит в тексте описания задачи фрагменты, которые соответствуют терминам онтологии ПрО, и прибавляет к тезаурусу эти термины с весом 1.

Источника сведений о запросах. Запрос – это набор ключевых слов, которые предоставляет пользователь, и семантический контекст, формализованный через тезаурус задачи и сведения о пользователе, его задающем. Из-за того, что система РЕПС ориентирована на удовлетворение постоянных информационных потребностей пользователей, она предусматривает многократное выполнение запросов с учётом их семантики.

Источники сведений о темах. Темы могут создаваться пользователями для того, чтобы объединить несколько семантически связанных запросов. Одна тема может включать запросы разных пользователей, которые базируются на разных онтологиях и тезаурусах. Тема может быть создана пользователем путём явного задания входящих в неё запросов. Другой путь формирования тем – в автоматическом режиме связываются запросы по одной онтологии ПрО или с пересекающимися тезаурусами. Значительно упростить создание и редактирование тем позволяют теоретико-множественные операции над темами: объединение, пересечение и дополнение запросов, которые входят в состав отдельных тем.

Источники сведений о результатах запроса. В процессе формирования результатов запроса РЕПС перенаправляет ключевые слова запроса к внешней ИПС, а потом переупорядочивает полученный список ИР с учётом онтологии ПрО, тезауруса и персональных сведений пользователей. Для этого в РЕПС разработан и реализован ряд методов и алгоритмов семантического анализа ИР.

Источники сведений о пользователях РЕПС. Сведения о пользователях служат основой для персонификации семантического поиска и создания рекомендаций [23]. Получение и анализ знаний о них позволяют сделать информационный поиск значительно эффективнее.

Источники сведений о группах онтологий РЕПС. РЕПС предназначен для персонифицированного и коллаборативного поиска информации, что требует иметь возможность группирования пользователей соответственно семантике их информационных потребностей.

С этой целью выделяют группы пользователей, которые используют одну и ту же онтологию как основу для информационных запросов. Это означает, что таких пользователей интересует один домен знаний. Однако такая классификация является очень приблизительной из-за того, что одна онтология может описывать довольно широкую ПрО, а интересы пользователей могут касаться относительно узких регионов этой ПрО. Кроме того, следует учитывать, что в одном запросе могут использоваться термины из разных онтологий, а также термины, которые пользователь прибавил лично.

С целью создания проактивных рекомендаций в системе РЕПС к онтологии вводятся дополнительные служебные классы, предназначенные для накопления коллаборативных знаний: группа онтологий; группа терминов запроса и группа пересекающихся тезаурусов. Эти классы предназначены для того, чтобы находить пользователей, которые имеют подобные информационные потребности. При этом пользователь может сам, явным образом формировать группы тех пользователей, чьи информационные потребности могут быть ему интересны по тем или иным критериям (например, пользователи, применяющие ту же онтологию для формирования тезаурусов задачи, проживающие в одной стране и использующие одинаковые ключевые слова в запросах).

К сожалению, в большинстве существующих рекомендательных систем пользователь не видит, по каким критериям формируются рекомендации и не может влиять на их получение. Из-за этого пользователю нередко приходится просматривать ненужные сообщения.

В РЕПС пользователь сам инициирует получение рекомендаций (и может в любой момент отказаться от них или изменить параметры их получения) и, кроме того, может определять, какая часть его взаимодействия с поисковой системой может быть доступна для обработки коллегами. Поэтому пользователь РЕПС может прогнозировать получаемые результаты и управлять коллаборативным поиском.

5 Использование онтологической модели ССП в прикладных ИС

Предложенную модель семантического поиска достаточно легко адаптировать для решения различных прикладных задач. Рассмотрим это на примере проблемы сопоставления компетенций [24], которая является составной частью таких задач, как поиск работодателем подходящих исполнителей работ; сравнение квалификации специалистов, имеющих различные специальности (в частности, соответствующие нормативам различных стран); выбор абитуриентом учебного заведения, предлагающего необходимый ему набор дисциплин; оценка возможности перехода студента из одного учебного заведения в другое (какие дисциплины из ранее изученных можно засчитывать) и т.д.

Модель ПрО поиска описывает базовые понятия и связи между ними, а также структуру ИО, который является результатом поиска (рисунок 2).

