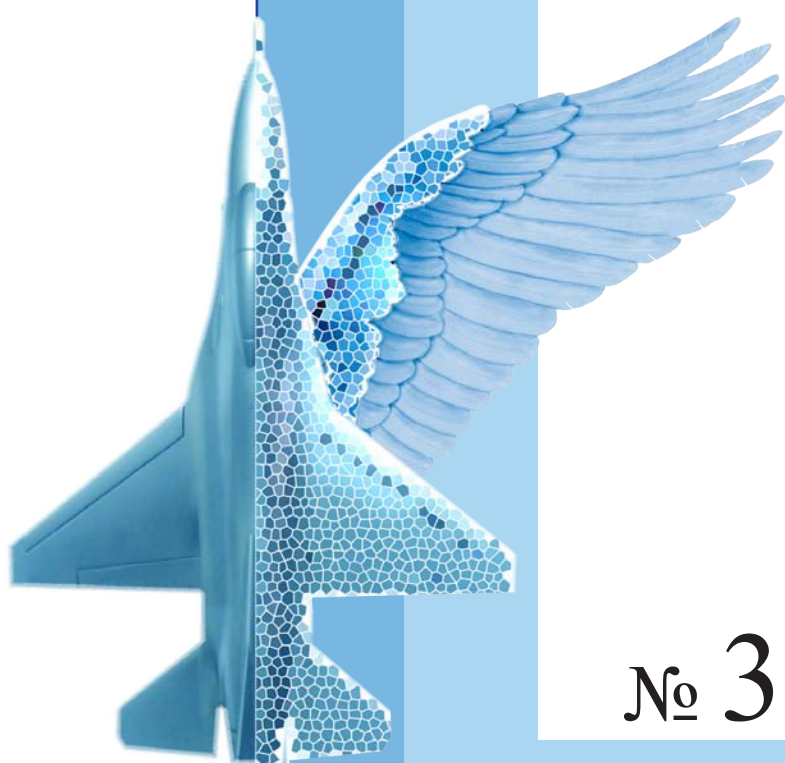


# ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

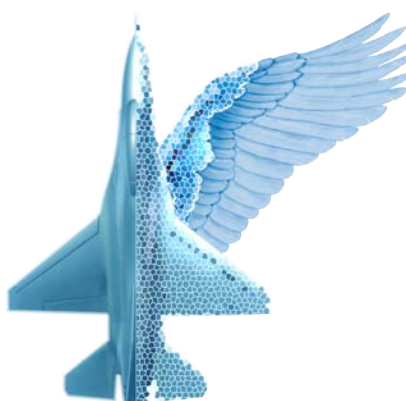


№ 3(13)/2014

**ОНТОЛОГИЯ**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Научный журнал

№ 3(13)



## EDITORIAL BOARD – РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Anatoly I. Belousov	Белоусов Анатолий Иванович, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Nikolay M. Borgest	Боргест Николай Михайлович, к.т.н., профессор СГАУ, член ИАОА, г. Самара
Vladimir V. Golenkov	Голенков Владимир Васильевич, д.т.н., профессор, БГУИР, г. Минск
Vladimir I. Gorodetsky	Городецкий Владимир Иванович, д.т.н., профессор, СПИИРАН, г. Санкт-Петербург
Yuri R. Valkman	Валькман Юрий Роландович, д.т.н., профессор, МНУЦ ИТиС НАН и МОН Украины, г. Киев
Stanislav N. Vasiliev	Васильев Станислав Николаевич, академик РАН, ИПУ РАН, г. Москва
Vladimir A. Wittich	Виттих Владимир Андреевич, д.т.н., профессор, ИПУСС РАН, г. Самара
Nicholay G. Zagoruiko	Загоруйко Николай Григорьевич, д.т.н., профессор, ИМ СО РАН, г. Новосибирск
Alexander S. Kleshchev	Клещёв Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., профессор, ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток
Valery A. Komarov	Комаров Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, СГАУ, г. Самара
Sergey M. Krylov	Крылов Сергей Михайлович, д.т.н., профессор, СамГТУ, г. Самара
Victor M. Kureichik	Курейчик Виктор Михайлович, д.т.н., профессор, Технологический институт ЮФУ, г. Таганрог
Lyudmila V. Massel	Массель Людмила Васильевна, д.т.н., профессор, ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск
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
George A. Rzevski	Ржевский Георгий Александрович, профессор, Открытый университет, г. Лондон
Peter O. Skobelev	Скобелев Петр Олегович, д.т.н., НПК «Разумные решения», г. Самара
Sergey V. Smirnov	Смирнов Сергей Викторович, д.т.н., ИПУСС РАН, г. Самара
Anatoly V. Sollogub	Соллогуб Анатолий Владимирович, д.т.н., профессор, 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 Y. Shvedin	Шведин Борис Яковлевич, к.психол.н., ООО «Дан Роуз», член ИАОА, г. Ростов-на-Дону

## Executive Editorial Board - Исполнительная редакция

Chief Editor	Smirnov S.V.	Главный редактор	Смирнов С.В.	директор ИПУСС РАН
Executive Editor	Borgest N.M.	Выпускающий редактор	Боргест Н.М.	директор 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/](http://agora.guru.ru/scientific_journal/)

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



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

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



Отпечатано в издательстве «Новая техника»  
Подписано в печать 09.09.2014. Тираж 300 экз.

© Все права принадлежат авторам публикуемых статей  
© Издательство «Новая техника», 2011-2014

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>От редакции</b> О ПЕРВЫХ НАЧАЛАХ	<b>5</b>
<b>В.И. Городецкий, О.Н. Тушканова</b> ОНТОЛОГИИ И ПЕРСОНИФИКАЦИЯ ПРОФИЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В РЕКОМЕНДУЮЩИХ СИСТЕМАХ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ	<b>7</b>
<b>И.М. Зацман, П.С. Бунтман</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИКАТОРОВ МОНИТОРИНГА В СФЕРЕ НАУКИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ И МОДЕЛИ	<b>32</b>
<b>Л.С. Глоба, М.В. Ковальский</b> ПОВЫШЕНИЕ РЕЛЕВАНТНОСТИ ПРИ ПОИСКЕ ВЕБ-СЕРВИСОВ В МУЛЬТИОНТОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ	<b>52</b>
<b>В.М. Дёмкин, А.В. Соснин, С.С. Сусманова</b> ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИТУАЦИЙ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА	<b>63</b>
<b>В.И. Левин</b> СТАБИЛЬНОСТЬ НЕОПРЕДЕЛЁННЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ	<b>77</b>
<b>С.А. Пиявский</b> ПРОСТОЙ И УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ КРИТЕРИЕВ «СТОИМОСТЬ–ЭФФЕКТИВНОСТЬ»	<b>89</b>
<b>РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИЗДАНИЯ</b>	<b>103</b>

## CONTENT

<b>From the Editors</b>	
ABOUT THE FIRST PRINCIPLES	5
<b>V.I. Gorodetsky, O.N. Tushkanova</b>	7
ONTOLOGY-BASED USER PROFILE PERSONIFICATION IN 3G RECOMMENDER SYSTEMS	
<b>I. M. Zatsman, P.S. Buntman</b>	32
DESIGNING INDICATORS FOR MONITORING IN SCIENCE: THEORETICAL FRAMEWORK AND MODELS	
<b>L.S. Globa, M.V. Kovalskyi</b>	52
INCREASING WEB SERVICES DISCOVERY RELEVANCY IN THE MULTI-ONTOLOGICAL ENVIRONMENT	
<b>V.M. Dyomkin, A.V. Sosnin, S.S. Susmanova</b>	63
ONTOLOGICAL MODELS OF SITUATIONS APPLIED TO THE TASK OF COMPUTER-AIDED TESTING OF FOREIGN LANGUAGES PROFICIENCY	
<b>V.I. Levin</b>	77
STABILITY OF UNCERTAIN OPTIMIZATION PROBLEMS	
<b>S.A. Piyavsky</b>	89
A SIMPLE AND UNIVERSAL METHOD OF DECISION MAKING WITHIN THE SCOPE OF CRITERIA OF «COST AND EFFICIENCY»	
<b>RECOMMENDED BOOKS</b>	103



*Прежде всего, тебе я скажу о первых началах,  
В коих возникло все то, что ныне мы зрим во вселенной:  
Бурное Море, Земля, увлажнённый Воздух и с ними  
Тот Титан — Эфир, что кругом облёг мирозданье.*

Эмпедокл, «Состав мироздания»  
из поэмы «О природе»<sup>1</sup>

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

Продолжая наши традиции, вспомним оригинального **Эмпедокла** (Empedocles, ок. 495, Агригент, о. Сицилия – 435 до н. э.) – греческого философа, поэта, мага и целителя. Оригинальность Эмпедокла состоит в его учении о четырёх элементах и в применении принципов Любви и Вражды для объяснения изменения. Он отверг монизм и рассматривал ход вещей как регулируемый скорее случайностью и необходимостью, чем целью. В этом отношении его философия была более научной, чем философия Парменида, Платона и Аристотеля<sup>2</sup>.

Основатель школы красноречия в Сицилии, Эмпедокл первый изобрёл риторiku, а свои философские воззрения изложил в поэмах «О природе» и «Очищения». Эмпедокл рассматривал сущностные вопросы бытия: состав мироздания, состав живой природы, жизненные процессы и др., тем самым создавая первые онтологические модели. В учении Эмпедокла в качестве начал были названы четыре традиционные стихии – огонь, воздух, вода и земля. Эти начала вечны, а все изменения видимого мира происходят благодаря их сочетанию друг с другом под воздействием двух сил притяжения (Любви, «Филии») и отталкивания (Вражды, «Нейкос»). Эмпедокл, как и Парменид, полагал, что переход из небытия к бытию невозможен, «рождение» и «гибель» – лишь механистическое «соединение» и «разъединение» вечных элементов.



Empedocle's.

Космогонический цикл по Эмпедоклу имеет 4 фазы: 1) «любовь» – все элементы слиты воедино, образуя однородный неподвижный «шар»; 2) «вражда» проникает в «шар» и вытесняет «любовь», разъединяя разнородные элементы; 3) «любовь» возвращается, соединяя разнородные элементы и разъединяя однородные; 4) фаза возникновения живых существ, которая распадается на 4 ступени: 4.1) отдельные члены, неспособные соединиться в организм; 4.2) неудачные соединения членов – монстры; 4.3) бисексуальные существа, неспособные к половому размножению; 4.4) полноценные животные.

Большое влияние на греческую философию (особенно, на атонизм) оказала теория ощущений Эмпедокла: от воспринимаемого объекта непрерывно отделяются материаль-

<sup>1</sup> Эллинские поэты VIII—III вв. до н.э. - М., Ладомир, 1999. H.Diels — W.Kranz. Die fragmente der Vorsokratiker. 10. Aufl., Berlin, 1961 / Перевод Г.И. Якубаниса в переработке М.Л. Гаспарова - <http://ancientrome.ru/antlittr/empeokles/nature.htm>

<sup>2</sup> Рассел, Б. История западной философии. Часть первая. ДОСОКРАТИКИ. Глава VI. Эмпедокл. Russell, B. A History of Western Philosophy. Page XI. Simon & Schuster, Inc., 1972 - <http://philosophy.ru/library/russell/01/01.html#6>



ные «истечения», проникающие в «поры» органов чувств. Теория «пор и истечений» имела у него универсальный характер и объясняла также физические и физиологические процессы.

«Воля Судьбы такова, что *присуща всем тварям разумность*» - эта крылатая фраза Эмпедокла в поэме «О природе» в разделе «Жизненные процессы» во многом определяет важное качество человеческой сущности, способной идентифицировать концепты, структурировать среду, классифицировать и атрибутировать находящиеся в ней сущности. Современная онтология в её информационном, технологическом статусе не способна пока воспроизвести важное качество, присущее живой сущности. Но накапливаемый экспериментальный и теоретический материал даёт надежду на близкий результат не только в научной, но и практической прикладной сфере.

...

Первые начала интеграционного научного направления онтологии проектирования были заложены, когда был поставлен учебно-научный курс для магистрантов в СГАУ (2010 год), и когда был создан наш с Вами журнал (2011 год). Эти начала лишь первые зёрна кристаллизации уже накопленных в разных областях знаний, которые, надеемся, послужат катализатором «объединения разнородных элементов», которые по метафорическому утверждению Эмпедокла способна и осуществляет Любовь.

Исследуя область онтологии проектирования с разных сторон научной направленности - с философской, психологической, методологической, информационно-технологической и прикладной нормализованной деятельности - журнал продолжает публиковать работы, формализующие важные процедуры, операции и опции в онтологии проектирования.

В этом номере в статье мэтра интеллектуальных систем, ведущего научного сотрудника Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН В.И. Городецкого и его аспирантки О.Н. Тушкановой рассматриваются онтологии и персонификация профиля пользователя в рекомендующих системах третьего поколения. К рекомендующим системам третьего поколения относят системы, которые вырабатывают решения на основе семантических моделей интересов и предпочтений пользователя, принимают во внимание мотивацию и причины, которые побуждают конкретного пользователя предпочитать то или иное решение, а также учитывают семантику контекста, сопутствующего принятию решений.

Семиотический подход к описанию итераций проектирования новых индикаторов мониторинга, включая верифицируемые его варианты, и генерации новых экспертных знаний в процессе проектирования исследуется в статье московских исследователей под руководством заведующего отделом Института проблем информатики РАН, доктора наук И.М. Зацмана и биолога П.С. Бунтмана.

Профессор из Пензы В.И. Левин продолжил серию статей в области оптимального проектирования в условиях неопределенности, а исследователи из Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (Нижний Новгород) под руководством В.М. Дёмкина на пути к становлению новой парадигмы компьютерного тестирования сделали очередной шаг, связанный с «очеловечиванием» поведенческой природы холонов.

Коллеги из Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», профессор Г.С. Глоба и выпускник университета М.В. Ковальский предложили способ повышения релевантности при поиске веб-сервисов в мультионтологической среде, а известный самарский профессор С.А. Пиявский из архитектурно-строительного университета вводит в онтологию многокритериальной оптимизации новое понятие шансов оптимальности решения и предлагает, тем самым, простой и универсальный метод принятия решений в пространстве критериев «стоимость-эффективность».

*Ждём ваших, читатель, откликов на публикации и ваших, авторы, новых результатов!*

УДК 004.82

## ОНТОЛОГИИ И ПЕРСОНИФИКАЦИЯ ПРОФИЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В РЕКОМЕНДУЮЩИХ СИСТЕМАХ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

В.И. Городецкий<sup>1</sup>, О.Н. Тушканова<sup>2</sup>

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup>gor@iias.spb.su, <sup>2</sup>tushkanova@iias.spb.su

### Аннотация

Рекомендующие системы третьего поколения сейчас находятся в самом начале своего развития. К рекомендующим системам третьего поколения относят системы, которые вырабатывают решения на основе семантических моделей интересов и предпочтений пользователя, принимают во внимание мотивацию и причины, которые побуждают конкретного пользователя предпочитать то или иное решение, а также учитывают семантику контекста, сопутствующего принятию решений. Иначе говоря, основным новшеством таких систем является их ориентация на семантические модели представления и использования знаний, в частности, знаний о персональном профиле пользователя. В настоящее время наиболее естественным и наиболее разработанным способом формализации семантических категорий, которые обычно используются человеком в процессах выработки решений, является онтология. По этой причине в современных и будущих системах, которые называют рекомендующими системами третьего поколения, онтология рассматривается в качестве общей структуры для представления разнообразных и разнотипных знаний. Примерами таких знаний являются, например, знания о персональном профиле пользователя, о контексте принятия решений, об эмоциональном состоянии пользователя при принятии решения и т.п. Данная работа посвящена обзору публикаций, которые рассматривают подходы и модели персонального профиля пользователя в контексте онтологий предметной области рекомендаций, а также варианты их использования в рекомендующих системах. Эти публикации фактически подготовили современный взгляд на онтологию как единую модель концептуализации и представления компонент знаний, используемых в рекомендующих системах.

**Ключевые слова:** рекомендующие системы, онтология, профиль пользователя, персонификация, контекстно-зависимые рекомендации, фольклсономия, сетевой контекст, автоматизация разработки онтологий.

### Введение

Концепция рекомендующих систем как систем прогнозирования решений человека при выборе им товара/услуги появилась в середине 1990-х годов. К настоящему времени эта концепция прошла стандартный путь развития, характерный для систем, основанных на знаниях. Она прошла путь от статистических и эвристических моделей обучения и принятия решений к моделям, в которых используются содержательно интерпретируемые знания, учитывается контекст принятия решений, а также персональные интересы и предпочтения пользователя, чье решение рекомендующая система пытается прогнозировать.

