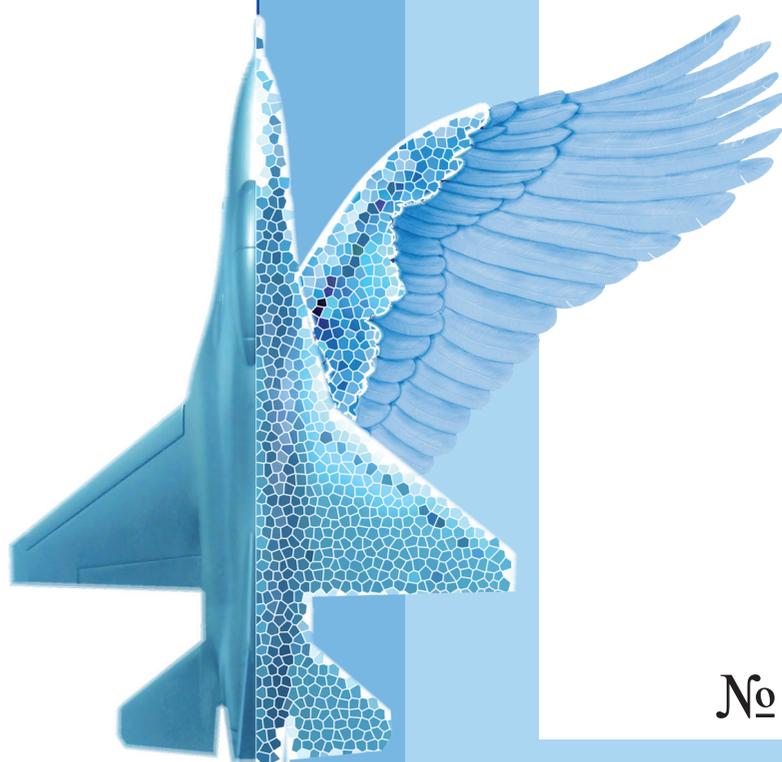


ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



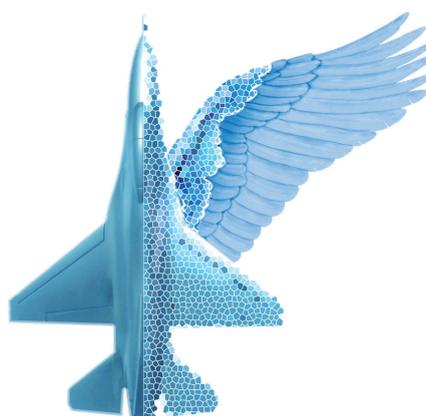
Том 9
№ 3(33)/2019

ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

Том 9

№ 3(33)