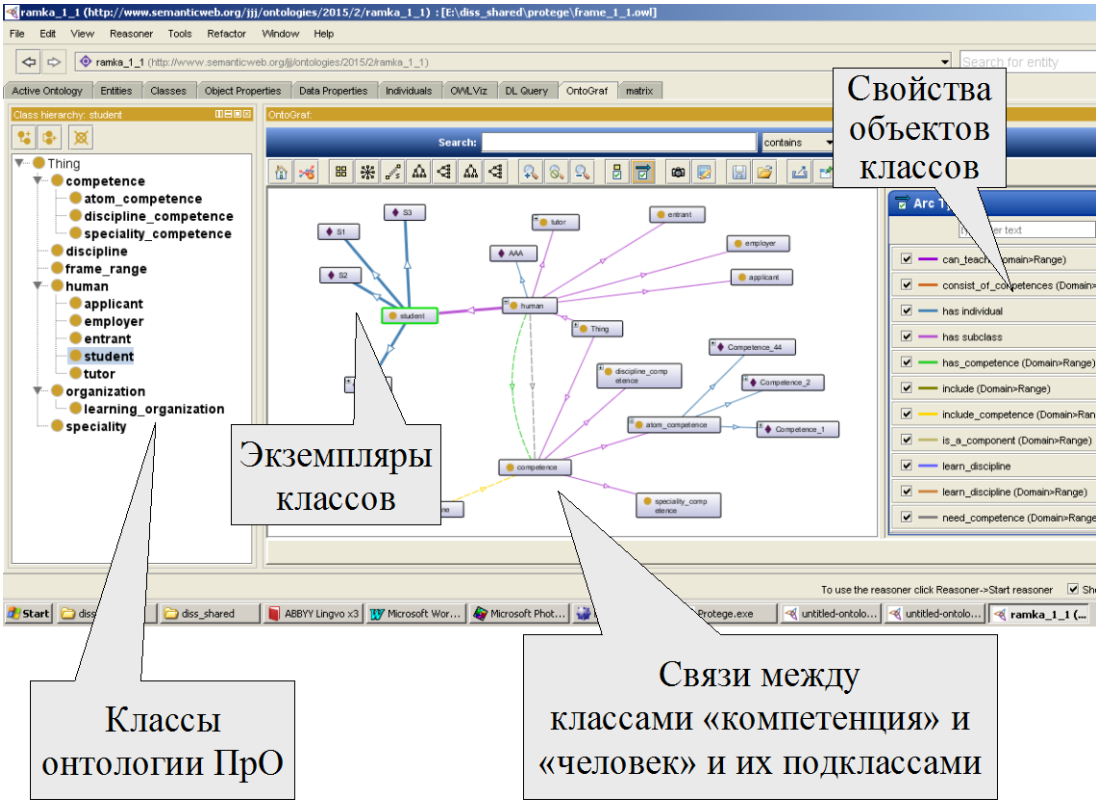


Рисунок 2 – Онтологическая модель сопоставления компетенций

Пользователь описывает свою информационную потребность, указывая класс онтологии ПрО *A*, к которому относится искомый ИО – человек, учебное заведение, специальность и т.д., и накладываемые на него условия – множество экземпляров класса «Атомарная компетенция», с которыми этот объект связан выбранными отношениями онтологии *B*, которые описывают связи между экземплярами.

Таким образом, запросы сводятся к сопоставлению значений свойств одного класса для экземпляров различных классов. Например, сопоставление свойств «включает компетенции», которое относится к классу «Атомарная компетенция», для экземпляра класса «Специалист» и для экземпляра класса «Специальность».

При этом явно указывается семантика информационной потребности, и потому можно осуществлять поиск, дифференцирующий различные отношения между искомым ИО и набором компетенций. Например, с одним и тем же экземпляром класса «человек» некоторые различные подмножества атомарных компетенций могут быть связаны отношениями «обладает», «имеет сертификат», «может преподавать», «имеет опыт использования». Это позволяет точнее удовлетворять информационную потребность пользователя, находя ИО, соответствующие его требованиям.

Для сопоставления специальностей, умений и компетенций людей и организаций разных стран целесообразно использовать набор эталонных атомарных экземпляров каждого класса. Экземпляр считается атомарным, если ни один другой экземпляр этого класса не является его подмножеством.

Например, если две компетенции A и B пересекаются, то по ними строится три потенциально атомарные компетенции A_1, B_1 и C, такие, что

$$A \cap B = C,\ A_1 \cup C = A,\ B_1 \cup C = B.$$

Поэтому целесообразно пополнить онтологическую модель ПрО дополнительным служебным классом. Класс «Атомарная компетенция» – подкласс класса «Компетенция», такой, что для $\forall\, a \in$ «Атомарная компетенция» существует хотя бы один элемент класса $\forall\, b \in$ «Компетенция», такой, что $a \subseteq b$, но для ни одного элемента из класса «Атомарная компетенция» не существует другого элемента этого класса $c \in$ «Атомарная компетенция», такого, что $c \subseteq a$, $a \not\subset c$. Класс «Атомарная компетенция» имеет свойство «входить в состав» класса «Дисциплина» и свойство «входить в» класс «Компетенция».

В таком случае пользователь описывает свою информационную потребность, указывая класс онтологии ПрО A, к которому относится искомый ИО – человек, учебное заведение, специальность и т.д., - и накладываемые на него условия: множество экземпляров класса «Атомарная компетенция», с которыми этот объект связан выбранными отношениями онтологии B, описывающими связи между экземплярами.

Важным достоинством предложенной модели поиска является то, что при таком описании явным образом указывается семантика информационной потребности. Вследствие этого можно осуществлять поиск, который дифференцирует различные отношения между искомым ИО и набором компетенций.

Например, с одним и тем же экземпляром класса «человек» некоторые различные подмножества атомарных компетенций могут быть связаны отношениями «обладает», «имеет сертификат», «может преподавать», «имеет опыт использования».

Такая дифференциация позволяет значительно более точно удовлетворять информационную потребность пользователя, обнаруживая именно те ИО, которые соответствуют его требованиям.

Формирование множества атомарных компетенций, которое требует значительных интеллектуальных усилий экспертов и может быть автоматизировано только частично, с пополнением базы знаний сведениями об экземплярах ИО, требующим постоянного обновления большого объёма данных.