В настоящее время предметом перспективных исследований в этой области являются рекомендующие системы третьего поколения [1], которые акцентируют внимание на семантических моделях представления и использования всех компонент знаний, которые вовлекаются в процесс выработки рекомендаций. С функциональной точки зрения, рекомендующие системы третьего поколения должны вырабатывать решения на основе семантических моделей интересов и предпочтений пользователя, принимать во внимание мотивацию и причины, которые побуждают конкретного пользователя делать тот или иной выбор. Они должны так-



- 3) *Слияние информации на уровне решений.* В этом случае информация об интересах и предпочтениях пользователя, представленная в терминах онтологий, формируется в каждом источнике независимо друг от друга. Затем понятия и отношения локальных онтологий объединяются с помощью метаонтологии, для которой понятия локальных онтологий являются подклассами ее классов. Этот подход, в общем случае, представляется наиболее перспективным. Он позволяет успешно преодолевать различные проблемы, связанные и с большим масштабом объединенных данных, и с конфиденциальностью. Кроме того, в каждом источнике данных может использоваться своя стратегия разработки онтологии интересов пользователя. Авторы работы [41] принимают именно эту стратегию.

Интересы пользователей описываются в ней в терминах понятий и отношений онтологии. Онтология используется для установления различных взаимосвязей между интересами пользователя, представленными в нескольких источниках данных с различными степенями детализации. Онтология верхнего уровня, объединяющая несколько источников данных, используется также для вывода неявных интересов пользователей путем рассуждений с использованием иерархии интересов в онтологии. В целом, в работе кратко описываются потенциальные направления и перспективы богатой семантически-ориентированной модели профиля пользователя, но не более того, так как основные идеи демонстрируются в работе на слишком упрощенных примерах. Пока не ясно, насколько адекватно предлагаемые идеи могут быть использованы в приложениях реальных масштабов.

## Заключение

В рекомендующих системах третьего поколения онтологии рассматриваются в качестве базовой семантической модели и структуры для представления персонального профиля пользователя. В ней модель знаний о профиле пользователя представляется в терминах классов понятий, которые описывают онтологию предметной области рекомендаций. Сформулируем основные выводы о роли онтологий в рекомендующих системах третьего поколения, в частности, о представлении персонального профиля пользователя, а также о некоторых особенностях такого представления.

- 1) Онтология позволяет представлять интересы пользователя в терминах семантически интерпретируемых категорий естественного языка, т.е. в терминах, понятных пользователю, в которых он о своих интересах обычно говорит. Например, интересы формулируются в таких терминах, как интерес к фильмам комедийного жанра или интерес пользователя к фильмам с участием конкретных актеров, интерес к новостям на конкретную тему и т.п. Семантически понятная интерпретация интересов пользователя позволяет получать обратную связь от пользователя как при построении онтологии и профиля пользователя, так и при оценке качества работы системы в целом. В онтологической модели профиль пользователя представляется как структурированное подмножество его интересов, которые представлены конкретными понятиями/категориями предметной области, или/и экземплярами некоторых классов понятий. Такая семантически ясная модель профиля пользователя может дать полезную информацию для объяснения рекомендаций. Особенно полезной эта информация является в том случае, когда интересы пользователя построены на основе поиска причинных связей интересов и оценок, которые он дает продуктам/услугам.
- 2) При построении профиля пользователя разработчики должны стремиться использовать всю доступную информацию, в которой, так или иначе, проявляются «следы» поведения пользователя, отражающие его позитивные или негативные интересы. В особенности полезной является информация, в которой представлены субъективные оценки пользовате-

ля, его отношение к тем или иным продуктам/услугам. Одним из важных источников такой семантически-интерпретируемой информации является множество тэгов. Ими пользователи метят данные. Часто пользователи отражают в тэгах информацию, которую невозможно или трудно описать в терминах свойств товаров/услуг. Поэтому иногда для оценки мнения пользователя тэги могут быть полезнее, чем любая другая информация. Они чаще являются *субъективными* оценками и потому дают важную информацию для персонализации рекомендаций.

К настоящему времени проблема использования тэгов для формирования знаний о профиле пользователя пока исследована недостаточно, хотя она, очевидно, и является проблемой первостепенной важности. Сейчас эта область исследований и разработок остается все еще на уровне отдельных удачных решений, но не на уровне хорошо отработанной технологии. Она требует серьезных дополнительных исследований, которые должны быть направлены, прежде всего, на создание *автоматизированных* технологий обработки тэгов для построения онтологического профиля пользователя. Некоторые примеры таких технологий, а также методы и средства их автоматизации были рассмотрены в данном обзоре.

- 3) Большой интерес представляют исследования, которые для построения онтологии и профиля пользователя используют не только ранее накопленную (статическую) информацию, но и динамически отслеживают новые интересы пользователя и трансформируют его профиль на основе новых данных. Очевидно, что методы обучения профиля пользователя должны быть инкрементными, т.е. они должны уточнять модель профиля пользователя по мере поступления новой информации. Во многих случаях это уточнение сводится к расширению множества примеров уже существующих классов понятий и модификации правил выработки рекомендаций.
- 4) В рекомендующих системах третьего поколения необходимо решать проблему кросс-доменных рекомендаций. Онтологическая модель профиля пользователя позволяет существенно упростить решение этой задачи, если его представить единой структурой на множестве понятий-интересов пользователя, которые относятся к различным предметным областям. Профиль пользователя при этом не должен быть представлен просто множеством локальных подмоделей, каждая из которых относится к своей предметной области. Их объединение с помощью понятий метауровня и использование технологий «выравнивания онтологий» (англ. *ontology alignment*) и другие приемы современной инженерии онтологий позволят связать знания из разных областей в единую модель.
- 5) Во многих работах онтология строится так, чтобы любому ее понятию можно было бы поставить в соответствие множество конкретных примеров из базы данных. Такая структура является предметом исследований в области анализа формальных понятий (англ. *Formal Concept Analysis*) [43]. Эта опция применения онтологий представляется весьма полезной: она позволяет проводить динамическую переоценку важности тех или иных интересов для пользователя по мере получения новых данных. Если рекомендующая система функционирует на продолжительном интервале времени (измеряемом годами), то информация о примерах тех или иных понятий онтологии и об их динамике позволит отслеживать «возрастную» динамику интересов пользователя, включая динамику его интересов в различных контекстах. Другие достоинства такой структуры представления обучающих данных кратко описаны в [44].
- 6) В данном обзоре не рассмотрены вопросы использования онтологий для представления зависимостей профиля пользователя от контекста, хотя именно эта компонента профиля пользователя во многом определяет современные тенденции развития теории и практики рекомендующих систем. Контекстно-зависимые рекомендации и роль онтологий в таких

системах – это очень обширная и важная тема, которая достойна отдельного обзора. Учёт контекста в рекомендующих системах исследуется уже около 12–15 лет. В настоящее время достигнутые в ней результаты позволяют создавать достаточно эффективные рекомендующие системы. Тем не менее, некоторые важные аспекты этой проблемы исследованы недостаточно. Например, пока нет однозначного мнения о том, как отделить контекст от самой предметной области рекомендаций и нужно ли это делать вообще, если принимать во внимание тенденцию использования онтологической модели контекста, интегрированной в предметную онтологию.

Среди ключевых проблем контекстно-зависимых рекомендующих систем авторы работы [8] упоминают необходимость сравнительного изучения разных моделей встраивания контекста в технологию поиска рекомендаций. Пока неясно, какая из предложенных моделей, а именно предварительная фильтрация, пост-фильтрация и встраивание контекста в модель знаний предпочтительнее и в каких случаях. По-видимому, возможны также и альтернативные методы учета контекста. Не менее важным является вопрос о полезности их разумной комбинации. Требуется дополнительное исследование задачи категоризации контекстов и возможности автоматизации построения онтологии контекстов. Необходимо более глубоко изучить корректность использования процедур обобщения контекстов, а также построить различные, например, топологические метрики оценки близости контекстов. Это поможет справиться с проблемой дефицита данных, которая характерна для задач обучения профиля пользователя в контекстно-зависимых системах.

Следует обратить внимание на то, что все проблемы вычислительной эффективности и качества решений, которые возникают в области интеллектуальной обработки *больших данных*, во многом характерны и для приложений в области рекомендующих систем третьего поколения. В обоих случаях необходимо решать задачу обработки данных большого объема и размерности. Как и в задачах построения рекомендующих систем, в задачах из области больших данных остро стоит проблема автоматизации процессов построения онтологий: в них число базовых понятий может исчисляться тысячами и более. Это говорит о том, что по сути своей задачи в области рекомендующих систем третьего поколения и задачи в области обработки больших данных во многом схожи. Поэтому исследования в этих актуальных областях могут и должны обогащать друг друга.

## Благодарности

Данная работа выполнена при частичной поддержке Исследовательского Центра Самсунг, г. Москва, а также проекта 1.12 Программы фундаментальных исследований отделения нано- и информационных технологий Российской академии наук «Интеллектуальные информационные технологии, системный анализ и автоматизация».

## Список источников

- [1] *Tuzhilin, A.* Keynote presentation at International Conference on Data Mining (ICDM 2013) / A. Tuzhilin. - Dallas, Texas, December, 2012.
- [2] *Cao, L.* Actionable knowledge discovery and delivery / L. Cao // In: WIREs Data Mining and Knowledge Discovery, Volume 2, March/April 2012, John Wiley & Sons, Inc., 2012. – P. 149–163.
- [3] *Argyri, C.* Actionable Knowledge / C. Argyri // The Oxford Handbook of Organization Theory. Edited by Knudsen C. and Tsoukas H. - Oxford University Press, 2005.
- [4] Recommender Systems Handbook / Ricci F., Rokach L. and Shapira B (Eds.). - Springer, 2011. – 842 P.
- [5] *Jannach, D.* Tutorial: Recommender Systems / D. Jannach, G. Friedrich // International Joint Conference on Artificial Intelligence.(Beijing, August 4, 2013). Available at <http://ijcai-11.iiia.csic.es/files/proceedings/Tutorial%20IJCAI%202011%20Gesamt.pdf> (Актуально на 18.07.2014).

- [6] **Segaran, T.** Programming Collective Intelligence / T. Segaran // O'Reilly, 2006 (Русский перевод: Тоби Сегаран. Программируем коллективный разум. Издательство Символ +, 2008. – 368 с.
- [7] **Adomavicius, G.** Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach / G. Adomavicius, R. Sankaranarayanan, S. Sen, A. Tuzhilin // ACM Transactions on Information Systems (TOIS). – 2005 - 23(1). - P. 103–145.
- [8] **Adomavicius, G.** Context-Aware Recommender Systems / G. Adomavicius, B. Mobasher, F. Ricci, A. Tuzhilin // AI Magazine, FALL 2011. - P. 67–80.
- [9] **Adomavicius, G.** Context-Aware Recommender Systems / G. Adomavicius, A. Tuzhilin // In Ricci F., Rokach L, Shapira B., Kantor P (Eds.). Recommender Systems Handbook, Springer, 2011. - P. 217–256.
- [10] **Gauch, S.** Ontology-Based Personalized Search and Browsing / S. Gauch, J. Chaffee, A. Pretschner // ACM Web Intelligence and Agent System. - 2003. - Vol. 1. - No. 3/4. - P. 219–234.
- [11] **Leung, K.W.T.** Deriving Concept-Based User Profiles from Search Engine Logs / K.W.T. Leung, D.L. Lee // IEEE Transaction on Data and Knowledge Engineering. - 2010. - Vol. 22. - No. 7. - P. 969–982.
- [12] **Liu, F.** Personalized Web Search by Mapping User Queries to Categories / F. Liu, C. Yu, W. Meng // In Proc. of Intern. Conf. on Information and Knowledge Management (CIKM), 2002.
- [13] **Xu, Y.** Privacy-Enhancing Personalized Web Search / Y. Xu, K. Wang, B. Zhang, Z. Chen // Proceedings of World Wide Web (WWW) Conference, 2007. - P. 591–600.
- [14] Open Directory Project, <http://www.dmoz.org/> (Актуально на 18.07.2014).
- [15] **Costa, A.C.** Cores: Context-aware, ontology-based recommender system for service recommendation / A.C. Costa, R.S.S. Guizzardi, J.G.P. Filho // In Proc. 19-th Intern. Conf. on Advanced Information Systems Engineering (CAISE07). 2007.
- [16] **Middleton, S.E.** Ontological user profiling in recommender systems / S.E. Middleton, N.R. Shadbolt, D.C. de Roure // ACM Transaction on Information Systems. - 2004. - 22(1). - P. 54–88.
- [17] **Trajkova, J.** Improving Ontology-Based User Profile / J. Trajkova, S. Gauch // RIAO, 2004. - P. 380–390.
- [18] **O'Hara, K.** The AKT Manifesto / K. O'Hara, N. Shadbolt, S. Buckingham. - <http://citeseer.uark.edu:8080/citeseerx/showciting?cid=3895624> (Актуально на 18.07.2014).
- [19] **Bizer, C.** Linked Data – The Story So Far / C. Bizer, T. Heath, T. Berners-Lee // International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS), 2009.
- [20] **Peña, P.** Collective Knowledge Ontology User Profiling for Twitter / P. Peña, R. del Hoyo, J. Vea-Murguía, C. González, S. Mayo // 2013 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technology (IAT), 2013.
- [21] OpenDNS cloud websites tagging: <http://community.opendns.com/domaintagging/> (Актуально на 18.07.2014).
- [22] DBpedia—a crowd-sourced community effort to extract structured information from Wikipedia: <http://dbpedia.org> (Актуально на 18.07.2014).
- [23] The Apache Cassandra database: <http://cassandra.apache.org/> (Актуально на 18.07.2014).
- [24] Virtuoso, a grade multi-model data server: <http://virtuoso.openlinksw.com/> (Актуально на 18.07.2014).
- [25] NoSQL data bases: <http://ru.wikipedia.org/wiki/NoSQL> (Актуально на 18.07.2014).
- [26] Pellet reasoning server: <http://clarkparsia.com/pellet/> (Актуально на 18.07.2014).
- [27] **Zeng, Y.** User Interests: Definition, Vocabulary, and Utilization in Unifying Search and Reasoning / Y. Zeng, Y. Wang, Z.S. Huang, D. Damjanovic, Zh. Ning, C. Wang // In An A. et al. (Eds.): Active Media Technology 2010, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6335, Springer, 2010. - P. 98–107.
- [28] **Su, Z.G.** Research on Personalized Recommendation Algorithm Based on Ontological User Interest Model / Z.G. Su, J. Yan, H.F. Ling, H.S. Chen // J. of Computational Information Systems. – 2012. - Vol. 8. - No 1. - P. 169–181. Available also at <http://www.Jofcis.com/> (Актуально на 10.07.2014).
- [29] **Cantador, I.** Enriching Ontological User Profiles with Tagging History for Multi-Domain Recommendations / I. Cantador, M. Szomszor, H. Alani, M. Fernández, P. Castells // In Proc of 1st Intern. Workshop on Collective Semantics: Collective Intelligence & the Semantic Web (CISWeb 2008), Tenerife, Spain. 2008.
- [30] Delicious: Social Bookmark manager: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Delicious> (Актуально на 18.07.2014).
- [31] WordNet: <http://ru.wikipedia.org/wiki/WordNet> (Актуально на 18.07.2014).
- [32] **Miller, G.A.** WordNet: A Lexical Database for English / G.A. Miller // Communications of the Association for Computing Machinery. – 1995. - 38(11). - P. 39–41.
- [33] **Castells, P.** An Adaptation of the Vector-Space Model for Ontology-based Information Retrieval / P. Castells, M. Fernández, D. Valle // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2007. - 19 (2). - P. 261–272.
- [34] **Vallet, D.** Personalized Content Retrieval in Context Using Ontological Knowledge / D. Vallet, P. Castells, M. Fernández, P. Mylonas, Y. Avrithis // IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology. – 2007. - 17(3). - P. 336–346.