EDITORIAL BOARD – РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Anatoly I. Belousov	Белоусов Анатолий Иванович, д.т.н., профессор, Самарский университет, Самара
Nikolay M. Borgest	Боргест Николай Михайлович*, к.т.н., профессор, Самарский университет, член ИАОА, Самара
Stanislav N. Vasiliev	Васильев Станислав Николаевич*, д.ф.-м.н., профессор, академик РАН, ИПУ РАН, Москва
Vladimir G. Gainutdinov	Гайнутдинов Владимир Григорьевич, д.т.н., профессор, КНИТУ-КАИ, Казань
Vladimir V. Golenkov	Голенков Владимир Васильевич*, д.т.н., профессор, БГУИР, Минск
Vladimir I. Gorodetsky	Городецкий Владимир Иванович*, д.т.н., профессор, ООО «ИнфоВингс», Санкт-Петербург
Valeriya V. Gribova	Грибова Валерия Викторовна*, д.т.н., с.н.с., ИАПУ ДВО РАН, Владивосток
Yury A. Zagorulko	Загорюлько Юрий Алексеевич*, к.т.н., с.н.с., ИСИ СО РАН, Новосибирск
Anton V. Ivashchenko	Иващенко Антон Владимирович, д.т.н., профессор, СамГТУ, Самара
Valery A. Komarov	Комаров Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, Самарский университет, Самара
Vladik Kreinovich	Крейнович Владик, профессор, Техасский университет Эль Пасо, Эль Пасо
Victor M. Kureichik	Курейчик Виктор Михайлович*, д.т.н., профессор, Южный федеральный университет, Таганрог
Dmitry V. Lande	Ландэ Дмитрий Владимирович*, д.т.н., с.н.с., ИПРИ НАН Украины, Киев
Lyudmila V. Massel	Массель Людмила Васильевна*, д.т.н., профессор, ИСЭМ СО РАН, Иркутск
Aleksandr Yu. Nesterov	Нестеров Александр Юрьевич, д.филос.н., профессор, Самарский университет, Самара
Dmitry A. Novikov	Новиков Дмитрий Александрович, д.т.н., проф., член-корреспондент РАН, ИПУ РАН, Москва
Alexander V. Palagin	Палагин Александр Васильевич, д.т.н., проф., академик НАН Украины, Ин-т кибернетики, Киев
Semyon A. Piyavsky	Пиавский Семён Авраамович, д.т.н., профессор, Московский город.педагог.университет, Самара
Yury M. Reznik	Резник Юрий Михайлович, д.филос.н., профессор, Институт философии РАН, Москва
George Rzevski	Ржевский Георгий, профессор, Открытый университет, Лондон
Roman O. Samsonov	Самсонов Роман Олегович, д.т.н., Самарский университет, Самара
Peter O. Skobelev	Скобелев Петр Олегович, д.т.н., НПК «Разумные решения», Самара
Sergey V. Smirnov	Смирнов Сергей Викторович*, д.т.н., СамНЦ РАН, член ИАОА, Самара
Peter I. Sosnin	Соснин Петр Иванович*, д.т.н., профессор, УлГТУ, Ульяновск
Dzhavdet S. Suleymanov	Сулейманов Джавдет Шекетович*, д.т.н., профессор, академик АН РТ, Казань
Boris E. Fedunov	Федунов Борис Евгеньевич*, д.т.н., профессор, ГосНИИ авиационных систем, Москва
Altynbek Sharipbay	Шарипбай Алтынбек*, д.т.н., профессор, Институт искусственного интеллекта, Нур-Султан
Boris Ya. Shvedin	Шведин Борис Яковлевич, к.психол.н., ООО «Дан Роуз», член ИАОА, Ростов-на-Дону

* - члены Российской ассоциации искусственного интеллекта - http://www.raai.org/about/about.shtml?raai_list

Executive Editorial Board - Исполнительная редакция

Lead Editor	Samsonov R.O.	Шеф-редактор	Самсонов Р.О.	Первый проректор Самарского университета
Chief Editor	Skobelev P.O.	Главный редактор	Скобелев П.О.	директор НПК «Разумные решения»
Deputy Chief Editor	Smirnov S.V.	Зам. главного редактора	Смирнов С.В.	зам. директора СамНЦ РАН по науке
Executive Editor	Borgest N.M.	Выпускающий редактор	Боргест Н.М.	директор издательства «Новая техника»
Editor	Kozlov D.M.	Редактор	Козлов Д.М.	доцент Самарского университета
Technical Editor	Borgest D.N.	Технический редактор	Боргест Д.Н.	специалист Самарского университета

CONTACTS FOUNDERS – КОНТАКТЫ УЧРЕДИТЕЛЕЙ

ФИЦ Самарский научный центр РАН

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

Смирнов С.В.
smirnov@iccs.ru

Самарский университет

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

Боргест Н.М.
borgest@yandex.ru

ООО «Новая техника» (издательство)

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

The journal has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing, the world's leading aggregator of full text journals, magazines and eBooks. The full text of JOURNAL can be found in the EBSCOhost™ databases.



Журнал размещен в коллекции «Издания по естественным наукам» на платформе EastView.

The journal has been successfully evaluated in the evaluation procedure for the ICI Journals Master List 2014-2017 and journal received the ICV (Index Copernicus Value) of 67.46 points (2014), 67.64 (2015), 77.98 (2016), 87.78. (2017).

Журнал включён в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней кандидата и доктора наук (Письмо Департамента аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки РФ от 01.12.2015 № 13-6518) по научным специальностям 05.13.01, 05.13.17, 05.13.18 и 05.07.02, 05.07.05.

Журнал включён в РИНЦ. Пятилетний импакт-фактор РИНЦ 0,968 (2013), 0,895 (2014), 1,305 (2015), 1,055 (2016), 0,957 (2017), 1,137 (2018).

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ № ФС 77-70157 от 16.06.2017 г. (ранее выданное свидетельство ПИ № ФС 77-46447 от 07.09.2011 г.)