С учётом того, что современные интеллектуальные приложения, как правило, функционируют в открытом информационном пространстве, в качестве источников знаний об экземплярах ИО целесообразно использовать ИР Web:

- различные государственные и международные стандарты и нормативы, связанные с описанием структуры и уровня;
- официальные сайты и организационные онтологии [25] учебных заведений, содержащие информацию о преподаваемых специальностях и входящих в их состав дисциплинах;
- внешние оценки различных учебных заведений и организаций, позволяющие оценить качество получаемых в них компетенций;
- персональные сведения о людях, извлекаемые из социальных сетей, Wiki-ресурсов и различных естественно-языковых документов, доступных через Web (научных публикаций, технических отчетов, методических материалов и т.д.).

Заключение

Онтологический анализ является сегодня одной из важных составляющих развития интеллектуализированных Web-приложений [26]. Использование онтологической модели взаимодействия субъектов и объектов системы семантического поиска обеспечивает повторное использование составляющих её знаний; даёт пользователю чёткое представление как о возможностях системы, так и о её поведении; предоставляет возможность для оценки уровня интеллектуальности системы и, что наиболее важно, позволяет интегрировать ССП с различными прикладными системами, которые для своего функционирования нуждаются в семантическом поиске сложных ИО.

Благодарности

Работа была выполнена при частичной поддержке проекта «Разработка интеллектуальной системы информационного и когнитивного сопровождения функционирования Национальной рамки квалификаций».

Список источников

[1] ***Рогушина, Ю.В.*** Знание-ориентированные средства поддержки семантического поиска в Web / Ю.В. Рогушина. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 214 с.

[2] ***Amerland, D.*** Google Semantic Search: Search Engine Optimization (SEO) Techniques That Gets Your Company More Traffic, Increases Brand Impact and Amplifies Your Online Presence / D. Amerland. – Que Publishing, 2013. – 230 p.

[3] Wolfram Alpha computational knowledge engine, 2009. – http://basetechnology.blogspot.com/2009/03/wolfram-alpha-computational-knowledge.html.

[4] ***Ясин, Е.*** Теоретические проблемы развития информационных систем / Е. Ясин // Модели данных и систем баз данных: Тр. совмест. сов.-амер. семинара. – М.: Наука, 1979. – С. 5-30.

[5] W3C Semantic Web Activity. – http://www.w3.org/2001/sw/Activity/.

[6] Introduction to Semantic Web. – http://www.mphasis.com/knowledge-center/white- papers-all.asp.

[7] ***Минский, М.*** Фреймы для представления знаний / М. Минский. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.

[8] ***Глушков, В.М.*** Кибернетика / В.М. Глушков // Математическая энциклопедия. Т. 2 – М.: Сов. энциклопедия, 1979. – С. 850-856.

[9] ***Васильев, С.Н.*** От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению / С.Н. Васильев // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 2001. №2. – С. 5-21.

[10] ***Zadeh, L.A.*** Roles of soft computing and fuzzy logic in the conception, design and deployment of information/intelligent systems / L.A. Zadeh // Computational intelligence: soft computing and fuzzy-neuro integration with applications. - Springer Berlin Heidelberg, 1998. – P. 1-9.

[11] ***Валькман, Ю.Р.*** О структуре исследований в области искусственного интеллекта / Ю.Р. Валькман // Материалы X Международной научно-технической конференции «Системный анализ и информационные технологии». - К.: НТУУ «КПИ», 2008. – С. 25. – http://lib.znate.ru/pars_docs/refs/81/80229/80229.pdf.

[12] ***Финн, В.К.*** Искусственный интеллект: идейная база и основной продукт // Труды IX Национальной конференции с международным участием «Искусственный интеллект-2004». Т.1, 2004. – С. 11–20.
[13] ***Любич, А.А.*** О выборе критериев оценки интеллектуальности информационной системы / А.А. Любич, В.Л. Плескач, Ю.В. Рогушина // УСиМ. 2005. №1. – С. 3-7.
[14] ***Гаврилова, Т.А.*** Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб.: Питер, 2001. – 382 с.
[15] ***Кузьменко, Г.Є.*** Прагматичний підхід до оцінки рівню інтелекту інтелектуалізованих систем / Г.Є. Кузьменко, В.А. Литвинов // Математичні машини і системи. 2003. №1. – С. 3-9.
[16] ***Gruber, T.*** Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing / T. Gruber // International Journal of Human-Computer Studies. 1995. Vol. 43. Issues 5-6. – P. 907-928.
[17] ***Uschold, M.*** Ontologies: Principles, Methods and Applications / M. Uschold, M. Grüninger // Knowledge Engineering Review. 1996. 11(2). – P. 93-155.
[18] ***Смирнов, С.В.*** Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. 2013. №2(8). - С. 12-19.
[19] ***Gilbert, N.,*** Platforms and methods for agent-based modeling / N. Gilbert, S. Bankes // Proc. of the National Academy of Sciences, 99 (suppl 3), 2002. – P. 7197-7198.
[20] ***Рогушина, Ю.В.*** Разработка онтологической модели информационной потребности пользователя при семантическом поиске / Ю.В. Рогушина // Онтология проектирования. 2014. №2(12). – С. 61-82.
[21] ***Rogushina, J***. Ontology-based competency analyses in new research domains / J. Rogushina, A. Gladun // Journal of Computing and Information Technology. 2012. Vol. 20, No. 4. – P. 277-293.
[22] ISO 25964-1:2011, Thesauri and interoperability with other vocabularies. Part 1: Thesauri for information retrieval / Geneva: International Organization for Standards, 2011.
[23] ***Middleton, S.*** Ontology-Based Recommender Systems / S. Middleton, D.De Roure, N. Shadbolt // Handbook on Ontologies. Eds.: S. Staab, R. Studer. - Springer, 2009. – P. 779-796.
[24] ***Harzallah, B.*** Knowledge management for competence management / B. Harzallah // Proc. of Int. Conf. on Knowledge Management and Knowledge Technologies I-KNOW'05, 2005. – P. 449-460.
[25] An organization ontology, W3C Working Draft, 2012. - http://www.w3.org/TR/2012/WD-vocab-org-20120405/.
[26] ***Боргест, Н.М.*** Онтологии: современное состояние, краткий обзор / Н.М. Боргест, М.Д. Коровин // Онтология проектирования. 2013. №2(8). – С. 49-55.