- [35] **Alfonseca, E.** The Wraetlic NLP Suite / E. Alfonseca, A. Moreno-Sandoval, J.M. Guirao, M. Ruiz-Casado // In Proc. of the 5th Intern. Conf. on Language Resources and Evaluation. 2006. - P. 2277–2280. Available at <http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2006/> (Актуально на 18.07.2014).
  - [36] Lucene: An Open Source Information Retrieval Library: <http://lucene.apache.org/> (Актуально на 18.07.2014).
  - [37] **García-Silva, A.** Social Tags and Linked Data for Ontology Development: A Case Study in the Financial Domain / A. García-Silva, L.J. García-Castro, A. García // In Proceedings of 4-th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics (June 2–4, 2014, Thessaloniki, Greece).
  - [38] **Jaschke, R.** Discovering shared conceptualizations in folksonomies / R. Jaschke, A. Hotho, C. Schmitz, B. Ganter, G. Stumme // Web Semantics Science Services and Agents on the World Wide Web. - 2008. - 6(1). - P. 38–53.
  - [39] **Garcia-Silva, A.** Review of the state of the art: discovering and associating semantics to tags in folksonomies / A. Garcia-Silva, O. Corcho, H. Alani, A. Gomez-Perez // The Knowledge Engineering Review. - 2012. - 27(2). - P. 57–85.
  - [40] **Kadima, H.** Toward ontology-based personalization of a Recommender System in social network / H. Kadima, M. Malek // International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications. - 2013. - Vol. 5. - P. 499–508.
  - [41] **Ma, Y.F.** User Interests Modeling Based on Multi-source Personal Information Fusion and Semantic Reasoning / Y.F. Ma, Y. Zeng, R. Xu, Zh Ning // In Zhong N., Callaghan V., Ghorbani A., Hu B. (Eds.): Active Media Technology-2011, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6890, Springer, 2011. - P. 195–205.
  - [42] **Varshney, P.K.** Multisensor data fusion / P.K. Varshney // Electronics & Communication Engineering J. – 1997. - 9(6). - P. 245–253.
  - [43] **Ganter, B.** Formal concept analysis: foundations and applications / B. Ganter, R. Wille. - Springer, 1999.
  - [44] **Gorodetsky, V.** Agent-based Customer Profile Learning in 3G Recommending Systems / V. Gorodetsky, V. Samoylov, O. Tushkanova // In: Proc. of the 9-th Intern. Workshop “Agent and Data Mining Interaction” (ADMI - 2014) associated with International Conference “Autonomous Agents and Multi-agent Systems” (AAMAS - 2014) (Paris, May 5–9 2014). To be also published in Post Proceedings of the Workshop as a volume of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2014.
- 

## ONTOLOGY-BASED USER PROFILE PERSONIFICATION IN 3G RECOMMENDER SYSTEMS

V.I. Gorodetsky<sup>1</sup>, O.N. Tushkanova<sup>2</sup>

*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

<sup>1</sup>*gor@iias.spb.su*, <sup>2</sup>*tushkanova@iias.spb.su*

### Abstract

3G recommender system (3G RecSys) is a novel and, in basic aspects, future paradigm of human decision support/prediction systems operating based on human-like semantic categories in knowledge representation, knowledge discovery and knowledge usage. According to the experts' opinion, it is expected that 3G RecSys will focus on semantically transparent personal user profile structuring his/her multidimensional personal interests and preferences. It will bring novel perspectives from data mining and knowledge discovery, while emphasizing user's decision explanation and detection of context-aware causality core determining this or that user's choice. As an effect of these capabilities, 3G RecSys should be capable, in what concerns with recommendation proposed by it, to answer “why?” questions using explanatory user interface. At present days, ontology is recognized as the most natural well-developed modeling framework and knowledge representation paradigm aimed at formal specification of human-like semantic categories specifically tuned for human-like knowledge-based decision-making. Although ontology-based user profile model is being developed from recent times, to present days, it has become the mature approach to user profile modeling. The paper presents a critical survey on current state-of-the-art in ontology-based user profiling for 3G RecSys. In this survey, the special attention is paid to specific properties of source information to be represented in ontology model of user profile and corresponding technologies proposed.

**Key words:** *recommender systems, ontologies, user profile, personalization, context-aware recommendations, folksonomies, network context, automation of ontology development.*

## References

- [1] **Tuzhilin, A.** Keynote presentation at International Conference on Data Mining (ICDM 2013) / A. Tuzhilin. - Dallas, Texas, December, 2012.
- [2] **Cao, L.** Actionable knowledge discovery and delivery / L. Cao // In: WIREs Data Mining and Knowledge Discovery, Volume 2, March/April 2012, John Wiley & Sons, Inc., 2012. – P. 149–163.
- [3] **Argyri, C.** Actionable Knowledge / C. Argyri // The Oxford Handbook of Organization Theory. Edited by Knudsen C. and Tsoukas H. - Oxford University Press, 2005.
- [4] **Recommender Systems Handbook** / Ricci F., Rokach L. and Shapira B (Eds.). - Springer, 2011. – 842 P.
- [5] **Jannach, D.** Tutorial: Recommender Systems / D. Jannach, G. Friedrich // International Joint Conference on Artificial Intelligence.(Beijing, August 4, 2013). Available at <http://ijcai-11.iiia.csic.es/files/proceedings/Tutorial%20IJCAI%202011%20Gesamt.pdf>
- [6] **Segaran, T.** Programming Collective Intelligence / T. Segaran // O'Reilly, 2006.
- [7] **Adomavicius, G.** Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach / G. Adomavicius, R. Sankaranarayanan, S. Sen, A. Tuzhilin // ACM Transactions on Information Systems (TOIS). – 2005 - 23(1). - P. 103–145.
- [8] **Adomavicius, G.** Context-Aware Recommender Systems / G. Adomavicius, B. Mobasher, F. Ricci, A. Tuzhilin // AI Magazine, FALL 2011. - P. 67–80.
- [9] **Adomavicius, G.** Context-Aware Recommender Systems / G. Adomavicius, A. Tuzhilin // In Ricci F., Rokach L., Shapira B., Kantor P (Eds.). Recommender Systems Handbook, Springer, 2011. - P. 217–256.
- [10] **Gauch, S.** Ontology-Based Personalized Search and Browsing / S. Gauch, J. Chaffee, A. Pretschner // ACM Web Intelligence and Agent System. - 2003. - Vol. 1. - No. 3/4. - P. 219–234.
- [11] **Leung, K.W.T.** Deriving Concept-Based User Profiles from Search Engine Logs / K.W.T. Leung, D.L. Lee // IEEE Transaction on Data and Knowledge Engineering. - 2010. - Vol. 22. - No. 7. - P. 969–982.
- [12] **Liu, F.** Personalized Web Search by Mapping User Queries to Categories / F. Liu, C. Yu, W. Meng // In Proc. of Intern. Conf. on Information and Knowledge Management (CIKM), 2002.
- [13] **Xu, Y.** Privacy-Enhancing Personalized Web Search / Y. Xu, K. Wang, B. Zhang, Z. Chen // Proceedings of World Wide Web (WWW) Conference, 2007. - P. 591–600.
- [14] Open Directory Project, <http://www.dmoz.org/>
- [15] **Costa, A.C.** Cores: Context-aware, ontology-based recommender system for service recommendation / A.C. Costa, R.S.S. Guizzardi, J.G.P. Filho // In Proc. 19-th Intern. Conf. on Advanced Information Systems Engineering (CAISE07). 2007.
- [16] **Middleton, S.E.** Ontological user profiling in recommender systems / S.E. Middleton, N.R. Shadbolt, D.C. de Roure // ACM Transaction on Information Systems. - 2004. - 22(1). - P. 54–88.
- [17] **Trajkova, J.** Improving Ontology-Based User Profile / J. Trajkova, S. Gauch // RIAO, 2004. - P. 380–390.
- [18] **O'Hara, K.** The AKT Manifesto / K. O'Hara, N. Shadbolt, S. Buckingham. - <http://citeseer.uark.edu:8080/citeseerx/showciting?cid=3895624>
- [19] **Bizer, C.** Linked Data – The Story So Far / C. Bizer, T. Heath, T. Berners-Lee // International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS), 2009.
- [20] **Peña, P.** Collective Knowledge Ontology User Profiling for Twitter / P. Peña, R. del Hoyo, J. Veja-Murguía, C. González, S. Mayo // 2013 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technology (IAT), 2013.
- [21] OpenDNS cloud websites tagging: <http://community.opendns.com/domaintagging/>
- [22] DBpedia—a crowd-sourced community effort to extract structured information from Wikipedia: <http://dbpedia.org>
- [23] The Apache Cassandra database: <http://cassandra.apache.org/>
- [24] Virtuoso, a grade multi-model data server: <http://virtuoso.openlinksw.com/>
- [25] NoSQL data bases: <http://ru.wikipedia.org/wiki/NoSQL>
- [26] Pellet reasoning server: <http://clarkparsia.com/pellet/>
- [27] **Zeng, Y.** User Interests: Definition, Vocabulary, and Utilization in Unifying Search and Reasoning / Y. Zeng, Y. Wang, Z.S. Huang, D. Damjanovic, Zh. Ning, C. Wang // In An A. et al. (Eds.): Active Media Technology 2010, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6335, Springer, 2010. - P. 98–107.
- [28] **Su, Z.G.** Research on Personalized Recommendation Algorithm Based on Ontological User Interest Model / Z.G. Su, J. Yan, H.F. Ling, H.S. Chen // J. of Computational Information Systems. – 2012. - Vol. 8. - No 1. - P. 169–181. Available also at <http://www.Jofcis.com/>



- [29] **Cantador, I.** Enriching Ontological User Profiles with Tagging History for Multi-Domain Recommendations / I. Cantador, M. Szomszor, H. Alani, M. Fernández, P. Castells // In Proc of 1st Intern. Workshop on Collective Semantics: Collective Intelligence & the Semantic Web (CISWeb 2008), Tenerife, Spain. 2008.
- [30] Delicious: Social Bookmark manager: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Delicious>
- [31] WordNet: <http://ru.wikipedia.org/wiki/WordNet>
- [32] **Miller, G.A.** WordNet: A Lexical Database for English / G.A. Miller // Communications of the Association for Computing Machinery. – 1995. – 38(11). – P. 39-41.
- [33] **Castells, P.** An Adaptation of the Vector-Space Model for Ontology-based Information Retrieval / P. Castells, M. Fernández, D. Valle // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2007. – 19 (2). – P. 261-272.
- [34] **Vallet, D.** Personalized Content Retrieval in Context Using Ontological Knowledge / D. Vallet, P. Castells, M. Fernández, P. Mylonas, Y. Avrithis // IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology. – 2007. – 17(3). – P. 336-346.
- [35] **Alfonseca, E.** The Wraetlic NLP Suite / E. Alfonseca, A. Moreno-Sandoval, J.M. Guirao, M. Ruiz-Casado // In Proc. of the 5th Intern. Conf. on Language Resources and Evaluation. 2006. – P. 2277–2280. Available at <http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2006/>
- [36] Lucene: An Open Source Information Retrieval Library: <http://lucene.apache.org/>
- [37] **García-Silva, A.** Social Tags and Linked Data for Ontology Development: A Case Study in the Financial Domain / A. García-Silva, L.J. García-Castro, A. García // In Proceedings of 4-th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics (June 2–4, 2014, Thessaloniki, Greece).
- [38] **Jaschke, R.** Discovering shared conceptualizations in folksonomies / R. Jaschke, A. Hotho, C. Schmitz, B. Ganter, G. Stumme // Web Semantics Science Services and Agents on the World Wide Web. – 2008. – 6(1). – P. 38-53.
- [39] **García-Silva, A.** Review of the state of the art: discovering and associating semantics to tags in folksonomies / A. García-Silva, O. Corcho, H. Alani, A. Gomez-Perez // The Knowledge Engineering Review. – 2012. – 27(2). – P. 57-85.
- [40] **Kadima, H.** Toward ontology-based personalization of a Recommender System in social network / H. Kadima, M. Malek // International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications. – 2013. – Vol. 5. – P. 499-508.
- [41] **Ma, Y.F.** User Interests Modeling Based on Multi-source Personal Information Fusion and Semantic Reasoning / Y.F. Ma, Y. Zeng, R. Xu, Zh Ning // In Zhong N., Callaghan V., Ghorbani A., Hu B. (Eds.): Active Media Technology-2011, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6890, Springer, 2011. – P. 195–205.
- [42] **Varshney, P.K.** Multisensor data fusion / P.K. Varshney // Electronics & Communication Engineering J. – 1997. – 9(6). – P. 245–253.
- [43] **Ganter, B.** Formal concept analysis: foundations and applications / B. Ganter, R. Wille. – Springer, 1999.
- [44] **Gorodetsky, V.** Agent-based Customer Profile Learning in 3G Recommending Systems / V. Gorodetsky, V. Samoylov, O. Tushkanova // In: Proc. of the 9-th Intern. Workshop “Agent and Data Mining Interaction” (ADMI - 2014) associated with International Conference “Autonomous Agents and Multi-agent Systems” (AAMAS - 2014) (Paris, May 5–9 2014). To be also published in Post Proceedings of the Workshop as a volume of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2014.

## Сведения об авторах



**Городецкий Владимир Иванович**, 1937 г. рождения. Окончил Ленинградскую военно-воздушную инженерную академию им. А.Ф. Можайского (1960) и математико-механический факультет Ленинградского госуниверситета (1970), д.т.н. (1973), профессор (1991). Гл. научный сотрудник лаборатории интеллектуальных систем Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта, IEEE Computer Society, International Society of Information Fusion (ISIF), International Foundation for Autonomous Agents and Multi-agent Systems (IFAAMAS). Автор более 300 публикаций и нескольких монографий. Область научных интересов: искусственный интеллект, в частности, технология многоагентных систем и инструментальные средства, прикладные многоагентные системы, распределенное обучение, извлечение знаний из баз данных, анализ и объединение данных различных источников, P2P сети принятия решений и P2P методы извлечения знаний из данных, обработка больших данных, планирование и составление расписаний, алгоритмы улучшения изображений, получаемых с помощью мобильных устройств, рекомендующие системы. (<http://space.iias.spb.su/ai/gorodetsky>)

**Vladimir Ivanovich Gorodetskiy**, Professor of Computer Science, Chief Scientist of Intelligent Systems Lab. of St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, received MS degree in mechanics from the Military Air Force Engineering Academy in St. Petersburg (1960) and MS degree in mathematics from Mathematical and Mechanical Department of the St. Petersburg State University (1970); Ph.D and Doctor of Technical Sciences (1973) Science. Published more than 300 journal and conference papers and several books. Current scientific interests: Intelligent Data Analysis, Information Fusion, P2P Data Mining and Machine Learning, Multi-Agent Systems Technology and Software Tools, Agent-based Applications (Air Traffic Control, Intelligent Logistics, etc.), Recommender systems, Mobile Image Enhancement. Web site: <http://space.iias.spb.su/ai/gorodetsky>



**Тушканова Ольга Николаевна**, 1988 г. рождения. Получила степень магистра техники и технологии в области «Системный анализ и управление» в Южном федеральном университете, г. Ростов-на-Дону (2011). Аспирант, мл. научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. Область научных интересов: интеллектуальный анализ данных и извлечение знаний, многоагентные системы, рекомендующие системы, облачные технологии, онтологии.

**Olga Nikolaevna Tushkanova** (b. 1988) received MS degree in engineering and technology from Southern Federal University, Rostov-on-Don (2011). Currently is a graduate student and a junior researcher at the St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences. Current scientific interests: data mining, multi-agent systems, recommender systems, cloud computing, ontologies, knowledge extraction technologies.

УДК 004.81

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИКАТОРОВ МОНИТОРИНГА В СФЕРЕ НАУКИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ И МОДЕЛИ\*

И.М. Зацман<sup>1</sup>, П.С. Бунтман<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем информатики РАН, г. Москва, Россия  
IZatsman@yandex.ru

<sup>2</sup>Независимый учёный, г. Москва, Россия  
pbuntman@gmail.com

### Аннотация

Рассматривается семиотический подход к описанию итераций проектирования новых индикаторов мониторинга, включая верифицируемые его варианты, и генерации новых экспертных знаний в процессе проектирования. Для описания итераций проектирования и динамики процессов генерации используется пространство Фреге. Результаты каждой итерации проектирования индикаторов фиксируются в базе экспертных знаний, названной проективным словарем, который является компонентом системы мониторинга и оценивания программно-целевой деятельности. С помощью этого словаря могут быть реализованы две основные функции системы мониторинга. При формировании индикаторов он позволяет экспертам описывать каждую итерацию процесса их проектирования, представлять результаты формирования различных вариантов индикаторов в графической форме, сравнивать и оценивать эти варианты. При использовании сформированных и утверждённых индикаторов словарь обеспечивает возможность верификации их значений с учётом динамики пополнения информационных ресурсов системы.

**Ключевые слова:** база экспертных знаний, генерация знаний, представление знаний, верифицируемый мониторинг, оценивание программной деятельности в сфере науки, семиотический подход.

### Введение

В настоящее время в Институте проблем информатики Российской академии наук (ИПИ РАН) проводятся исследования процессов генерации экспертных знаний в разных предметных областях (ПрО), в частности, при проектировании новых индикаторов для мониторинга в сфере науки и при пополнении и детализации двуязычных контрастивных грамматик [1, 2]. В отличие от проектируемых физических артефактов, для формируемых экспертами индикаторов как цифровых объектов, часто допускающих многозначную интерпретацию, трудно предложить объективные критерии их работоспособности, результативности и эффективности. Поэтому для проектируемых индикаторов вместо объективных критериев используются, как правило, субъективные оценки самих экспертов-проектировщиков и/или внешних экспертов, не участвующих в проектировании. При этом требуется согласование личностных оценок в группе экспертов.

В теоретических разделах статьи представлен семиотический подход к исследованию процессов генерации и согласования экспертных знаний при проектировании новых индикаторов. В прикладных ее разделах рассматривается база экспертных знаний для поддержки процесса проектирования индикаторов мониторинга и оценивания программно-целевой деятельности в сфере науки, названная проективным словарем [3, 4].

\* Публикация подготовлена в ИПИ РАН в рамках поддержанного РГНФ научного проекта № 12-02-00407.

денотата, созданные до начала этой итерации при тех же первом и третьем условиях, но второе из трёх вышеперечисленных условий отличается, а именно: возрастная группа каждого соавтора получает  $1/N$  балла за статью, у которой  $N$  соавторов.

Таким образом, на первой итерации строятся два дескриптора проективного словаря и генерируются два цифровых семиотических треугольника.