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

© Все права принадлежат авторам публикуемых статей
© ООО «Новая техника» - «New Engineering» Ltd., 2011-2019
© Самарский университет - Samara University, 2015-2019
© СамНЦ РАН - ICCS RAS, 2015-2019



Отпечатано в ООО «Новая техника», г. Самара, пр.К.Маркса, 24-76.
Дата выхода 27.09.2019. Тираж 300 экз. Свободная цена. (6+).

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ У НАУКИ ЖЕНСКОЕ ЛИЦО	305-306
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	
Г.Б. Евгеньев ЭКСПЕРТОПЕДИЯ КАК СРЕДСТВО СОЗДАНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНТЕРНЕТА ЗНАНИЙ	307-320
ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
Т.В. Гаибова, Т.В. Павлович ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА	321-332
В.А. Котельников, Д.Р. Богданова, Н.И. Юсупова ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ РЕПОЗИТОРИЙ УСЛУГ СИСТЕМЫ МОМЕНТАЛЬНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ	333-344
ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ	
Н.А. Жукова ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРАНСФОРМАЦИИ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	345-360
В.Е. Гвоздев, Р.А. Мунасыпов, О.Я. Бежаева, Д.Р. Ахметова ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ МНОГОСВЯЗНОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ И ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК	361-368
МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	
И.П. Болодурина, С.Т. Дусакаева МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЗАКАЗЕ ВОСТРЕБОВАННОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ КОМПЛЕКТОВАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	369-381
Н.О. Никулина, А.И. Малахова, И.Ф. Иванова ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ РИСКОВ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА	382-397
НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ	398-400

CONTENT

FROM THE EDITORS FEMALE FACE OF SCIENCE	305-306
GENERAL ISSUES OF FORMALIZATION IN THE DESIGNING: ONTOLOGICAL ASPECTS	
G.B. Evgenev EXPERTPEDIA AS A MEANS OF CREATION ONTOLOGICAL INTERNET OF KNOWLEDGE	307-320
APPLIED ONTOLOGY OF DESIGNING	
T.V. Gaibova, T.V. Pavlovich DEVELOPING DESIGN ALTERNATIVES BASED ON ONTOLOGICAL APPROACH	321-332
V.A. Kotelnikov, D.R. Bogdanova, N.I. Yusupova ONTOLOGICAL SERVICE REPOSITORY OF INSTANT PAYMENTS SYSTEM	333-344
ONTOLOGY ENGINEERING	
N.A. Zhukova ONTOLOGY MODELS FOR TRANSFORMATION OF DATA ABOUT THE STATE OF TECHNICAL OBJECTS	345-360
V.E. Gvozdev, R.A. Munasypov, O.Y. Bezhayeva D.R. Akhmetova CONSTRUCTION OF A MODEL OF A MULTI-CONNECTED OBJECT BASED ON JOINT USE OF DATA AND EXPERT EVALUATIONS	361-368
METHODS AND TECHNOLOGIES OF DECISION MAKING	
I.P. Bolodurina, S.T. Dusakaeva MODELS AND METHODS OF DECISION-MAKING WHEN ORDERING POPULAR EDUCATIONAL LITERATURE IN THE PROCESS OF ACQUISITION OF LIBRARY FUND	369-381
N.O. Nikulina, A.I. Malakhova, I.F. Ivanova DECISION-MAKING INTELLIGENT SUPPORT IN THE RISK ANALYSIS OF INNOVATIVE PROJECT	382-397
SCIENTIFIC CONFERENCES	398-400



У НАУКИ ЖЕНСКОЕ ЛИЦО FEMALE FACE OF SCIENCE

ОТ РЕДАКЦИИ

Красота спасёт мир

Ф.М. Достоевский

*О сколько нам открытий чудных
Готовят просвещенья дух
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, Бог изобретатель...*

А.С. Пушкин

Дорогой наш читатель, уважаемые авторы и члены редакционной коллегии!

Гениальные строки великих художников русской словесности как нельзя точно отражают очередное, уже 33-е, послание от редакции. «Случай, Бог изобретатель...» собрал в этом номере статьи, в которых впервые большинство авторов составили представители прекрасного пола. У науки, и онтологии в частности, в русском языке не только женский род, но женское приятное лицо. В последнем легко убедиться, дочитав статьи в этом номере, и увидев красивые лица на фотографиях авторов.

В наше время, насыщенное информацией и технологиями, мир очень близко подошёл к границе устойчивого своего развития и уже балансирует на ней. Поэтому посыл Ф.М. Достоевского, сделанного устами героев романа «Идиот», как нельзя актуален. Красота в его романе и в нашем понимании важна и значима не только и не столько внешняя, но в основном внутренняя, которая и есть гармония с внешним миром. Для общества, для семьи - женщины, как хранительницы и украшение очага, - способны на наш взгляд повлиять на выбор *оптимального* пути развития общества, нашей цивилизации - как путь сбережения, путь консенсуса.