APPLICATION OF THE ONTOLOGICAL MODEL FOR SEMANTIC SEARCH OF THE INFORMATION OBJECTS

J.V. Rogushina

Institute of Software Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine
ladamandraka2010@gmail.com

Abstract

The article describes the modeling of an intelligent system aimed to support interaction of information resources and information consumers that use internal and external knowledge bases. Existing approaches to estimation of intelligent level of information systems and expedience of their applicability towards information retrieval systems are analyzed. On basis of this analysis, a comparison criterion of intelligent level of different applications is proposed. The criteria is based on such parameters as type and number of processed atomic elements and relations among them and processing algorithm complexity. Ontological model of interaction between Web resources and users of the semantic search system is developed. Sources and methods of development and improvement of this model are proposed. The model applications for increasing the intelligence level of the semantic search system are proposed. Software realization of personalized and collaborative semantic search system on basis of this ontological model is described. The ways of the models application for integration of search instrument with applied systems are described (on example of competence matching task that is used for employment assistance, qualification comparison, educational mobility etc.).
Keywords: *semantic search, information object, ontological model, thesaurus, collaborative search.*

Acknowledgements

The work was carried out with partial support from the project «Designing of an intellectual system of informational and cognitive support of the National qualifications frame functioning».

References

[1] ***Rogushina, J.V.*** Znanie-orientirovannye sredstva podderzhki semanticheskogo poiska v Web [Knowledge-oriented means of semantic search support in the Web] / J.V. Rogushina. – LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014. – 214 p. (In Russian).

[2] ***Amerland, D.*** Google Semantic Search: Search Engine Optimization (SEO) Techniques That Gets Your Company More Traffic, Increases Brand Impact and Amplifies Your Online Presence / D. Amerland. – Que Publishing, 2013. – 230 p.

[3] Wolfram Alpha computational knowledge engine, 2009. – http://basetechnology.blogspot.com/2009/03/wolfram-alpha-computational-knowledge.html.

[4] ***Yasin, E.*** Teoreticheskie problemy razvitiya informacionnych sistem [Theoretical problems of information system development / E. Yasin // Data and data base systems models. Proc. of joint Soviet-American seminar. – Moscow: Science, 1979. – P. 5-30. (In Russian).

[5] W3C Semantic Web Activity. – http://www.w3.org/2001/sw/Activity/.

[6] Introduction to Semantic Web. – http://www.mphasis.com/knowledge-center/white- papers-all.asp.

[7] ***Minsky, M.*** Freymi dlya predstavleniya znaniy [Frames for knowledge representation] / M. Minsky. – Moscow: Energy, 1979. – 152 p. (In Russian).

[8] ***Glushkov, V.M.*** Kibernetika [Cybernetics] / V.M. Glushkov // Mathematical encyclopedia. T. 2. – Moscow: Sov. encyclopediya, 1979. – C. 850-856. (In Russian).

[9] ***Vasiliev, S.N.*** Ot klassicheskykh zadach regulirovaniya k intellektual'nomu upravleniyu [From classic tasks of regulation to intelligent control] / S.N. Vasiliev // Proceedings of the Academy of Sciences. Control theory and systems. 2001. No. 2. – P. 5-21. (In Russian).

[10] ***Zadeh, L.A.*** Roles of soft computing and fuzzy logic in the conception, design and deployment of information/intelligent systems / L.A. Zadeh // Computational intelligence: soft computing and fuzzy-neuro integration with applications. - Springer Berlin Heidelberg, 1998. – P. 1-9.

[11] ***Valkman, U.R.*** O structure issledovaniy v oblasti iskusstvennogo intellekta [About structure of research in the scope of artificial intelligence // Proc. of X Int. scientific-technical conf. "System analysis and information technologies", Kiev, NTUU "KPI", 2008. – P. 25. – http://lib.znate.ru/pars_docs/refs/81/80229/80229.pdf. (In Russian).

[12] ***Finn, V.K.*** Iskusstvennyi intellekt: ideynaya baza i osnovnoy produkt [Articial intelligence: ideological foundation and main product] // Proc. of IX National conf. with international participation "Articial intelligence-2004". Vol. 1, 2004. – P. 11–20. (In Russian).

[13] ***Lyubich, A.A.*** O vybore kriteriev ocenki intellectual'nosti informacionnoy sistemy [About selection of criteria for evaluation of information system intelligence] / A.A. Lyubich, V.L. Pleskach, J.V. Rogushina // USiM. 2005. No. 1. – P. 3-7. (In Russian).

[14] ***Gavrilova, T.A.*** Basy znaniy intellekual'nych sistem [Knowledge bases of intelligent systems] / T.A. Gavrilova, V.F. Horoshevsky. – St. Petersburg: Piter, 2001. – 382 p. (In Russian).