*Вторая итерация (согласования).* Эксперт  $C$  решает изменить свою точку зрения и принять точку зрения эксперта  $A$ . Иначе говоря, эксперт  $C$  на второй итерации отказывается в согласовании второму варианту индикатора, так как считает правильным добавлять всем соавторам по одному баллу, и согласовывает первый вариант индикатора. Первый вариант, спроектированный экспертом  $A$  становится согласованным (коллективным), а второй – авторским (личностным) эксперта  $B$ . Эти варианты индикатора идентичны вариантам первой итерации, но они отличаются уровнем согласованности. Иначе говоря, имеющиеся концепты, имена и денотатов на второй итерации не изменялись, а поменялись только уровни их согласованности экспертами. Поэтому на рисунке 7 эта итерация не показана.

*Третья итерация (проектирования).* Эксперты  $A$ ,  $B$  и  $C$  принимают решения учесть численности возрастных групп при вычислении значений своих вариантов индикатора, что до начала итерации находит отражение в изменении соответствующих алгоритмов программ вычисления их значений с целью нормализации. Строятся ещё два дескриптора проективного словаря и генерируются два цифровых семиотических треугольника. При этом эксперты связывают новые дескрипторы с теми, которые изменили степень согласованности на второй итерации, отношениями наследования.

*Четвертая итерация (проектирования).* Эксперты  $A$ ,  $B$  и  $C$  принимают решение учитывать только те статьи, которые опубликованы в журналах из перечня ВАК. Строятся ещё два дескриптора проективного словаря и генерируются два цифровых семиотических треугольника. На этой итерации эксперты связывают новые дескрипторы с теми, которые были построены на третьей итерации, отношениями наследования.

*Пятая итерация (согласования).* Варианты индикатора на этой итерации идентичны вариантам четвёртой итерации, но они отличаются уровнями согласованности, так как точки зрения экспертов изменяются следующим образом. Эксперт  $C$  отказывается от согласия на первый вариант эксперта  $A$ , он не даёт своего согласия на второй вариант эксперта  $B$ , но он может предложить новый вариант на одной из следующих итераций. При этом вариант эксперта  $B$  приобретает двух новых сторонников – внешних экспертов  $D$  и  $E$ , что приводит к изменению уровня его согласованности. На рисунке 7 эта итерация не показана, т.к. варианты индикатора на этой итерации идентичны вариантам предыдущей итерации.

В течение первых пяти рассмотренных итераций изменение уровней согласованности первого и второго вариантов представим в графической форме в виде двух дискретных функций  $F_{\text{coor}}(t_i)$  на рисунке 8. Значения каждой из этих двух функций в момент времени окончания итерации  $t_i$  равно числу экспертов, согласовавших тот или иной вариант проектируемого индикатора в момент времени  $t_i$ .

## Заключение

Предложенный семиотический подход к моделированию итераций формирования и согласования экспертных знаний в процессе проектирования новых индикаторов базируется только на субъективной интроспекции экспертов. Возникают закономерные вопросы. Почему не рассматривалась возможность дополнительного использования объективных нейроданных о функционировании мозга в процессе генерации и согласования новых знаний экспертами? Почему не использовались данные количественных измерений мозговой

деятельности экспертов (например, методом функциональной магнитно-резонансной томографии - Functional Magnetic Resonance Imaging, FMRI) для сопоставления с результатами процессов их личностного субъективного мышления?

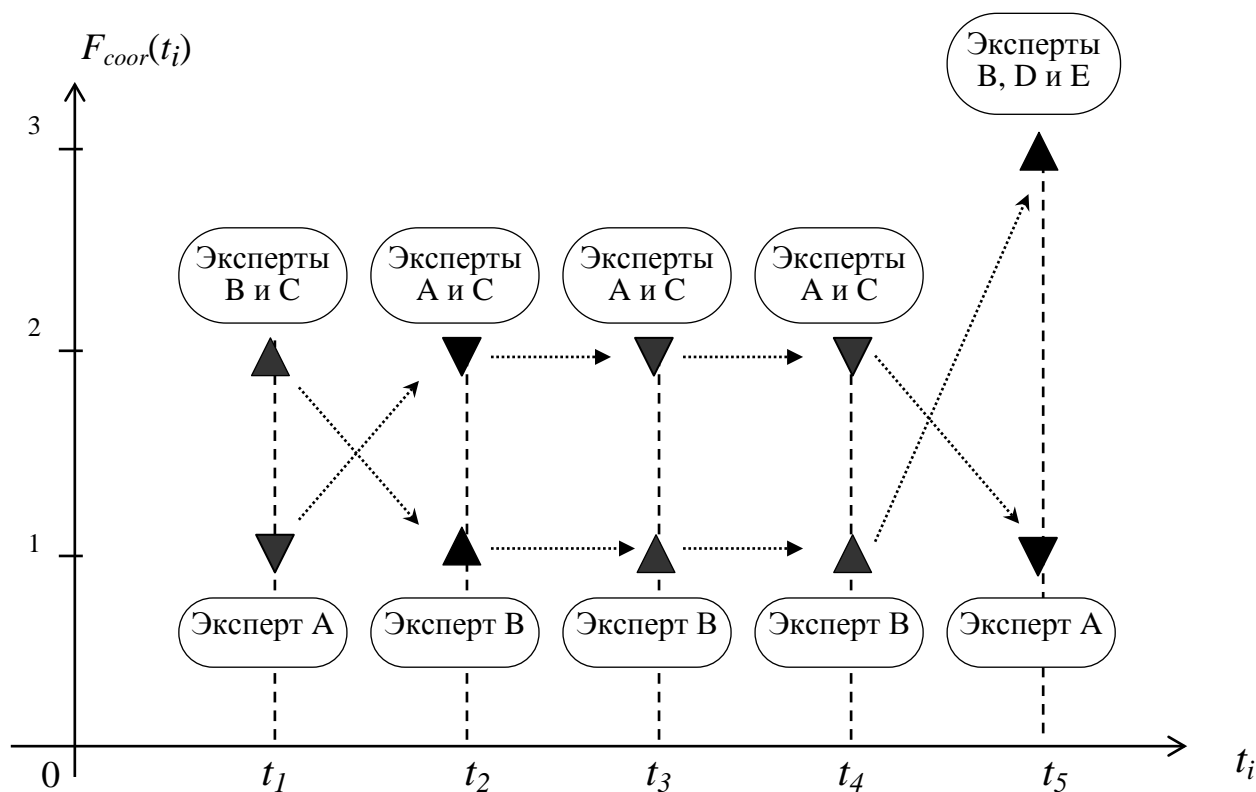


Рисунок 8 - Изменение уровней согласованности двух вариантов проектируемого индикатора в течение первых пяти итераций;

(треугольники с вершиной, направленной вниз, обозначают точки со значениями функции  $F_{coor}(t_i)$  для первого варианта, а вершиной вверх – точки со значениями функции  $F_{coor}(t_i)$  для второго варианта)

В настоящее время действительно есть возможность наблюдать одновременно и данные измерений, и результаты субъективного мышления, но из первых трудно выделить именно те нейроданные, которые соответствуют личностным концептам экспертов, чтобы провести такое сопоставление. Кроме того, есть гипотеза и подтверждающие её экспериментальные данные, что у экспертов существенная часть нейроинформации, соответствующей устоявшимся концептам экспертных знаний, носит структурный характер, скорее всего, на уровне связей между нейронами долговременной памяти, что не фиксируется FMRI и другими современными методами. Однако, стремительное развитие когнитивной нейронауки и её инструментальных средств позволяет надеяться, что в обозримом будущем станет возможным соотносить структурную нейроинформацию и количественные нейроданные измерений мозговой деятельности с устоявшимися и новыми концептами экспертных знаний с отражением динамики их формирования в процессе проектирования [23-26].

Отметим, что в будущем для описания соответствия нейроинформации и нейроданных с концептами с использованием методов информатики понадобится ещё одна среда, которая в работах [14, 15] была условно обозначена как нейросреда.

В нашем исследовании было достаточно трёх сред: ментальной, социально-коммуникационной и цифровой; трёх видов двуединых по своей природе сущностей: знака,



формокода и семокода; трёх категорий компьютерных кодов: для денотатов (объектный код), концептов (семантический код) и имени (информационный код) (см. рисунки 2 и 3).

В будущем ПрО информатики как информационно-компьютерной науки необходимо будет расширить за счёт нейросреды и определить ещё три вида двуединых по своей природе сущностей на границах следующих сред: ментальной и нейросреды; социально-коммуникационной и нейросреды; цифровой и нейросреды.

Расширение ПрО информатики даст возможность определить ещё одну категорию компьютерных кодов для представления нейроинформации в цифровой среде, которые условно назовём нейрокодами, и построить цифровой семиотический тетраэдр с кодами четырёх разных категорий в развитие цифрового семиотического треугольника.

Предложенная в работах [14, 15] парадигма расширяемой ПрО информатики, с одной стороны, даёт возможность более точно определить место информатики в современном процессе конвергенции отраслей науки [27], с другой стороны, поможет предвидеть появление новых поколений информационно-коммуникационных и конвергентных технологий для поддержки процессов проектирования, генерации и согласования новых экспертных знаний.

### Список источников

- [1] **Зацман, И.М.** Моделирование процессов формирования экспертных знаний для мониторинга программно-целевой деятельности / И.М. Зацман, А.А. Дурново // Информатика и ее применения. – 2011. – 5(4). – С. 84–98.
- [2] **Zatsman, I.** Conceptual Framework for Development of Computer Technology Supporting Cross-Linguistic Knowledge Discovery. / I. Zatsman, N. Buntman, M. Kruzhkov, V. Nuriev, Anna A. Zalizniak // In the 15th European Conference on Knowledge Management Proceedings: Vol. 3. Reading: Academic Publishing International Limited, 2014. – P. 1063–1071.
- [3] **Zatsman, I.** Incompleteness problem for indicators system of research program / I. Zatsman, A. Durnovo // In Abstracts book of the 11th International Conference on Science and Technology Indicators. Leiden: Universiteit Leiden, 2010. – P. 309–311.
- [4] **Zatsman, I.** Proactive Dictionary of Evaluation System as a Tool for S&T Indicator Development / I. Zatsman, A. Durnovo // In É. Archambault, Y. Gingras, & V. Larivière (Eds.), Proceedings of 17th International Conference on Science and Technology Indicators: Vol. 2, 2012, Montréal: Science-Metrix and OST. – P. 905-906. [http://2012.sticonference.org/Proceedings/vol2/Zatsman\\_Proactive\\_905.pdf](http://2012.sticonference.org/Proceedings/vol2/Zatsman_Proactive_905.pdf).
- [5] **Зацман, И.М.** Семиотическая модель взаимосвязей концептов, информационных объектов и компьютерных кодов / И.М. Зацман // Информатика и ее применение. – 2009. – 3(2). – С. 65–81.
- [6] **Зацман, И.М.** Нестационарная семиотическая модель компьютерного кодирования концептов, информационных объектов и денотатов / И.М. Зацман // Информатика и ее применение. – 2009. – 3(4). – С. 87–101.
- [7] **Боргест, Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2013. – №3(9). – С. 9-31.
- [8] **Bryant, A.** Cognitive Informatics, Distributed Representation and Embodiment / A. Bryant // Brain and Mind. – 2003. – 4(2). – P. 215-228.
- [9] **Зацман, И.М.** Предпосылки и факторы конвергенции информационной и компьютерной наук / И.М. Зацман, О.С. Кожунова // Информатика и ее применения. – 2008. – 2(1). – С. 77–98.
- [10] **Зацман, И.М.** Построение системы терминов информационно-компьютерной науки: проблемно-ориентированный подход / И.М. Зацман // Теория и практика общественной научной информации: Сб. науч. тр. Вып. 21. М.: ИНИОН РАН, 2013. – С. 120-159.
- [11] **Eco, U.** A Theory of Semiotics / U. Eco. – Bloomington: Indiana University Press. 1976. – 59 p.
- [12] **McArthur, D.** Information, its forms and functions: The elements of semiology / D. McArthur - Lewinton: The Edwin Mellen Press, Ltd., 1997. – 228 p.
- [13] **Gorn, S.** Informatics (computer and information science): its ideology, methodology, and sociology / S. Gorn // In: The studies of information: Interdisciplinary messages / Ed. by F. Machlup and U. Mansfield. New York: Wiley, 1983. – P. 121-140.



- [14] **Зацман, И.М.** Информационно-компьютерная наука: предпосылки становления / И.М. Зацман // НТИ. Серия 1. – 2013. – (7). – С. 1-12.
- [15] **Зацман, И.М.** Информационно-компьютерная наука: технологические предпосылки становления / И.М. Зацман // Информационные технологии. – 2014. – (3). – С. 3-12.
- [16] **Зацман, И.М.** Концептуальный поиск и качество информации / И.М. Зацман. – М.: Наука, 2003. – 272 с.
- [17] **Nonaka, I.** The knowledge-creating company / I. Nonaka // Harvard Business Review. – 1991. – 69(6). – P. 96-104.
- [18] **Nonaka, I.** The Knowledge-Creating Company / I. Nonaka, H. Takeuchi. – New York: Oxford University Press. 1995. – 284 p.
- [19] Knowledge emergence / I. Nonaka, T. Nishiguchi, (Eds). – New York: Oxford University Press. 2001.
- [20] **Wierzbicki, A.** Basic dimensions of creative space / A. Wierzbicki, Y. Nakamori // In A. Wierzbicki & Y. Nakamori (Eds.). Creative Space: Models of Creative Processes for Knowledge Civilization Age. – Heidelberg: Springer. 2006. – P. 59-90.
- [21] **Wierzbicki, A.** Knowledge sciences: some new developments / A. Wierzbicki, Y. Nakamori // Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 77(3), 2007 – pp. 271-295.
- [22] **Зацман, И.М.** Семантический словарь системы информационного мониторинга в сфере науки: задачи и функции / И.М. Зацман, О.С. Кожунова // Системы и средства информатики. – 2007. – 17(1). – С. 124-141.
- [23] **Секерина, И.А.** Метод вызванных потенциалов мозга в экспериментальной психолингвистике / И.А. Секерина // Вопросы языкознания. – 2006. – (3). – С. 22-45.
- [24] **de Charms, R.C.** Applications of real-time FMRI. / R.C. de Charms // Nature Reviews Neuroscience. – 2008. – 9(9). – P. 720–729.
- [25] **Baars, B.** Cognition, Brain, and Consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience / B. Baars, N. Gage. – Burlington, MA: Academic Press/Elsevier, 2010. – 677 p. – [http://www.hse.ru/data/2013/12/21/1338659679/Baars Gage 2010 Cognition, Brain and Consciousness \(2<sup>nd</sup> edition\).pdf](http://www.hse.ru/data/2013/12/21/1338659679/Baars%20Cognition,%20Brain%20and%20Consciousness%20(2nd%20edition).pdf).
- [26] **Kumaran, D.** Tracking the emergence of conceptual knowledge during human decision-making / D. Kumaran, J.J. Summereld, D. Hassabis, E.A. Maguire // Neuron. – 2009. – 63(6). – P. 889–901.
- [27] NRC (National Research Council). Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. Washington, DC: The National Academies Press, 2014. – 152 p. – [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=18722](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18722).

## DESIGNING INDICATORS FOR MONITORING IN SCIENCE: THEORETICAL FRAMEWORK AND MODELS

**I. M. Zatsman<sup>1</sup>, P.S. Buntman<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Informatics Problems of the RAS, Moscow, Russia*  
*IZatsman@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Independent scholar, Moscow, Russia*  
*pbuntman@gmail.com*

### Abstract

The semiotic approach to the description of successive iterations of new indicators' designing for monitoring, including verified monitoring, and generating new expert knowledge in the course of designing is considered. For the description of iterations and dynamics of generation processes the Frege's space is used. Outcomes for successive iterations of new indicators' designing are fixed in an expert knowledge base, called by the proactive dictionary, which is a component of a monitoring system for evaluating goal-oriented activities. By means of this dictionary two main functions of the monitoring system can be implemented. It allows to describe each iteration, represent results of designing different variants for new indicators in a graphic form, compare and estimate these variants. When using the designed and approved indicators the dictionary provides possibility of verifying indicator values taking into account dynamics of adding information resources of the monitoring system.

**Key words:** *expert knowledge base, knowledge creation, knowledge representation, verified monitoring, evaluating goal-oriented activities in science, semiotic approach.*

## References

- [1] **Zatsman, I.M.** Modelirovanie protsessov formirovaniya ehkspertnykh znaniy dlya monitoringa programmno-tselevoy deyatel'nosti [Modeling of formation of expert knowledge for monitoring target-oriented activities] / I.M. Zatsman, A.A. Durnovo // *Informatika i ee primeneniya*, – 2011. – 5(4). – P. 84–98. (In Russian).
- [2] **Zatsman, I.** Conceptual Framework for Development of Computer Technology Supporting Cross-Linguistic Knowledge Discovery. / I. Zatsman, N. Buntman, M. Kruzhkov, V. Nuriev, Anna A. Zalizniak // In the 15th European Conference on Knowledge Management Proceedings: Vol. 3. Reading: Academic Publishing International Limited, 2014. – P. 1063–1071.
- [3] **Zatsman, I.** Incompleteness problem for indicators system of research program / I. Zatsman, A. Durnovo // In Abstracts book of the 11th International Conference on Science and Technology Indicators. Leiden: Universiteit Leiden, 2010. – P. 309–311.
- [4] **Zatsman, I.** Proactive Dictionary of Evaluation System as a Tool for S&T Indicator Development / I. Zatsman, A. Durnovo // In É. Archambault, Y. Gingras, & V. Larivière (Eds.), Proceedings of 17th International Conference on Science and Technology Indicators: Vol. 2, 2012, Montréal: Science-Metrix and OST. – P. 905-906. [http://2012.sticonference.org/Proceedings/vol2/Zatsman\\_Proactive\\_905.pdf](http://2012.sticonference.org/Proceedings/vol2/Zatsman_Proactive_905.pdf).
- [5] **Zatsman, I.M.** Semioticheskaya model' vzaimosvyazey kontseptov, informatsionnykh ob"ektov i komp'yuternykh kodov [Semiotic model the relationships of concepts, information objects and computer codes] / I.M. Zatsman // *Informatika i ee primeneniye*– 2009. – 3(2). – P. 65–81. (In Russian).
- [6] **Zatsman, I.M.** Nestatsionarnaya semioticheskaya model' komp'yuternogo kodirovaniya kontseptov, informatsionnykh ob"ektov i denotatov [Nonstationary semiotic model of computer coding concepts, information objects and denotations] / I.M. Zatsman // *Informatika i ee primeneniye*– 2009. – 3(4). – P. 87–101. (In Russian).
- [7] **Borgest, N.M.** Klyuchevye terminy ontologii proektirovaniya: obzor, analiz, obobshheniya [Key terms of the ontology of designing: review, analysis, synthesis] / N.M. Borgest // *Ontology of designing*. – 2013. – №3(9). – P. 9-31. (In Russian).
- [8] **Bryant, A.** Cognitive Informatics, Distributed Representation and Embodiment / A. Bryant // *Brain and Mind*. – 2003. – 4(2). – P. 215-228.
- [9] **Zatsman, I.M.** Predposylki i faktory konvergentsii informatsionnoj i komp'yuternoj nauk [Preconditions and factors of convergence of information and computer sciences] / I.M. Zatsman, O.S. Kozhunova // *Informatika i ee primeneniye*– 2008. – 2(1). – P. 77–98. (In Russian).
- [10] **Zatsman, I.M.** Postroenie sistemy terminov informatsionno-komp'yuternoj nauki: problemno-orientirovannyj podkhod. [Building a system of terms of information and computer science: a problem-oriented approach.] / I.M. Zatsman // *Teoriya i praktika obshhestvennoj nauchnoj informatsii: proceedings issue No. 21* Moscow: INION RAS, 2013. – P. 120-159. (In Russian).
- [11] **Eco, U.** A Theory of Semiotics / U. Eco. – Bloomington: Indiana University Press. 1976. – 59 p.
- [12] **McArthur, D.** Information, its forms and functions: The elements of semiology / D. McArthur - Lewinton: The Edwin Mellen Press, Ltd., 1997. – 228 p.
- [13] **Gorn, S.** Informatics (computer and information science): its ideology, methodology, and sociology / S. Gorn // In: The studies of information: Interdisciplinary messages / Ed. by F. Machlup and U. Mansfield. New York: Wiley, 1983. – P. 121-140.
- [14] **Zatsman, I.M.** Informatsionno-komp'yuternaya nauka: predposylki stanovleniya [Information and computer science: the preconditions of formation] / I.M. Zatsman // *NTI. Series 1*.– 2013. – (7). – P. 1-12. (In Russian).
- [15] **Zatsman, I.M.** Informatsionno-komp'yuternaya nauka: tehicheskie predposylki stanovleniya [Information and computer science: technical preconditions of formation] / I.M. Zatsman // *Informatsionnieologii*. – 2014. – (3). – P. 3–12. (In Russian).
- [16] **Zatsman, I.M.** Kontseptual'nyj poisk i kachestvo informatsii [Conceptual search and quality of information] / I.M. Zatsman. – Moscow: Science, 2003. – 272 p. (In Russian).
- [17] **Nonaka, I.** The knowledge-creating company / I. Nonaka // *Harvard Business Review*. – 1991. – 69(6). – P. 96-104.
- [18] **Nonaka, I.** The Knowledge-Creating Company / I. Nonaka, H. Takeuchi. – New York: Oxford University Press. 1995. – 284 p.
- [19] *Knowledge emergence* / I. Nonaka, T. Nishiguchi, (Eds.). – New York: Oxford University Press. 2001.
- [20] **Wierzbicki, A.** Basic dimensions of creative space / A. Wierzbicki, Y. Nakamori // In A. Wierzbicki & Y. Nakamori (Eds.). *Creative Space: Models of Creative Processes for Knowledge Civilization Age*. – Heidelberg: Springer. 2006. – P. 59-90.
- [21] **Wierzbicki, A.** Knowledge sciences: some new developments / A. Wierzbicki, Y. Nakamori // *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 77(3), 2007 – pp. 271-295.

- [22] **Zatsman, I.M.** Semanticheskij slovar' sistemy informatsionnogo monitoringa v sfere nauki: zadachi i funktsii [Semantic dictionary information monitoring systems in the field of science: the tasks and functions] / I.M. Zatsman, O.S. Kozhunova // *Sistemy i sredstva informatiki*– 2007. - 17(1). - P. 124-141. (In Russian).
- [23] **Sekerina, I.A.** Metod vyzvannykh potentsialov mozga v ehksperimental'noj psikholingvistike [The method of evoked potentials in experimental psycholinguistics] / Problems of Linguistics] / I.A. Sekerina // *Voprosy yazykoznaniya*. – 2006. – (3). - P. 22-45. (In Russian).
- [24] **de Charms, R.C.** Applications of real-time fMRI. / R.C. de Charms // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2008. - 9(9). – P. 720–729.
- [25] **Baars, B.** Cognition, Brain, and Consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience / B. Baars, N. Gage. - Burlington, MA: Academic Press/Elsevier, 2010. – 677 p. – [http://www.hse.ru/data/2013/12/21/1338659679/Baars Gage 2010 Cognition, Brain and Consciousness \(2<sup>nd</sup> edition\).pdf](http://www.hse.ru/data/2013/12/21/1338659679/Baars%20Gage%20Cognition,%20Brain%20and%20Consciousness%20(2nd%20edition).pdf).
- [26] **Kumaran, D.** Tracking the emergence of conceptual knowledge during human decision-making / D. Kumaran, J.J. Summereld, D. Hassabis, E.A. Maguire // *Neuron*. – 2009. - 63(6). – P. 889–901.
- [27] NRC (National Research Council). *Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond*. Washington, DC: The National Academies Press, 2014. – 152 p. - [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=18722](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18722).

## Сведения об авторах



**Зацман Игорь Моисеевич**, 1952 г. рождения, защитил кандидатскую диссертацию в 1986 году. Заведующий отделом Института проблем информатики РАН. В 2011 году защитил докторскую диссертацию по специальности «Теоретические основы информатики»; в 2012 году присвоена степень доктора наук. Область научных интересов: информатика как информационно-компьютерная наука, когнитивная информатика, моделирование процессов генерации знаний и их представление в цифровой среде, верифицируемый мониторинг и оценивание программной деятельности в сфере науки.

**Igor Moiseevich Zatsman** (b. 1952) has the PhD in informatics (1986). Currently, he is the head of research department at the Institute of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences. He has the highest research diploma, obtained after the PhD (2012). Research interests are in the fields of informatics as computer and information science, cognitive informatics, modeling emerging meaning processes and their tracing by computer, verified monitoring and goal-oriented assessment in science.



**Бунтман Павел Сергеевич**, 1987 г. рождения, окончил биологический факультет Московского государственного университета. В Институте биоорганической химии РАН написал дипломную работу по методам молекулярной биологии. Работал переводчиком научно-популярной литературы. Область научных интересов: информатика как информационно-компьютерная наука и когнитивная информатика.

**Pavel Sergeevich Buntman** (b. 1987) graduated from the biological faculty of the Moscow State University. At the Institute of Bioorganic Chemistry he has written a thesis on molecular biology methods and after that he worked as a translator for publishing houses. Research interests are in the fields of informatics as computer and information science, cognitive informatics.

УДК 519.711.3

## ПОВЫШЕНИЕ РЕЛЕВАНТНОСТИ ПРИ ПОИСКЕ ВЕБ-СЕРВИСОВ В МУЛЬТИОНТОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Л.С. Глоба<sup>1</sup>, М.В. Ковальский<sup>2</sup>

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев, Украина

<sup>1</sup>lgloba@its.kpi.ua, <sup>2</sup>mkovalskyi@luxoft.com

### Аннотация

Кратко рассмотрены существующие подходы к решению задачи поиска веб-сервисов. Выявлены проблемы низкой релевантности, интероперабельности, существенного влияния человеческого фактора в процессе поиска веб-сервисов, которые решаются добавлением семантической информации к их описанию. Проанализированы существующие модели аннотированных онтологий веб-сервисов, а также предложена их модификация, позволяющая получать более релевантный ответ на запрос пользователя. Предложена концепция промежуточного абстрактного объекта - «шаблона сервиса», в который преобразовываются пользовательские запросы с одной стороны, а с другой — онтологические модели независимо от языка их описания. С целью повышения релевантности ответа предлагается также использовать входные и выходные параметры операций веб-сервисов, сравнивая их как синтаксически, так и семантически. Согласно полученным результатам, релевантность ответа на поисковый запрос увеличилась, а вероятность возникновения «ложного обнаружения» уменьшилась.

**Ключевые слова:** веб-сервисы, онтология, релевантность.

### Введение

Веб-сервисы предоставляют единообразные программные интерфейсы, позволяющие их использовать конечными пользователями при необходимости получения информационных услуг в среде Интернет [1].

В текущий момент стоит задача нахождения такой модели построения распределенных систем на базе веб-сервисов, которая бы позволяла автоматизированно обнаруживать веб-сервисы согласно заданным критериям с наибольшей точностью (релевантностью) [2].

Релевантность поисковых запросов<sup>1</sup> является серьезной проблемой в набирающем всё большие объёмы данных Интернете. Например, реестр UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) позволяет производить поиск веб-сервиса исключительно с помощью ключевых слов и предопределенных категорий [3]. Таким образом, окончательный выбор веб-сервиса производится пользователем.

В ряде работ предложено множество решений в этом направлении, в частности — семантические веб-сервисы, в основе которых лежит дополнение существующих WSDL-описаний (Web Services Description Language) посредством аннотирования онтологическими моделями, разрабатываемыми независимо от описаний веб-сервисов [4]. Однако они характеризуются низкой релевантностью в процессе поиска веб-сервисов, что осложняет их использование конечными пользователями при необходимости получения услуг в среде Интернет.

<sup>1</sup> **Релевантность** (лат. *relevo* — поднимать, облегчать) - семантическое соответствие поискового запроса и поискового образа документа. В более общем смысле, близко к понятию «адекватность», при этом оценивается не только степень соответствия, но и степень практической применимости результата поиска. *Прим.ред.*

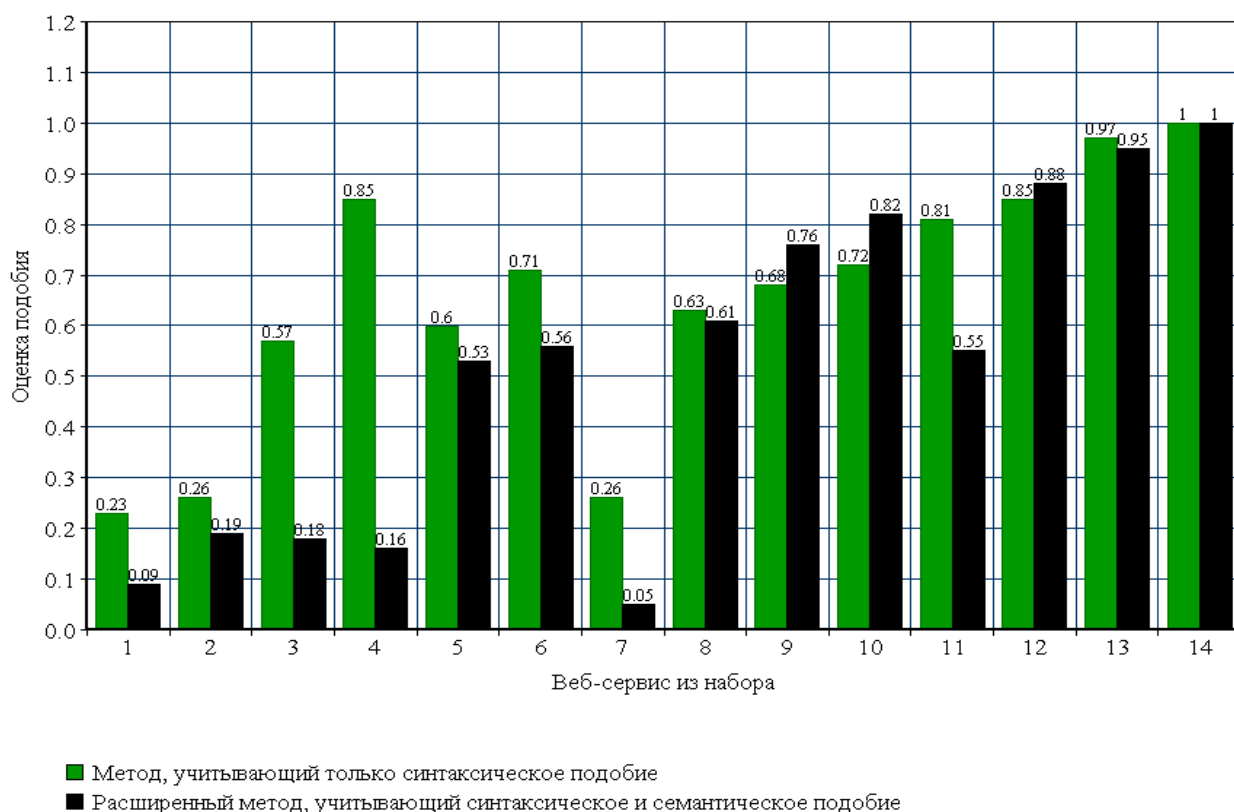


Рисунок 3 – Сравнение оценки подобия веб-сервисов из набора и пользовательского запроса

## Заключение

Обнаружение веб-сервисов является исключительно семантической проблемой. Текущий стандарт веб-сервисов на основе UDDI и WSDL не использует семантическую информацию, поэтому релевантность обнаруженных пользователями веб-сервисов остается невысокой.

Предложено усовершенствование метода поиска веб-сервиса в мультионтологической среде, суть которого заключается в дополнительном использовании программного промежуточного абстрактного объекта – «шаблона сервиса», а также в использовании для сравнения сервисов дополнительно типов входных и выходных параметров операций веб-сервиса с целью увеличения релевантности ответа на запрос пользователя.

Дальнейшие исследования направлены на расширение предложенного метода за счёт поддержки описаний ошибок в терминах WSDL, которые могут возникнуть во время обработки запроса, а также требований к QoS (Quality of Service). Необходимо определить оптимальные оценки вместо эвристических для подобия по свойствам концепта с помощью экспертных систем и проверить предлагаемый метод на большем количестве реальных веб-сервисов и их онтологических описаний.

Также метод может быть расширен за счёт поддержки композиции веб-сервисов во время их обнаружения, что позволит формировать цепочку их вызовов. Это необходимо в ситуациях, при которых требуемый веб-сервис не был найден в реестре, но, комбинируя другие существующие, можно получить искомый. Предлагается проводить такую композицию с помощью онтологических описаний входных и выходных параметров операций каждого веб-сервиса в цепочке.



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Fensel, D.* Semantic web services / D. Fensel, F.M. Facca, E. Simperl, I. Toma. - Springer, 2011 - 357 p.
- [2] *Pedrinaci, C.* Semantic web services / C. Pedrinaci, J. Domingue, A.P. Sheth // In Handbook of semantic web technologies. - Springer Berlin Heidelberg, 2011 - pp. 977-1035.
- [3] *Toch, E.* Humans, semantic services and similarity: A user study of semantic Web services matching and composition / E. Toch, I. Reinhartz-Berger, D. Dori // Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 9(1), 2011 - pp. 16-28.
- [4] *Sheth, A.* Changing Focus on Interoperability in Information Systems: From System, Syntax, Structure to Semantics / A. Sheth // In Interoperating Geographic Information Systems. - Kluwer Academic Publishers, 1998 - pp. 5-30.
- [5] *Schmidt, C.* A Peer-to-Peer Approach to Web Service Discovery / C. Schmidt, M. Parashar // World Wide Web, Internet and Web Information Systems. - Kluwer Academic Publishers, Vol. 7, No. 2, 2004 – pp. 211–229.
- [6] *Klein, M.* Searching for Services on the Semantic Web using Process Ontologies / M. Klein, A. Bernstein // First Semantic Web Working Symposium (SWWS-1), Stanford, CA USA, 2001.
- [7] *Gonzales-Castillo, J.* Description logics for matchmaking of services / J. Gonzales-Castillo, D. Trastour, C. Bartolini // Proc. of Workshop on Application of Description Logics, Vol. 44. ADL-2001.
- [8] *Trastour, D.* A Semantic Web Approach to Service Description for Matchmaking of Services / D. Trastour, C. Bartolini, J. Gonzalez-Castillo // Proc. 1st Semantic Web Working Symposium, CA, 2001 - 15 p.
- [9] *Sycara, K.* Dynamic Service Matchmaking among Agents in Open Information Environments / K. Sycara, J. Lu, M. Klusch, S. Widom // Journal ACM SIGMOD Record, Special Issue on Semantic Interoperability in Global Information Systems, 28(1). 1999 - pp. 47-53.
- [10] *Magnini, B.* Linguistic Based Matching of Local Ontologies / B. Magnini, L. Serafini, M. Speranza // In Working notes of MeaN-02 (Workshop held in conjunction with AAAI-2002), Edmonton, Alberta, Canada, July 28 - August 1, 2002 - pp. 42-50.
- [11] *Porter, M.F.* An Algorithm for Suffix Stripping / M.F. Porter // The journal Program, Vol. 14, No. 3, July 1980 - pp 130-137; Program: electronic library and information systems, Vol. 40 Iss: 3, pp. 211–218.