[15] ***Kuzmenko, G.E.*** Pragmatychny pidhid do ocinki rivnyu intelektu intelektualizovanych sistem [Pragmatic approach to estimation of intelligence level on intelligent systems] / G.E. Kuzmenko, V.A. Litvinov // Mathematical machines and systems. 2003, No. 1. – P. 3-9. (In Ukrainian).

[16] ***Gruber, T.*** Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing / T. Gruber // International Journal of Human-Computer Studies. 1995. Vol. 43. Issues 5-6. – P. 907-928.

[17] ***Uschold, M.*** Ontologies: Principles, Methods and Applications / M. Uschold, M. Grüninger // Knowledge Engineering Review. 1996. 11(2). – P. 93-155.

[18] ***Smirnov, S.V.*** Ontologii kak smyslovye modeli [Ontologies as semantic models] / S.V. Smirnov // Ontologija proektirovanija. 2013. No. 2(8). - P. 12–19. (In Russian).

[19] ***Gilbert, N.,*** Platforms and methods for agent-based modeling / N. Gilbert, S. Bankes // Proc. of the National Academy of Sciences, 99 (suppl 3), 2002. – P. 7197-7198.

[20] ***Rogushina, J.V.*** Razrabotka ontologicheskoy modeli potrebnosti pol'zovatlya pri semanticheskom poiske [Design of ontological model of user's demand by semantic search] / J.V. Rogushina // Ontologija proektirovanija. 2014. №2(12). – P. 61-82. (In Russian).

[21] ***Rogushina, J***. Ontology-based competency analyses in new research domains / J. Rogushina, A. Gladun // Journal of Computing and Information Technology. 2012. Vol. 20, No. 4. – P. 277-293.
[22] ISO 25964-1:2011, Thesauri and interoperability with other vocabularies. Part 1: Thesauri for information retrieval / Geneva: International Organization for Standards, 2011.
[23] ***Middleton, S.*** Ontology-Based Recommender Systems / S. Middleton, D.De Roure, N. Shadbolt // Handbook on Ontologies. Eds.: S. Staab, R. Studer. - Springer, 2009. – P. 779-796.
[24] ***Harzallah, B.*** Knowledge management for competence management / B. Harzallah // Proc. of Int. Conf. on Knowledge Management and Knowledge Technologies I-KNOW'05, 2005. – P. 449-460.
[25] An organization ontology, W3C Working Draft, 2012.- http://www.w3.org/TR/2012/WD-vocab-org-20120405/
[26] ***Borgest, N.M.*** Ontologii: sovremennoe sostoyanie, kratkiy obzor [Ontologies: current state, brief review] / N.M. Borgest, M.D. Korovin // Ontologija proektirovanija. 2013. №2(8). – P. 49-55. (In Russian).

Сведения об авторе

Рогушина Юлия Витальевна (1967 г.р.) окончила Киевский государственный университет им. Т.Г. Шевченко в 1989 г. Степень кандидата физико-математических наук получила в Институте кибернетики им. В.М. Глушкова, г. Киев, в 1995 г. В настоящее время работает старшим научным сотрудником в Институте программных систем Национальной академии наук Украины. Исследовательские интересы включают разработку методов семантического поиска и рекомендования; онтологический анализ; исследование поведения интеллектуальных программных агентов, разработку алгоритмов индуктивного извлечения знаний, применение технологий Semantic Web. Автор более 150 публикаций в научных журналах и на конференциях, в том числе монографии «Знание-ориентированные средства поддержки семантического поиска в Web» и нескольких учебников.

Julia Vitalijevna Rogushina (b. 1967). She received the M. Sc. from Kyiv Taras Shevchenko State University in 1989. Her PhD degree in Computer Science she received in Glushkov's Institute of Cybernetics, Kyiv, in 1995. She is a senior researcher at the Institute of Software Systems, National Academy of Sciences of Ukraine. Her research interests include the development and application of intelligent information systems; theory of software agents behavior, inductive knowledge acquisition, intelligent information retrieval, ontological analysis, Semantic Web technologies. She has published more than 150 publications in scientific journals and conferences, monograph "Knowledge-oriented means of the Web semantic search" and several textbooks.

«НАУКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ» - НОВЫЙ ЖУРНАЛ

Редколлегия журнала «Онтология проектирования» приветствует создание и создателей нового международного междисциплинарного научного журнала «***Наука проектирования***» (*Design Science Journal*), который был организован в июле 2015 года на базе *Cambridge Journals Online* (*Cambridge University Press*).

Для нас, разработчиков научного направления онтологии проектной деятельности, факт появления нового журнала с близкими по тематике целями – знак актуальности и востребованности проводимых и публикуемых исследований в нашем журнале.

В журнале «Наука проектирования» – *design* трактуется широко и как наука, и как искусство, и как некое *осмысленное созидание*. После того как приняты все решения, накоплен опыт, собраны данные и проведён научный анализ, претворение проекта в жизнь – акт веры (или риск). И новый журнал, как пишут его создатели, – не исключение. Это коллективный акт веры (или, опять-таки, риск) большого числа людей: авторов, читателей, редакторов, рецензентов и спонсоров. Почему мы верим в наш журнал? Каковы его задачи и цели? Как мы их достигнем? Эти вопросы были заданы редакторам журнала, а ответы на эти вопросы были опубликованы в первом номере в форме редакционной статьи (ниже мы публикуем оригинальные фрагменты). Здесь же мы приводим лишь краткий перевод идей создателей нового журнала.