## INCREASING WEB SERVICES DISCOVERY RELEVANCY IN THE MULTI-ONTOLOGICAL ENVIRONMENT

L.S. Globa<sup>1</sup>, M.V. Kovalskyi<sup>2</sup>

National Technical University of Ukraine «Kiev Polytechnic Institute», Kiev, Ukraine

<sup>1</sup>lgloba@its.kpi.ua, <sup>2</sup>mkovalskyi@luxoft.com

### Abstract

The existing approaches to the solution of web services discovery issues are reviewed briefly in this paper. The problems of low relevancy, interoperability, high amount of the human factor existing in the process of web services discovery are found and can be solved by addition of semantic data to web service description. The existing models of ontology annotated web services are analyzed and their modification is proposed to allow achievement of higher discovery relevancy. The concept of the intermediate abstract object called «service template», in which end user requests and ontological models are converted, is introduced. It is also proposed to use inputs and outputs of web services operations to match them by syntactic and semantic criteria. As shown in the paper, web service discovery response relevancy has increased, and probability of false matching has decreased.

**Key words:** web services, ontology, relevancy.

### References

- [1] *Fensel, D.* Semantic web services / D. Fensel, F.M. Facca, E. Simperl, I. Toma. - Springer, 2011 - 357 p.
- [2] *Pedrinaci, C.* Semantic web services / C. Pedrinaci, J. Domingue, A.P. Sheth // In Handbook of semantic web technologies. - Springer Berlin Heidelberg, 2011 - pp. 977-1035.



- [3] **Toch, E.** Humans, semantic services and similarity: A user study of semantic Web services matching and composition / E. Toch, I. Reinhartz-Berger, D. Dori // Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 9(1), 2011 - pp. 16-28.
- [4] **Sheth, A.** Changing Focus on Interoperability in Information Systems: From System, Syntax, Structure to Semantics / A. Sheth // In Interoperating Geographic Information Systems. - Kluwer Academic Publishers, 1998 - pp. 5-30.
- [5] **Schmidt, C.** A Peer-to-Peer Approach to Web Service Discovery / C. Schmidt, M. Parashar // World Wide Web, Internet and Web Information Systems. - Kluwer Academic Publishers, Vol. 7, No. 2, 2004 – pp. 211–229.
- [6] **Klein, M.** Searching for Services on the Semantic Web using Process Ontologies / M. Klein, A. Bernstein // First Semantic Web Working Symposium (SWWS-1), Stanford, CA USA, 2001.
- [7] **Gonzales-Castillo, J.** Description logics for matchmaking of services / J. Gonzales-Castillo, D. Trastour, C. Bartolini // Proc. of Workshop on Application of Description Logics, Vol. 44. ADL-2001.
- [8] **Trastour, D.** A Semantic Web Approach to Service Description for Matchmaking of Services / D. Trastour, C. Bartolini, J. Gonzalez-Castillo // Proc. 1st Semantic Web Working Symposium, CA, 2001 - 15 p.
- [9] **Sycara, K.** Dynamic Service Matchmaking among Agents in Open Information Environments / K. Sycara, J. Lu, M. Klusch, S. Widom // Journal ACM SIGMOD Record, Special Issue on Semantic Interoperability in Global Information Systems, 28(1). 1999 - pp. 47-53.
- [10] **Magnini, B.** Linguistic Based Matching of Local Ontologies / B. Magnini, L. Serafini, M. Speranza // In Working notes of MeaN-02 (Workshop held in conjunction with AAAI-2002), Edmonton, Alberta, Canada, July 28 - August 1, 2002 - pp. 42-50.
- [11] **Porter, M.F.** An Algorithm for Suffix Stripping / M.F. Porter // The journal Program, Vol. 14, No. 3, July 1980 - pp 130-137; Program: electronic library and information systems, Vol. 40 Iss: 3, pp. 211–218.

## Сведения об авторах



**Глоба Лариса Сергеевна**, 1954 г. рождения. Окончила Харьковский авиационный институт в 1978 г., к.т.н. (1984), д.т.н. (1996), проф. с 2001 г., с 2012 г. – академик Международной академии информационных технологий (Минск, Белоруссия). Заведует кафедрой информационно-телекоммуникационных систем Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Сфера научных интересов: разработка интеллектуальных корпоративных систем производства и систем управления, распределенные системы, технологии Web-сервисов. В списке научных трудов около 400 работ, среди которых учебники и учебные пособия.

**Larysa Sergiivna Globa** (b. 1954) graduated from Kharkov Aviation Institute in 1978, Ph.D., from 1984, Doctor of Technical Sciences from 1996, Prof. from 2001, academician of the International Academy of Information Technology (Minsk, Belorussia) from 2012. The head of the chair of Information and Telecommunication Systems of National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute". Research interests: development of intelligent enterprise production and management systems, distributed systems, Web-services technology. She is co-author of about 400 scientific works, a significant number of works issued abroad.



**Ковальский Михаил Витальевич**, 1994 г. рождения. Окончил Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» в 2014 г. Сфера научных интересов – распределенные в сети Интернет системы и облачные вычисления.

**Mikhail Vitalievich Kovalskyi** (b.1994) graduated from the National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute" in 2014. Works in the area of the distributed Internet-systems and cloud computing.

УДК 004.85

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИТУАЦИЙ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

В.М. Дёмкин, А.В. Соснин, С.С. Сусманова

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» – Нижний Новгород, Россия  
vdyomkin@hse.ru

### Аннотация

В работе обсуждаются современные подходы к проектированию сложных интеллектуальных систем компьютерного контроля знаний иностранного языка для поддержки учебного процесса в высшем учебном заведении. Исследуются механизмы построения онтологических моделей ситуаций в задачах компьютерного контроля знаний английского языка в рамках парадигмы ограниченной рациональности. Рассматриваются онтологические модели ситуаций на примере корпуса заданий на проверку знания личных местоимений в английском языке. На пути к становлению новой парадигмы компьютерного тестирования сделан очередной шаг, связанный с «очеловечиванием» поведенческой природы холонов, «примеривших» на себя одну из «шляп мышления» Эдварда де Боно. Процессы согласования «точек зрения» и «взаимных уступок» участников определяются цветом их шляп мышления, наиболее полно описывающих мотивы и логику шаблонов поведения людей.

**Ключевые слова:** компьютерная форма контроля знаний, открытый и закрытый тест, система тестирования, онтологический подход, холон, актор.

### Введение

Среди ключевых факторов, оказывающих влияние на совершенствование и повышение качества учебного процесса в образовательных учреждениях и определяющих направление развития контроля знаний в целом, особое место по праву принадлежит информационным технологиям. Активное внедрение в учебный процесс различных форм компьютерного тестирования стало неотъемлемой частью современного образования.

Необходимо отметить, что многие из них до сих пор имеют отношение к так называемым традиционным компьютерным формам тестирования, где проверяются только теоретические знания. Ключевой идеей такого тестирования является «узнавание», поэтому здесь широко используются закрытые и открытые тесты на основе экранных форм шаблонов. Процедура проверки заключается в посимвольном сравнении шаблона с правильными ответами и заполненного шаблона с ответами тестируемого субъекта. Поскольку наряду с «узнаванием» имеет место также и «угадывание», то такие формы компьютерного тестирования служат основанием для мифологизации как самой процедуры контроля знаний, так и результатов этого контроля [1].

Контроль такого рода «знаний» не способен выявить наличие у тестируемого субъекта ни творческого начала, ни практических навыков. Его только спрашивают, что он может узнать или угадать из указанного контекста, не предоставляя ему возможности оказывать влияние на сам процесс тестирования. Результаты контроля всего лишь фиксируют состояние процессов «узнавания» и «угадывания». Они не достоверны и иллюзорны, именно поэтому способствуют укреплению мифа о действенности такой формы контроля знаний.

«Чёрный» холон принимает на себя управление от «синего» в том случае, если появилось «подозрение» на недобросовестность или везение. Его задача – уличить. Каждый из «правильных» или «неправильных» вариантов ответа хранит ссылку на соответствующий уровень данного или другого корпуса, где и должен осуществляться дополнительный этап проверки.

## Заключение

Сформулируем основные результаты работы:

- 1) На пути к становлению новой парадигмы компьютерного тестирования сделан очередной шаг, связанный с «очеловечиванием» поведенческой природы холонов, «примеривших» на себя одну из шляп мышления Эдварда де Боно. Процессы согласования «точек зрения» и «взаимных уступок» участников определяются цветом их шляп мышления, наиболее полно описывающих мотивы и логику шаблонов поведения людей.
- 2) Проанализированы онтологические модели ситуаций на примере корпуса заданий на проверку знания личных местоимений в английском языке.

## Список источников

- [1] **Гинзбург, А.Н.** Компьютерный контроль знаний – миф или реальность / А.Н. Гинзбург, В.М. Дёмкин // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XII Международной конф. (21–23 июня 2010 г., Самара, Россия). – Самара: Самарский НЦ РАН, 2010. – С. 501–504.
- [2] **Виттих, В.А.** Парадигма ограниченной рациональности принятия решений-2 / В.А. Виттих // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – 2010. – № 2(26). – С. 23–31.
- [3] **Гинзбург, А.Н.** Адаптивный подход к управлению процессом разработки систем автоматического тестирования решения задач по программированию. Результаты и перспективы разработки / А.Н. Гинзбург, В.М. Дёмкин, А.Н. Рыбалкин, С.В. Сатунин // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды IX Международной конф. (22–28 июня 2007 г., Самара, Россия). – Самара: Самарский НЦ РАН, 2007. – С. 603–613.
- [4] **Антропов, А.А.** Архитектура Web-ориентированной системы автоматического контроля знаний дисциплины программирования / А.А. Антропов, Е.В. Баранов, А.Н. Гинзбург, В.М. Дёмкин, А.В. Мотолин // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XI Международной конф. (22–24 июня 2009 г., Самара, Россия). – Самара: Самарский НЦ РАН, 2009. – С. 658–663.
- [5] **Смирнов, С.В.** Онтологическое моделирование в ситуационном управлении / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. – 2012. – №2(4). – С. 16–24.
- [6] **Де Боно, Э.** Шесть шляп мышления / Э. де Боно. – СПб.: Питер Паблишинг, 1997. – 256 с. – (Серия «Тренировка ума»).

---

## ONTOLOGICAL MODELS OF SITUATIONS APPLIED TO THE TASK OF COMPUTER-AIDED TESTING OF FOREIGN LANGUAGES PROFICIENCY

**V.M. Dyomkin, A.V. Sosnin, S.S. Susmanova**

*National Research University Higher School of Economics, Nizhny Novgorod Campus, Russia  
vdyomkin@hse.ru*

### Abstract

The paper discusses modern approaches towards the design of complicated intellectual computer systems assessing foreign language proficiency, e.g. checking students' academic progress in a higher educational establishment. The paper

provides insight into the means of developing ontology-based situation models for the tasks requiring that a person's command in English could be assessed, which is done within the paradigm of bounded rationality. The paper demonstrates the characteristic behavioral features of the holons, each of which assumes the role of one of E. de Bono's six «thinking hats» on the example of the English personal pronouns. The processes of negotiating the «opinions» and «mutual concessions» are defined by the color of the thinking hat that does the best job of describing people's motives and behavior pattern logic.

**Key words:** computer-aided knowledge assessment, open and closed text, testing system, ontological approach, holon, actor.

## References

- [1] **Ginzburg, A.N.** Komp'yuternyj kontrol' znaniy – mif ili real'nost' [Computer-aided knowledge assessment – myth or reality] / A.N. Ginzburg, V.M. Dyomkin // Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh: Proceedings of the XII international conference (21-23 June 2011, Samara, Russia). – Samara: SamNTC RAS, 2010. – pp. 501–504. (In Russian).
- [2] **Vitikh, V.A.** Paradigma ogranichennoj ratsional'nosti prinyatiya reshenij-2 [The bounded rationality paradigm for decision making -2] / V.A. Vitikh // Bulletin of the Samara State Technical University. «Technical sciences» series. – 2010. – No. 2(26). – P. 23–31. (In Russian).
- [3] **Ginzburg, A.N.** Adaptivnyj podkhod k upravleniyu protsessom razrabotki sistem avtomaticheskogo testirovaniya resheniya zadach po programmirovaniyu. Rezul'taty i perspektivy razrabotki [Adaptive management approach to the development process of automatic test solutions applied to programming problems. Results and prospects of development] / A.N. Ginzburg, V.M. Dyomkin, A.N. Rybalkin, S.V. Satunin // Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh: Proceedings of the IX international conference (22-28 June 2007, Samara, Russia). – Samara: SamNTC RAS, 2007. – pp. 603–613. (In Russian).
- [4] **Anthropov, A.A.** Arkhitektura Web-orientirovannoj sistemy avtomaticheskogo kontrolya znaniy distsipliny programmirovaniya [Architecture of a Web-oriented computer-aided knowledge assessment for programming] / A.A. Anthropov, E.V. Baranov, A.N. Ginzburg, V.M. Dyomkin, A.V. Motolin // Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh: Proceedings of the XI international conference (22-24 June 2009, Samara, Russia). – Samara: SamNTC RAS, 2007. – pp. 658–663. (In Russian).
- [5] **Smirnov, S.V.** Ontologicheskoe modelirovanie v situatsionnom upravlenii [Ontological modeling in situational management] / S.V. Smirnov // Ontology of Designing. – 2012. – №2(4). – С. 16-24. (In Russian).
- [6] **De Bono, E.** Shest' shlyap myshleniya [Six thinking hats] / E. de Bono. – Saint-Petersburg: Piter publishing, 1997. – 256 p. – («Mind training» series). (In Russian).

## Сведения об авторах



**Дёжкин Валерий Матвеевич**, 1951 г. рождения. Окончил Горьковский государственный университет им. Н.И. Лобачевского в 1974 г., к.т.н. (1991), доцент (2006). Доцент кафедры информационных систем и технологий Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» – Нижний Новгород, доцент кафедры прикладной математики Нижегородского государственного технического университета, старший научный сотрудник Института прикладной физики РАН. В списке научных трудов более 80 работ в области автоматизации научных исследований и применения информационных технологий в образовании.

**Valeriy Matveevich Dyomkin** (b. 1951) graduated from the Lobachevskiy State University, Gorky, in 1974, PhD in Computer Science (1991). He is an Assistant Professor at National Research University Higher School of Economics, Nizhny Novgorod Campus, Department of Information Systems and Technologies, he holds a part-time position of Assistant Professor at State Technical University, Nizhny Novgorod, Department of Applied Mathematics, he is Senior Researcher at Institute of Applied Physics, RAS. He is author/co-author of over 80 scientific papers on automation of scientific research and application of information technologies in education.



**Соснин Алексей Владимирович**, 1982 г. рождения. Окончил Нижегородский государственный лингвистический университет им. Н.А. Добролюбова в 2004 г., к.филолог.н. (2007). Доцент кафедры иностранных языков Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» – Нижний Новгород. В списке научных трудов более 30 работ в области семантики, когнитивной лингвистики и литературоведения.

**Alexey Vladimirovich Sosnin** (b. 1982) graduated from Nizhny Novgorod Linguistics University in 2004, got a PhD in English philology in 2007. He is Assistant Professor at National Research University Higher School of Economics, Nizhny Novgorod, Department of Foreign Languages. He is author/co-author of over 30 scientific papers on semantics, cognitive linguistics and literary studies.



**Сусманова Софья Сергеевна**, 1990 г. рождения. Окончила Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» в 2012 г., бакалавр прикладной математики и информатики.

**Sofya Sergeevna Susmanova** (b. 1990) graduated from the National Research University Higher School of Economics in 2012, the bachelor of applied mathematics and computer science.