ЗАЧЕМ или почему создан журнал

Проектирование относительно недавно оформилось как научная дисциплина. Оно одновременно является наукой и искусством. Научный подход к проектированию не должен отменять «искусственную» составляющую, баланс между этими двумя составляющими – вопрос личного выбора проектанта (или фокуса проектанта). Наука проектирования изучает создание артефактов и то как они встраиваются в наше физическое, психологическое, экономическое и виртуальное окружения.

Проектирование – сплав анализа и синтеза и опирается на множество научных дисциплин, каждая из которых имеет свой язык, культуру и семантику. Именно это разнообразие послужило причиной создания журнала. Цель журнала – сделать исследования в области проектирования доступными максимально широкой аудитории, создать междисциплинарную площадку для дискуссий.

ЧТО или о чём журнал

Взгляды редакторов на настоящее и будущее проектирования и на то, чему посвящен журнал, приводятся в редакционной статье. Гармонизировал этот результат Джон Геро. Часть результата его работы приведёна ниже.

Проектирование имеет долгую историю и впервые упоминается в письменных источниках 4000–летней давности. Сегодня мы живем в мире, в котором всё большая часть объектов - это продукты проектирования, и всё меньше природных. Учитывая колоссальное влияние проектирования на нашу жизнь, удивительно как мало мы понимаем процесс проектирования по сравнению с физическими науками.

КАК мы будем достигать своих целей

Чем наш журнал отличается от других? Предполагается, что статьи будут включать больше описаний и обзоров и больше объяснений терминов в отличие от узкоспециализированных научных журналов.

Editorial Board

Editor-in-Chief	**Panos Y. Papalambros**, University of Michigan, USA
Co-Editor-in-Chief	**John S. Gero**, George Mason University and University of North Carolina at Charlotte, USA
	Associate Editors
Saeema Ahmed-Kristensen,	Technical University of Denmark, Denmark
Petra Badke-Schaub,	Technical University of Delft, Netherlands
Jean-Francois Boujut,	Institut Polytechnique de Grenoble (Grenoble INP), France
Jonathan Cagan,	Carnegie Mellon University, USA
Marco Cantamessa,	Turin Polytechnic, Italy
Amaresh Chakrabarti,	Indian Institute of Science, India
Wei Chen,	Northwestern University, USA
Lin-Lin Chen,	National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan; Eindhoven University of Technology, Netherlands
P. John Clarkson,	Cambridge University, UK
Kristi E. Schmidt Bauerly,	Apple Computer, USA
Alex H. B. Duffy,	University of Strathclyde, UK
Sean Hanna,	University College London, UK
Jordan J. Louviere,	The University of South Australia, Australia

Yan Jin,	University of Southern California, USA; Editor, AIEDAM
Ashok K. Goel,	Georgia Institute of Technology, USA
Terry Knight,	Massachusetts Institute of Technology, USA
Udo Lindemann,	Technical University of Munich, Germany
Colleen M. Seifert,	University of Michigan, USA
Steven M. Smith,	Texas A&M University, USA
Chris McMahon,	University of Bristol, UK
Yukari Nagai,	Japan Advanced Institute of Science and Technology, Japan
Don Norman,	Nielsen Norman Group, University of California at San Diego, USA
Yoram Reich,	Technion, Israel
Yong Se Kim,	Sungkyunkwan University, Korea
Kristina Shea,	ETH Zurich, Switzerland
Mitchell M. Tseng,	Hong Kong University of Science and Technology, China
Pieter E. Vermaas,	Technical University of Delft, Netherlands
Christian Weber,	Technical University Ilmenau, Germany
Kris L. Wood,	Singapore University of Technology and Design, Singapore
Bernard Yannou,	Ecole Centrale Paris, France

DESIGN SCIENCE: WHY, WHAT AND HOW

Panos Y. Papalambros
Corresponding author Panos Y. Papalambros editor@descij.org
Published by Cambridge University Press c The Author(s) 2015 Distributed as Open Access under a CC-BY 4.0 license (http://creativecommons.org/ licenses/by/4.0/)

The *Design Science* journal is a designed product, maybe also a designed product-service system. After all the insights, experiences, data collections and scientific analyses have played their role, bringing a design into existence remains an act of faith. This journal is no exception. It is a collective act of faith by a large number of people who have put themselves forth as authors, readers, editors, reviewers, producers and sponsors. Why do we believe in this journal? What are its scope and purpose? How will we achieve them? We share our thoughts on these questions below.

We start with a discussion of the 'why' as it emerged from my own interactions with the community. Next we address the 'what' question. We asked our Editorial Board to offer an individual statement on the 'what' of design science: what they see as current and future design science research. We include their verbatim responses followed by John Gero's synthesis of the Board's ideas. Finally, we discuss the practicalities of how the journal hopes to support the 'what' vision in the years to come.

The connecting thread throughout the discussion here is the collective desire to build avenues of communication and understanding for an open, inclusive, boundary-crossing design community.

WHY

Design as a recognized discipline is a relative newcomer in the research community. An established discipline involves both creation and dissemination of knowledge. In an academic setting, creation of knowledge is supported by research and dissemination of knowledge by education. Design research and education derive strong benefits from a more explicit use of the scientific method. Design is both art and science. Approaching design knowledge with the scientific method does not and should not negate art's presence in design; it is simply a matter of focus.