УДК 519.61

## СТАБИЛЬНОСТЬ НЕОПРЕДЕЛЁННЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

**В.И. Левин**

Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия  
vilevin@mail.ru

### Аннотация

Рассмотрена задача оптимизации неполностью определённых функций, т.е. функций с параметрами, заданными лишь с точностью до интервала. Дан обзор существующих подходов к решению задач оптимизации неполностью определённых функций с различными видами неопределённости. Описана математическая постановка задачи оптимизации функции с интервальными параметрами и метод ее решения путем сведения к двум задачам оптимизации полностью определённых функций, т.е. функций с точно известными параметрами (метод детерминизации). Показано, что решение проблемы оптимизации неполностью определённых функций требует также рассмотрения задачи определения устойчивости оптимума к варьированию значений параметров функции. В связи с этим введены понятия макроустойчивости и микроустойчивости задачи оптимизации полностью определенной функции. Даны необходимые и достаточные условия макроустойчивости задачи оптимизации полностью определенной функции. Приведен алгоритм проверки макроустойчивости. Дан пример проверки макроустойчивости конкретной задачи с помощью этого алгоритма (задача о назначениях). Приведен также алгоритм проверки микроустойчивости задачи оптимизации полностью определенной функции. Для решения указанных задач используются методы интервальной математики.

**Ключевые слова:** оптимизация систем, неопределенность, устойчивость оптимума, варьирование параметров, интервальная математика, макроустойчивость, микроустойчивость.

### Введение

Сегодня в мире имеется обширная литература по оптимизации различных систем с детерминированными параметрами – технических, экономических и т.д. Соответствующие задачи формулируются как задачи математического программирования с целевыми функциями и функциями ограничений, параметры которых являются детерминированными величинами. При этом на практике чаще встречаются системы с недетерминированными параметрами. Оптимизация таких систем обычно формализуется в виде задач математического программирования с целевыми функциями и функциями ограничений, параметры которых суть различные недетерминированные величины: случайные, нечеткие, интервальные и т.д. Эти задачи сложнее детерминированных. Они требуют обобщения понятия экстремума функции, выяснения условия его существования, связанных с недетерминированностью параметров функции, и создания специальных методов поиска экстремума таких функций.

Известно три различных подхода к решению недетерминированных задач математического программирования: детерминированный, вероятностный [1] и интервальный [2]. Детерминированный подход заключается в решении задачи для определенных значений ее параметров, выбранных внутри заданных областей неопределенности. Вероятностный подход состоит в решении задачи для усредненных (ожидаемых, в смысле математического ожидания) значений ее параметров, что предполагает задание вероятностной меры внутри их областей неопределенности. Оба указанных подхода объединяет предварительная детерминизация параметров задачи, выполняемая перед ее оптимальным решением. В отличие от них, интервальный подход не предполагает никакой детерминизации параметров, которые задаются в ин-



## Заключение

В статье показано, что проблема оптимизации неполностью определенных функций не может ограничиться только отысканием точки оптимума и значения в ней нашей функции, но и должна включать в себя задачу определения устойчивости найденного оптимума. Последнее означает, что при небольшом варьировании параметров оптимизируемой функции ее оптимум должен по-прежнему существовать и находиться в точке, близкой к точке исходного оптимума. Для установления устойчивости оптимума неполностью определенных функций предложена специальная эффективная методика, которая основана на аппарате интервальной математики. Несколько иные подходы к решению рассмотренной проблемы можно найти в [16–24].

## Список источников

- [1] *Первозванский, А.А.* Математические модели в управлении производством / А.А. Первозванский. - М.: Наука, 1975 – 616 с.
- [2] *Левин, В.И.* Интервальное дискретное программирование / В.И. Левин // Кибернетика и системный анализ. – 1994. – №6. – С. 91–103.
- [3] *Libura, M.* Integer Programming Problems with Inexact Objective Function / M. Libura // Control and Cybernetics. – 1980. – Vol. 9. – №4. – P. 189–202.
- [4] *Тимохин, С.Г.* О задачах линейного программирования в условиях неточных данных / С.Г. Тимохин, А.В. Шапкин // Экономика и математические методы. – 1981 – Т. 17. – №5. – С. 955–963.
- [5] *Роцин, В.А.* Вопросы решения и исследования одного класса задач неточного целочисленного программирования / В.А. Роцин, Н.В. Семенова, И.В. Сергиенко // Кибернетика. – 1989 – № 2. – С. 42–46.
- [6] *Семенова Н.В.* Решение одной задачи обобщенного целочисленного программирования / Н.В. Семенова // Кибернетика. – 1984. – № 5. – С. 25–31.
- [7] *Вошинин, А.П.* Оптимизация в условиях неопределенности / А.П. Вошинин, Г.Р. Сотиров. – М.: Изд-во МЭИ, 1989. – 224 с.
- [8] *Левин, В.И.* Интервальные методы оптимизации систем в условиях неопределенности / - Пенза: Изд-во Пензенского технологического института, 1999. – 95 с.
- [9] *Левин, В.И.* Оптимальное проектирование в условиях неопределенности. Метод детерминизации / В.И. Левин // Онтология проектирования. – 2013. – №3. – С. 41–52.
- [10] *Алефельд, Г.* Введение в интервальные вычисления / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер. - М.: Мир, 1987 – 360 с.
- [11] *Юдин, Д.Б.* Задачи и методы линейного программирования / Д.Б. Юдин, Е.Г. Гольдштейн. - М.: Советское радио, 1964 – 350 с.
- [12] *Корбут, А.А.* Дискретное программирование / А.А. Корбут, Ю.Ю. Финкельштейн. - М: Наука, 1969 – 280 с.
- [13] *Левин, В.И.* Структурно-логические методы исследования сложных систем / В.И. Левин. - М.: Наука, 1987 – 304 с.
- [14] *Левин, В.И.* Дискретная оптимизация в условиях интервальной неопределенности / В.И. Левин // Автоматика и телемеханика. – 1992. – № 7. – С. 97–106.
- [15] *Левин, В.И.* Нелинейная оптимизация в условиях интервальной неопределенности / В.И. Левин // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – № 2. – С. 35–46.
- [16] *Шашихин, В.Н.* Оптимизация интервальных систем / В.Н. Шашихин // Автоматика и телемеханика. – 2000. – №11. – С. 17–24.
- [17] *Ащепков, Л.Т.,* Универсальные решения интервальных задач оптимизации и управления / Л.Т. Ащепков, Д.В. Давыдов. - М.: Наука, 2006. – 285 с.
- [18] *Островский, Г.М.* Технические системы в условиях неопределенности. Анализ гибкости и оптимизация / Г.М. Островский, Ю.М. Волин. - М.: Бином, 2008. – 325 с.
- [19] *Боргест, Н.М.* Автоматизация предварительного проектирования самолета / Н.М. Боргест. - Самара: Изд-во КуАИ, 1992. – 92 с.
- [20] *Островский, Г.М.* Оптимизация технических систем / Г.М. Островский, Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева. - М.: Кнорус, 2012. – 252 с.
- [21] *Tsoukias, A.* A Characterization of PQI Interval Orders / A. Tsoukias, P. Vincke // Discrete Applied Mathematics. – 2003. – №127(2). – P. 387–397.
- [22] *Davydov, D.V.* Identification of Parameters of Linear Interval Controllable Systems with the Interval Observation / D.V. Davydov // Journal of Computer and Systems Sciences International. - 2008. - Vol. 47. - №6. – P. 861–865.
- [23] *Ozturk, M.* Positive and Negative Reasons in the Interval Comparisons: Valued PQI Interval Orders / M. Ozturk, A. Tsoukias // LAMSADE-CNRS: Universite Paris Dauphine. 2004. – 7 p.

- [24] *Shashihin, V.N.* Solution of Interval Matrix Game / V.N. Shashihin // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2001. – Vol. 40. – №5. – P. 97–104.

## STABILITY OF UNCERTAIN OPTIMIZATION PROBLEMS

**V.I. Levin**

*Penza State Technological University, Penza, Russia*  
*vilevin@mail.ru*

### Abstract

The problem of optimization of not completely defined functions, i.e. functions with parameters set only up to interval is considered. A review of existing approaches to solving optimization problems of incompletely specified functions with different kinds of uncertainty is given. The mathematical formulation of the problem of optimizing the functions with interval parameters and the method of its solution by reducing it to two optimization problems of completely defined functions i.e. functions with exactly known parameters (the determination method) is described. It is shown that the solution of the optimization problem of not fully defined functions also requires consideration of the problem of determining the optimum stability to variations in the values of the function parameters. In this regard, we introduce notions of macrostability and microstability of optimization problem of fully defined functions. Necessary and sufficient conditions for the macrostability of optimization problem of completely specified functions are given. An algorithm for checking of macrostability is presented. An example of checking macrostability of particular problem with this algorithm (assignment problem) is given. We also present an algorithm for checking microstability of optimization problem of fully defined function. To solve such problems methods of interval mathematics are used.

**Key words:** *problem of system optimization, uncertainty, stability of the optimum, variation of parameters, interval mathematics, macrostability, microstability.*

### References

- [1] *Pervozvanskij A.A.* Matematicheskie modeli v upravlenii proizvodstvom [Mathematical models in production management] / A.A. Pervozvanskij. – Moscow: Nauka, 1975. – 616 p. (In Russian)
- [2] *Levin, V.I.* Interval'noe diskretnoe programmirovaniye [Interval discrete programming] / V.I. Levin // Kibernetika i sistemnyy analiz. – 1994. – No. 6. – P. 91–103. (In Russian)
- [3] *Libura, M.* Integer Programming Problems with Inexact Objective Function / M. Libura // Control and Cybernetic. – 1980. – Vol. 9. – №4. – P. 189–202.
- [4] *Timokhin, S.G.* O zadachakh linejnogo programmirovaniya v usloviyakh netochnykh dannykh [On the linear programming problem under conditions of inaccurate data] / S.G. Timokhin, A.V. Shapkin // Ekonomika i matematicheskie metody. – 1981. – Vol. 17. – No. 5. – P. 955–963. (In Russian)
- [5] *Roshhin, V.A.* Voprosy resheniya i issledovaniya odnogo klassa zadach netochnogo tselochislennogo programmirovaniya [Questions and research solutions of a class of non-precision integer programming] / V.A. Roshhin, N.V. Semenova, I.V. Sergienko // Kibernetika. – 1989. – No. 2. – P. 42–46. (In Russian)
- [6] *Semenova, N.V.* Reshenie odnoj zadachi obobshhennogo tselochislennogo programmirovaniya [Solution to one of the problems of generalized integer programming] / N.V. Semenova // Kibernetika. – 1984. – No. 5. – P. 25–31. (In Russian)
- [7] *Voschinin, A.P.* Optimizatsiya v usloviyakh neopredelennosti [Optimization under uncertainty] / A.P. Voschinin, G.R. Sotirov. – Moscow: MEI publ., 1989. – 224 p. (In Russian)
- [8] *Levin, V.I.* Interval'nye metody optimizatsii sistem v usloviyakh neopredelennosti [Interval methods of optimization of systems under uncertainty] / V.I. Levin. Penza: Penza technological institute publ., 1999. – 95 p. (In Russian)
- [9] *Ahlefeld, G.* Vvedenie v interval'nye vychisleniya [Introduction to interval computation] / G. Ahlefeld, J. Herzberger. – Moscow: Mir, 1987. – 360 p. (In Russian)
- [10] *Yudin, D.B.* Zadachi i metody linejnogo programmirovaniya [Objectives and methods of linear programming] / D.B. Yudin, E.G. Gol'dshtejn. – Moscow: Sovetskoe radio, 1964. – 350 p. (In Russian)

- [11] **Korbut, A.A.** Diskretnoe programmirovaniye [Discret programming] / A.A. Korbut, Yu.Yu. Finkel'shtejn. - Moscow: Science, 1969. - 280 p. (In Russian)
- [12] **Levin, V.I.** Strukturno-logicheskie metody issledovaniya slozhnykh sistem [Structural-logical methods for complex systems research] / V.I. Levin. - Moscow: Nauka, 1987. - 304 p. (In Russian)
- [13] **Levin, V.I.** Diskretnaya optimizatsiya v usloviyakh interval'noj neopredelennosti [Discrete optimization under interval uncertainty] / V.I. Levin // Avtomatika i telemekhanika. - 1992. - No 7. - P. 97–106. (In Russian)
- [14] **Levin, V.I.** Nelineynaya optimizatsiya v usloviyakh interval'noj neopredelennosti [Nonlinear optimization under interval uncertainty] / V.I. Levin // Kibernetika i sistemnyy analiz. - 1999. - No. 2. - P. 35–46. (In Russian)
- [15] **Shashikhin, V.N.** Optimizatsiya interval'nykh sistem [Interval systems optimization] / V.N. Shashikhin // Avtomatika i telemekhanika. - 2000. - No. 11. - P. 17–24. (In Russian)
- [16] **Ashhepkov, L.T.** Universal'nye resheniya interval'nykh zadach optimizatsii i upravleniya [Universal solutions interval optimization problems and management] / L.T. Ashhepkov, D.V. Davydov. - Moscow: Science, 2006. - 285 p. (In Russian)
- [17] **Ostrovskij, G.M.** Tekhnicheskie sistemy v usloviyakh neopredelennosti. Analiz gibkosti i optimizatsiya. [Technical systems under conditions of uncertainty. Flexibility analysis and optimization] / G.M. Ostrovskij, Yu.M. Volin. - Moscow: Binom, 2008. - 325 p. (In Russian)
- [18] **Borgest, N.M.** Avtomatizatsiya predvaritel'nogo proektirovaniya samoleta. Uchebnoe posobie. [Automation of the preliminary design of the aircraft. Textbook.] / N.M. Borgest. - Samara: Samara aviation institute publ., 1992. - 92 p. (In Russian)
- [19] **Ostrovskij, G.M.** Optimizatsiya tekhnicheskikh sistem [Optimization of technical systems] / G.M. Ostrovskij, N.N. Ziyatdinov, T.V. Lapteva. - Moscow: Knorus, 2012. - 252 p. (In Russian)
- [20] **Tsoukias, A.** A Characterization of PQI Interval Orders / A. Tsoukias, P. Vincke // Discrete Applied Mathematics. - 2003. - №127(2). - P. 387–397.
- [21] **Davydov, D.V.** Identification of Parameters of Linear Interval Controllable Systems with the Interval Observation / D.V. Davydov // Journal of Computer and Systems Sciences International. - 2008. - Vol. 47. - №6. - P. 861–865.
- [22] **Ozturk, M.** Positive and Negative Reasons in the Interval Comparisons: Valued PQI Interval Orders / M. Ozturk, A. Tsoukias // LAMSADE-CNRS: Universite Paris Dauphine. 2004. - 7 p.
- [23] **Shashikhin, V.N.** Solution of Interval Matrix Game / V.N. Shashikhin // Journal of Computer and Systems Sciences International. - 2001. - Vol. 40. - №5. - P. 97–104.

## Сведения об авторе



**Левин Виталий Ильич** окончил Каунасский политехнический институт, Открытый университет Израиля. Доктор технических наук, профессор, PhD, Full Professor, заведующий кафедрой математики (1975–2000), советник ректора по науке (2006–2011) Пензенского государственного технологического университета, профессор Московского университета им. С.Ю. Витте (с 2003 г.). В списке научных трудов сотни работ (в том числе десятки монографий) по логике; математическому моделированию в технике, экономике, социологии, принятию решений; оптимизации; теории надежности; истории науки; проблемам образования. Действительный член МАИ, ЕАИ, МАНЭБ и АСН, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат международных премий «Соросовский профессор», Международный эксперт в области социологии конфликта и рейтингования университетов.

**Vitaliy Ilyich Levin** graduated from Kaunas Polytechnical Institute, Open University of Israel, Doctor of Engineering Science, Professor, PhD, Full Professor. Head of Mathematics Department (1975–2000), the scientific counselor of rector (2006–2011) of Penza State Technological University, professor of Moscow University named after S.J. Vitte (since 2003). He is the autor of hundreds of publications (among them dozens of monographs), in logic; mathematical modelling of engineering, economics, sociology; optimization; reliability; history of science; education problems. The member of IIA, EIA, IAELP, ASS. Honoured scientist of Russia, Laureate of International Prizes “Soros Professor”, International Reviewer in Sociology of conflicts and University ranking.

УДК 519.5

## ПРОСТОЙ И УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ КРИТЕРИЕВ «СТОИМОСТЬ–ЭФФЕКТИВНОСТЬ»

С.А. Пиявский

Самарский государственный архитектурно-строительный университет, Самара, Россия  
spiyav@mail.ru

### Аннотация

В онтологию принятия многокритериальных решений вводится новое понятие шансов оптимальности решения. Его плодотворность иллюстрируется на практически значимой задаче сравнения альтернатив в пространстве критериев «стоимость–эффективность», в которой это понятие позволяет получить комплексную количественную оценку качества решений без обязательного ввода какой-либо дополнительной информации от ЛПР, кроме, при его желании, «расплывчатых» суждений типа «лучше» или «важнее». При этом показано, что единственной непрерывной оценочной функцией, позволяющей выявить в любом наборе многокритериальных альтернатив все Парето-оптимальные решения, является минимаксная свёртка Ю.Б. Гермейера. Мера множества значений неопределённых коэффициентов этой свёртки, при которых оценочная функция принимает на некотором решении лучшее значение, чем на прочих решениях из исходного набора альтернатив, определяет шанс оптимальности этого решения. Разработаны простой расчётный алгоритм и наглядный геометрический метод вычисления шансов оптимальности.

**Ключевые слова:** многокритериальная оптимизация, принятие решений, ЛПР, шансы оптимальности, альтернатива, неопределённость, Парето-оптимальность, стоимость, эффективность.