Design science studies the creation of artifacts and their embedding in our physical, psychological, economic, social and virtual environments. Good design improves our lives through innovative, sustainable products and services, creates value, and reduces or eliminates the negative unintended consequences of technology deployment. Bad design ruins our lives. In design science, product and system design is addressed by combining analysis and synthesis, and drawing from many scientific disciplines.

While this combination has become a discipline in its own right, the need to bring many diverse disciplines to bear on design is a critical element of good design and of good design science research. Thus, design *happens* in a diversity of disciplines, each with its own language, culture and semantics. Exactly this diversity is the reason, the 'why,' the *Design Science* journal has been created: The journal aims to make all design research *accessible* to the widest possible audience; it aspires to be the meeting place for a design community that crosses the disciplinary boundaries and to offer entry points to those who wish to understand how other design researchers approach design questions in a rigorous manner. In doing so, it also aspires to strengthen all other design communities and to help them to thrive. This is one reason why several editors of other important design journals have agreed to serve on the *Design Science* Editorial Board and provide the requisite links.

…

WHAT: JOHN GERO'S SYNTHESIS

Designing is one of the most profound of human intellectual activities. It is the way in which humans intentionally change the world around them. Designing has been written about for at least 4,000 years, starting with the *Epic of Gilgamesh* (approximately 2,100 BC), where instructions for a producing a boat are given, and the *Code of Hammurabi* (approximately 1,750 BC), where the social implications of poor design and construction are detailed. Vitruvius' *De architectura* (around 50 BC) covered both machine and building design, and outlined design knowledge in the form of both prescriptive and performance rules. He also described evidence-based approaches related to the selection of materials. In 1452, Leon Battista Alberti published *De re aedificatoria: Ten Books of Architecture*, which introduced the notion of design process as an intellectual activity. These and other works prior to modern times attest to designing being an identifiable act in both the military and civil domains.

Designs are recognized as one of the most significant means for a society to improve its economic and social well-being: designs add economic, safety and social value to what already exists. Today, we inhabit a world that is increasingly designed and where the natural component of our world continues to decrease. Even areas such as human organs that were considered the preserve of nature are being increasingly designed. Given designing's importance in our lives it is surprising that designs and designing are so little understood compared with the physical sciences

…

The *Design Science* journal provides a platform for the publication, dissemination and archiving of research that is accessible across disciplines. Papers can be from a single discipline, multidisciplinary or interdisciplinary in the recognition that design is a discipline in its own right and that often commonalities cannot be seen because of the disciplinary focus of the publication location.

…

What these contributions indicate is that designs and designing are rich in researchers' conception of them as well as being rich in what needs to be researched. This implies a lack of a complete understanding of both the depth and range of designing.

A thread that runs through these contributions is the notion that researchers and then practitioners can all benefit from a deeper understanding of designing and designs irrespective of the disciplinary source of the research that supports that understanding.

HOW

How then is *Design Science* different from other journals?

Making research results accessible across disciplines requires effort by both authors and readers. *Design Science* articles will likely have longer introductions and literature reviews and more explanation of terms than is typical for discipline-specific journals. Authors and reviewers in disciplinary journals usually discard such material as unnecessary 'padding.' Papers become more efficient at the expense of wider accessibility. For *Design Science*, I would expect the typical reader to follow at least 40% of any typical article and, having no expertise in the particular topic, to be drawn into further study of additional work from the references to fully comprehend what is put forth. Perhaps a fair aspiration for some *Design Science* articles is that they would be the first reads for researchers getting into a field or topic new to them.

Crossing disciplinary boundaries in an article does *not* mean that all articles must be interdisciplinary. Single-discipline papers are fine, they just need to be as *accessible* as possible to other disciplines.

…

Welcome to the *Design Science* journal, and please join our community!

Design Science

the Design Society
a worldwide community

About the Journal

Design Science is an international open access journal publishing original quantitative and qualitative research in the creation of artifacts and systems, and their embedding in our physical, virtual, psychological, economic, and social environment. Peer reviewed by an international editorial board, Design Science aims to serve as the archival venue of science-based design knowledge across multiple disciplines. The Journal will facilitate communication across diverse fields and will serve as a bridge across several communities, publishing original research with a strong emphasis on accessibility by scholars from a diversity of disciplines.

ISSN: n/a | EISSN: 2053-4701 - http://www.designsciencejournal.org/
Design Science / Volume 1 / Июль 2015, e1(38 pages) - http://journals.cambridge.org/action/displayJournal?jid=DSJ
Copyright © The Author(s) 2015 Distributed as Open Access under a CC-BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
DOI: http://dx.doi.org/10.1017/dsj.2015.1, Published online: 24 Июль 2015. OPEN ACCESS

14TH INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE

MAY, 16-19 2016
CAVTAT, DUBROVNIK, CROATIA

DESIGN 2016
Excellence in Design

Discussion and further development of all aspects of design knowledge from cognition and philosophy, to methods and tools, from research theory to practice.

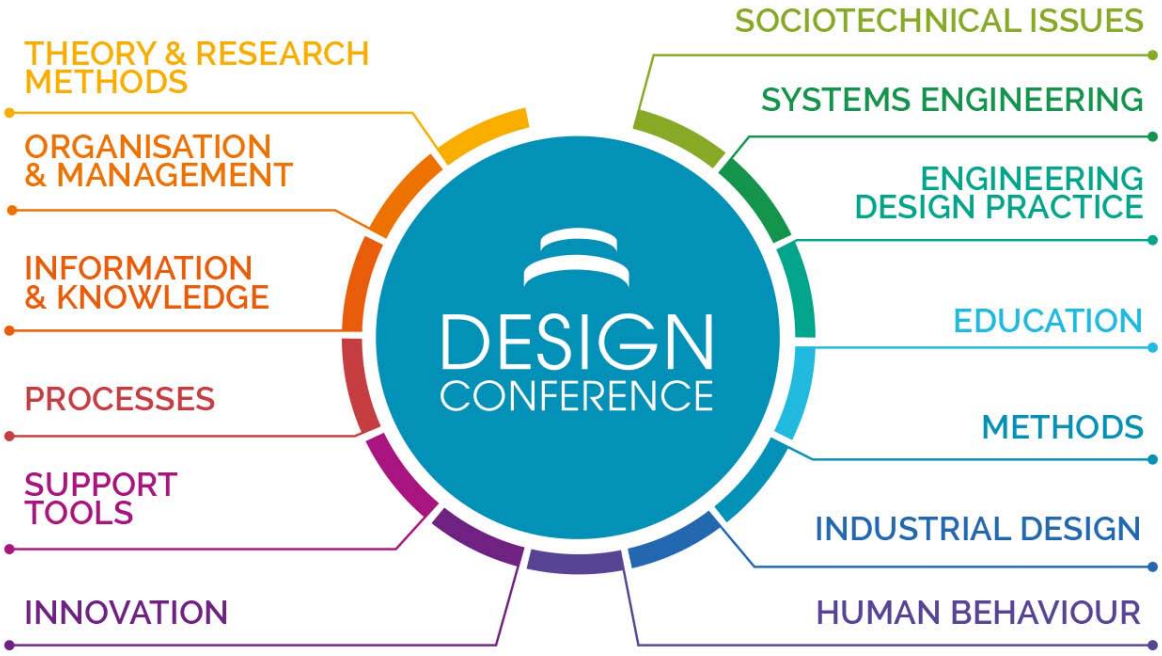
The DESIGN Conference programme offers broad exchange possibilities to researchers and practitioners, strategic decision makers, managers, design and engineering professionals, national or regional agencies or governmental bodies.

Our goal is to bring together researchers and practitioners who have worked on or thought about engineering and industrial design from a variety of perspectives, disciplines, and fields: engineering, aesthetics, ergonomics, psychology, sociology and the like...

The DESIGN Conference programme offers broad exchange possibilities to researchers and practitioners, strategic decision makers, managers, design and engineering professionals, national or regional agencies or governmental bodies.

The goal of DESIGN Conference is to bring together researchers and practitioners who have worked on or thought about engineering and industrial design from a variety of perspectives, disciplines, and fields: engineering, aesthetics, ergonomics, psychology, sociology and the like.

We invite high-quality submissions for DESIGN 2016 covering substantial, original and previously unpublished research. Improvements in the engineering design process have been supported by theories and methods developed by research groups around the world. There is a constant need to harmonise the findings, and to ensure that these findings are built upon and developed so that they can be transferred into engineering practice.



DESIGN 2016 papers key questions

How this influences engineering design methodologies and tools in practice? How to improve design projects and processes? How to improve the development of products and services? Which competencies, information and communication technologies are needed? What is the impact on the everyday design work? What social and legal issues should be considered? What are the new advances in design theory and research?

Applied, theoretical and results oriented papers from both academia and industry, based on thorough analysis or argumentation, will all be considered for the conference programme. The submitted papers should fit into one of the proposed conference topics. It is expected that these specific topics are extensive and non exhaustive. A list of examples is added for illustrating the core topics. It is required explicitly from all contributors to show how they are contributing to the overall research within these areas.

IMPORTANT DATES

Full paper submission deadline	**December, 07 2015**
Final acceptance of papers	February, 26 2016
Publish-ready papers	March, 21 2016
Final Conference programme	April, 2016

the Design Society
a worldwide community

http://www.designconference.org/

Индекс 29151

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

От редакции **253-255**
КРИТЕРИЙ – ВЕСЬ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ
И « НИЧЕГО СВЕРХ МЕРЫ»

П.В. Капустин, Д.М. Канин, И.Л. Чураков **256-277**
ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
В КАСТОМИЗИРОВАННОМ АРХИТЕКТУРНОМ
ОНЛАЙН ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ
ЖИЛЫХ ДОМОВ

Л.Ю. Жилякова **278-296**
СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ
ВИДОВ АКТИВНОСТИ В СРЕДЕ СЛОЖНЫХ АГЕНТОВ
И ЕЁ ПРИЛОЖЕНИЯ

Д.А. Ризванов, Н.И. Юсупова **297-312**
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕСУРСАМИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ МНОГОАГЕНТНОГО ПОДХОДА

А.Я. Дмитриев, Т.А. Митрошкина **313-327**
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
МОДЕЛЕЙ, ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, ЗНАНИЙ:
ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА

Д.В. Ландэ **328-335**
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ
ПУТЁМ ЗОНДИРОВАНИЯ СЕРВИСА
GOOGLE SCHOLAR CITATIONS

Ю.В. Рогушина **336-356**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПРИ СЕМАНТИЧЕСКОМ ПОИСКЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

«НАУКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ» - новый журнал **357-359**
14-я международная научная конференция по проектированию **360**

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

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