### Введение

Понятийный аппарат, используемый в онтологии принятия оптимальных решений, непрерывно растёт. Это вызвано увеличением сложности решаемых практических задач и связанным с этим расширением фронта теоретических исследований. В дополнение к введённым нами в [1] и [2] понятиям *расширенной Парето-оптимальности*, *прогрессивных решений*, *уровня прогрессивности решений* и *уверенных суждений* лица, принимающего решение (ЛПР) в настоящей статье предлагается новое понятие **шансов оптимальности многокритериальных альтернатив**. Это понятие, по мнению автора, имеет прозрачный смысл, доступный пониманию ЛПР с любым уровнем математической подготовки. В то же время оно позволяет уверенно решать слабо формализованные задачи многокритериального выбора при полном отсутствии дополнительно вводимой информации. Понятие применимо в задачах любой размерности и степени неопределённости, однако в настоящей статье оно иллюстрируется на простой и потому наглядной задаче двухкритериального выбора, что позволяет показать его ценность.

### 1 Постановка задачи

Пусть задано  $m$  вариантов решений, характеризующихся количественными значениями двух критериев: стоимости и эффективности. Обозначим через  $i = 1, \dots, m$  номер варианта решения, а через  $c_i$ ,  $e_i$  – значения для него количественных критериев стоимости и эффективности. Учитывая, что содержательный характер вариантов решения в данной постановке не

$$x_d = 1, 0 \leq x_c \leq d_{m-1}.$$

Соотношения, полученные в настоящем пункте, обосновывают все результаты, приведенные в разделе 2 статьи.

#### 4 Выбор наилучшего из трёх решений

Особенно простые результаты в виде конечных формул получаются в задаче, в которой сравниваются всего *три* варианта решения. Как легко видеть из подраздела 3.2, в этом случае шансы оптимальности решений таковы:

Для решения, отображенного точкой 1,  $F_1 = c_2 / 2$ , для решения, отвечающего точке 2,  $F_2 = 1 - (c_2 + d_2) / 2$ , а для решения, отвечающего точке 3,  $F_3 = d_2 / 2$ .

На рисунке 8 показаны зоны оптимальности каждого из трех вариантов решений. Его нужно понимать следующим образом. Если точка 2 расположена в некоторой точке изображенного на рисунке квадрата, то зона, в которую эта точка попала, показывает, какое из трёх решений будет иметь наибольшее значение шанса оптимальности. Рисунок полезен тем, что показывает, насколько должно отличаться от аналогов (точек 1 и 3) решение (точка 2), для того, чтобы оно было конкурентоспособно по сравнению с ними.

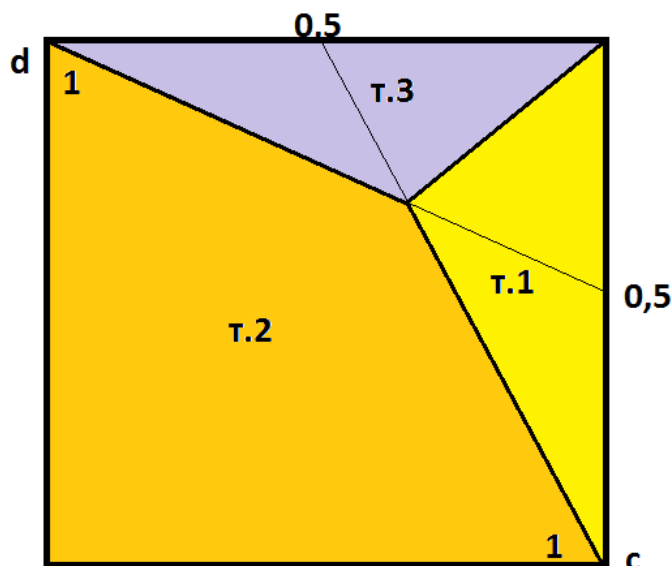


Рисунок 8 – Зоны оптимальности трёх вариантов решений

#### Заключение

Задаче выбора многокритериальных альтернатив присуща органическая неопределённость. Плодотворный путь в решении таких задач состоит не в том, чтобы пытаться получить от ЛПР в принципе неформализуемую дополнительную информацию о конкретной задаче, якобы устраняющую эту неопределённость, а в том, чтобы признать её органический характер и перейти к расчёту шансов каждого варианта решения оказаться оптимальным с учётом всего множества неопределённостей. Этот путь, реализация которого была начата нами сорок лет назад [4] и продолжена разработкой метода ПРИНН [5-7], продемонстрировал свои широкие возможности, предложив простое, универсальное и максимально объективное решение задачи выбора решений в критериальном пространстве «стоимость–эффективность».



## Список источников

- [1] **Пиявский, С.А.** Два новых понятия верхнего уровня в онтологии многокритериальной оптимизации / С.А. Пиявский // Онтология проектирования. – 2013. – №1(7). – С. 65-85.
- [2] **Пиявский, С.А.** Прогрессивность многокритериальных альтернатив / С.А. Пиявский // Онтология проектирования. – 2013. – №4(10). – С. 60-71.
- [3] **Гермейер, Ю.Б.** Введение в теорию исследования операций / Ю.Б. Гермейер. – М.: Наука, 1971. – 383 с.
- [4] **Пиявский, С.А.** Оптимизация параметров многоцелевых летательных аппаратов / С.А. Пиявский, В.С. Брусов, Е.А. Хвилон. – М.: «Машиностроение», 1974. – 106 с.
- [5] **Смирнов, О.Л.** САПР: формирование и функционирование проектных модулей. / О.Л. Смирнов, С.А. Падалко, С.А. Пиявский. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.
- [6] **Пиявский, С.А.** Методы оптимизации и принятия решений / С.А. Пиявский. – Самара: СГАСУ, 2004.
- [7] **Малышев, В.В.** Метод принятия решений в условиях многообразия способов учёта неопределённости / В.В. Малышев, Б.С. Пиявский, С.А. Пиявский // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – №1. – С. 46–61.

## A SIMPLE AND UNIVERSAL METHOD OF DECISION MAKING WITHIN THE SCOPE OF CRITERIA OF «COST AND EFFICIENCY»

**S.A. Piyavsky**

*Samara State University of Architecture and Civil Engineering, Samara, Russia  
spiyav@mail.ru*

### Abstract

A new concept of chances of decision optimality is introduced to the ontology of multi-criteria decision making. Its fruitfulness is illustrated by a practically significant task of comparing the alternatives within the scope of criteria of “cost and efficiency” in which this concept makes it possible to get complex quantitative evaluation of decision quality without any compulsory input of additional information from a decision-maker., except some indeterminate judgments as “better” or “more important”, if desired. In addition to it, the author shows that the only incessant evaluation function that makes it possible to determine all Pareto-optimal decisions in any range of multi-criteria alternatives is the minimax folding of Yu.B. Germeyer. The chance of decision optimality is determined by the measure of the variety of values of indefinite coefficients in this folding when the evaluation function gets the best value within one solution than within any other solutions of the given range of alternatives. A simple calculation algorithm and a visual geometric method of evaluating optimality chances have been worked out.

**Key words:** multi-criteria optimization, decision making, decision-maker, chances of optimality, alternative, indeterminacy, Pareto-optimality, cost, efficiency.

### References

- [1] **Piyavsky, S.A.** Dva novykh ponyatia verkhnego urovnya v ontologii mnogokriterialnoi optimizatsii [Two New Upper Level Concepts for the Multi-criteria Optimization Ontology] / S.A. Piyavsky // Ontology of Designing. - 2013. – №1(7). – P. 65-85. (In Russian)
- [2] **Piyavsky, S.A.** Progressivnost mnogokriterialnykh alternativ [Progressivity of Multi-criteria Alternatives] / S.A. Piyavsky // Ontology of Designing. - 2013. – №4(10). – P. 60-71. (In Russian)
- [3] **Germeyer, Yu.B.** Vvedenie v teoriy issledovaniya operatsii [Introduction to Operation Research] / Yu.B. Germeyer. – М.: Nauka, 1971. – 383 p. (In Russian)
- [4] **Piyavsky, S.A.** Optimizatsia parametrov mnogotselevykh letatelnykh apparatov [Optimization of Parameters of Multipurpose Aircrafts] / S.A Piyavsky, V.S. Brusov, E.A. Khvilon. – М.: Mashinostroenie, 1974. – 106 p. (In Russian)
- [5] **Smirnov, O.L.** SAPR: formirovanie I funktsionirovanie proektnykh modulei [CAD: Formation and Functioning of Design Modules] / O.L. Smirnov, S.A. Padalko, S.A. Piyavsky – М.: Mashinostroenie, 1987. – 272 p. (In Russian)

- [6] **Piyavsky, S.A.** Metody optimizatsii i prinyatia reshenii [Methods of Optimization and Decision Making] / S.A. Piyavsky. – Samara: Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2004. (In Russian)
- [7] **Malyshev, V.V.** Metod prinyatia reshenii v usloviakh mnogoobrazia sposobov ucheta neopredelennosti [The Method of Decision Making in conditions of the Diversity of Indeterminacy Account Methods] / V.V. Malyshev, B.S Piyavsky, S.A. Piyavsky // Izvestia RAN. Teoria I sistemy upravleniya [Journal of Computer and Systems Sciences International]. – 2010. - №1. – P. 46-61. (In Russian)
- 

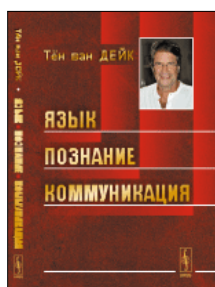
### Сведения об авторе



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

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

## Рекомендуемые издания 2014 года по тематике журнала



### **Тён ван Дейк. Язык. Познание. Коммуникация.**

Пер. с англ. Изд.2. - М.: ЛИБРОКОМ, 2015. - 320 с.

В книгу включены труды известного европейского учёного Т.А. ван Дейка - одного из основателей лингвистики текста. Данные работы посвящены лингвистической прагматике, пониманию и порождению текста, функционированию языка в системах массовой информации. Автор детально рассматривает воздействие социокультурных факторов на механизм употребления языка. Исследование коммуникации проводится с точки зрения социальной психологии на основе большого эмпирического материала. Книга представляет интерес для лингвистов, психологов, социологов, этнологов и других специалистов, занимающихся проблемами функционирования языка в сфере массовой коммуникации, а также для широкого круга читателей.



### **Васильев В.В. Сознание и вещи:**

#### **очерк феноменалистической онтологии.**

- М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. - 340 с.

Сознание остается одной из главных загадок для философии и экспериментальной науки. Признавая успехи экспериментальных исследований сознания, автор проводит свои изыскания в концептуальном ключе, пытаясь прояснить структуру и соотношение базовых убеждений о мире и о самих себе. Все мы верим в то, что прошлый опыт можно использовать для прогнозов на будущее, что в мире не бывает беспричинных событий и что физические объекты независимы от нашего сознания. Установив соотношение этих убеждений, мы сможем уточнить онтологический статус сознания и понять отношение между ментальным и физическим.



### **Гартман Э. Сущность мирового процесса, или философия бессознательного. Метафизика бессознательного.**

Пер. с нем. Изд. стереотип. - М.: КРАСАНД, 2014. - 440 с.

Вниманию читателей предлагается классический труд выдающегося немецкого философа Э. Гартмана (1842-1906), принесший ему мировое признание. Книга посвящена проблеме бессознательного, которое, по мнению автора, выступает как неотъемлемый элемент человеческой психики, источник жизни и ее движущая сила. Автор отталкивается от эмпирических фактов и выводит из них свою основную гипотезу, от которой через ряд выводов и соображений приходит к метафизической сущности и ко всем главным положениям своего мировоззрения. Книга предназначена философам, психологам, историкам науки, всем заинтересованным читателям.



### **Хакен Г. Информация и самоорганизация: макроскопический подход к сложным системам.**

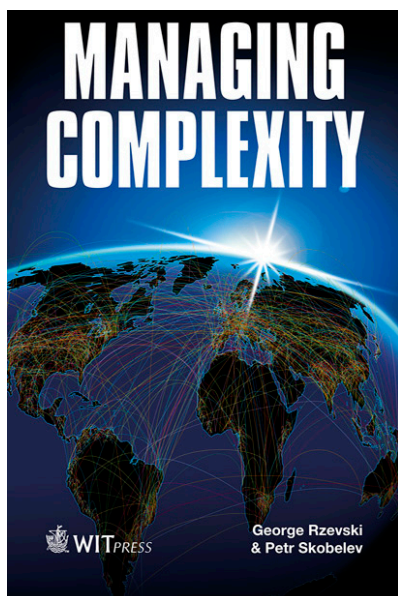
Пер. с англ. Изд.3, испр. и знач. доп. - М.: УРСС: ЛЕНАРД, 2014. - 320 с.

В книге немецкого физика-теоретика, одного из основоположников синергетики Германа Хакена, развит оригинальный подход к описанию сложных макроскопических систем. Исследована взаимосвязь информации и самоорганизации на основе принципа максимума информационной энтропии в применении к широкому кругу неравновесных процессов. На качественно новом уровне рассмотрен синергетический подход к проблеме распознавания образов, а также сформулированы принципы синергетического компьютера. В новом издании рассматривается взаимосвязь между шенноновской информацией и семантической информацией. Добавлены новые главы, посвященные фундаментальным вопросам, связанным с квантовой информацией и квантовыми вычислениями.



### **Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология: словарь системы основных понятий.** Изд. стереотип. - М.: УРСС, 2015. - 208 с.

Настоящий словарь, написанный академиком РАО А.М.Новиковым и членом-корреспондентом РАН Д.А.Новиковым, содержит около 300 статей, раскрывающих содержание основных понятий методологии. Системность совокупности приводимых понятий обеспечивается покрытием предметной области, полнотой и непротиворечивостью связей между ними. Работа предназначена для научных и практических работников, а также студентов, аспирантов и докторантов; в первую очередь - для преподавателей вузов и институтов повышения квалификации для использования при подготовке курсов лекций по теории систем, системному анализу, методологии научных исследований, инновационной деятельности, проектированию систем, управлению проектами и т.д.



## Managing Complexity

**G. Rzevski**, The Open University, UK and

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

### Book Description

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

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

The thesis of the book is that complexity of the environment in which we work and live offers new opportunities and that the best strategy for surviving and prospering under conditions of complexity is to develop adaptability to perpetually changing conditions. An effective method for designing adaptability into business processes using multi-agent technology is presented and illustrated by several extensive examples, including adaptive, real-time scheduling of taxis, sea-going tankers,

road transport, supply chains, railway trains, production processes and swarms of small space satellites. Additional case studies include adaptive servicing of the International Space Station; adaptive processing of design changes of large structures such as wings of the largest airliner in the world; dynamic data mining, knowledge discovery and distributed semantic processing.

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

<http://amzn.com/1845649362>

### Contents

#### **PART 1 Fundamentals**

##### **1 What is complexity?**

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

##### **2 A method for managing complexity**

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

##### **3 Multi-agent technology**

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

##### **4 Emergent intelligence**

- Fundamentals
- Evidence of Intelligent Behaviour
- Thermodynamics of the Virtual World

#### **PART 2 Commercial applications**

##### **5 Adaptive scheduling of seagoing tankers**

- The Problem
- The Solution
- Results

##### **6 Adaptive scheduling of taxis**

##### **7 Adaptive scheduling of car rentals**

##### **8 Adaptive scheduling of road transport**

##### **9 Adaptive data mining**

##### **10 Adaptive semantic processing**

##### **11 Adaptive detection of clashes caused by design changes**

##### **12 Adaptive scheduling of supply networks**

##### **13 Adaptive scheduling of services for the international space station**

##### **14 Adaptive scheduling of a fleet of satellites**

##### **15 Adaptive scheduling of high-speed railways**

##### **16 Adaptive scheduling of manufacturing**

##### **17 Adaptive management of service teams**

##### **18 Adaptive project management**

#### **PART 3 A roadmap into the future**

##### **19 A vision and ideas**

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

### **References**



Индекс 29151

## Подписка на журнал 2015

Продолжается подписка на номера журнала

«Онтология проектирования» 2014 и 2015 гг.

Стоимость подписки на год через редакцию журнала 2000 руб.

Подробности на сайте журнала.

Для подписчиков журнала, оформивших подписку на 2014 и 2015 годы, **бонус** от редакции журнала в виде книги, рекомендованной к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет) (СГАУ)» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки магистров (Авиационное).



Книга может быть полезна аспирантам, научным сотрудникам, инженерам и всем тем, кого интересует суть процесса проектирования.

Пособие по одноименной дисциплине «Онтология проектирования» подготовлено на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ. В нём излагаются теоретические основы новой учебно-научной дисциплины: истоки онтологии, терминологические соглашения, принципы проектирования, психология проектирования, онтология как спецификация концептуализации, языки описания и инструменты проектирования онтологий. На основе системного подхода, достижений информационных технологий и современной философии обосновывается целесообразность дальнейшего развития онтологического анализа начального этапа жизненного цикла сложных систем – этапа проектирования.

Второе издание пособия (1-е вышло в 2010 году) переработано и дополнено. В него вошли материалы, опубликованные автором в период 2010-2014 г.г. в научных журналах и трудах международных научных конференций.

*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