Значение термина оптимум (лат. *optimus* - наилучший) связано, вероятнее всего, с именем богини древнеиталийского племени сабинов - Опа или Опс (*Ops*), которая считалась в римской мифологии богиней плодородия и урожая и была матерью Юпитера. В римском культе Юпитер – *Optimus Maximus*, Наилучший и Величайший.

В настоящее время богиня Опа, по мнению многих специалистов, является покровительницей науки оптимального проектирования. Так, профессор Стэнфордского университета Д. Уайлд в своей известной монографии¹ писал: «... пусть щедрая и великодушная богиня Опа одаряет благами, временем и силой тех, кто занимается оптимальным проектированием!» Он также отметил, что имя этой богини слышится не только в латинском слове «изобилие», но и в словах «опус» и «опера», обозначающие продукт труда, а также в слове «операция», означающем процесс создания продуктов труда. Дисциплина «исследование опера-



Богиня плодородия Опа

¹ Уайлд Д. Оптимальное проектирование: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 272 с.
Douglass J. Wilde. Global optimal design. A Wiley-Interscience Publication: NY, 1978.

ций», близкая по назначению к оптимальному проектированию, также имеет в названии имя богини Опа. В продолжающихся по сей день исследованиях², посвящённых богине Опис, отмечается прямая и содержательная связь её имени с оптимизмом.

С оптимизмом и мы смотрим в будущее!



С 3 по 6 сентября в Самаре на площадке опорного университета «Самарский политех» состоялась очередная XXI Международная научная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (ПУМСС-2019)³, традиционно организуемая

ИПУСС РАН. Одно из направлений конференций - разработка моделей, методов и средств искусственного интеллекта для автоматизации процессов приобретения и компьютерного представления знаний, выработки и принятия решений при управлении предприятиями, что формирует парадигму INDUSTRY 5.0. Специальной темой этого направления работы XXI конференции была адаптивность и эффективность предприятий в условиях неопределённости, турбулентной динамики и ограничений ресурсов.



16-17 сентября в Тольятти и Самаре прошла Первая инжиниринговая конференция в Самарской области «Инжиниринг. Новые инструменты экономического роста»⁴, организаторами которой стали Правительство Самарской области и Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Цель прошедшей конференции на полях Технопарка «Жигулевская долина»

и ведущих университетов Самарской области - объединение ведущих инжиниринговых компаний и ключевых предприятий – потребителей инжиниринговых услуг, демонстрация потенциала и компетенций ведущих университетов и компаний региона, обмен информацией и опытом, обсуждение перспектив Научно-образовательного центра (НОЦ) Самарской области⁵.

Уважаемый читатель!

Стать автором нашего журнала - очень просто тем, у кого есть *новые результаты* в области формализации знаний на основе онтологического моделирования предметных областей и процессов в них!

Возрастные, статусные, географические, гендерные и какие-либо ещё различия авторов не влияют на решение редколлегии и редакции о публикации интересных для наших читателей материалов.

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

² *Miano, D.* The Goddess Ops in Archaic Rome. Bulletin of the Institute of Classical Studies, 2015; 58(1): 98-127. ISSN 0076-0730 - <https://doi.org/10.1111/j.2041-5370.2015.12005.x>.

³ ПУМСС-2019. - <http://cscmp.ru/ru/index.html>. (Фото предоставлено объединённой редакцией "Технополис Поволжья")

⁴ <http://www.technet-63.ru/>. (Фото Круглого стола «Стратегия развития НОЦ Самарской области» с сайта конференции)

⁵ Подробнее о НОЦ и конференции см. раздел «Научные конференции» в этом номере журнала.

УДК 621

ЭКСПЕРТОПЕДИЯ КАК СРЕДСТВО СОЗДАНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНТЕРНЕТА ЗНАНИЙ

Г.Б. Евгениев

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия
g.evgeniev@mail.ru

Аннотация

Предложена методология создания семантических вики-систем для представления знаний с использованием технологий искусственного интеллекта. Методология основана на многоагентных методах создания баз знаний и пригодна для разработки систем проектирования и управления для цифровых интеллектуальных производств. При формировании внешнего представления баз знаний могут использоваться национальные языки. Проанализированы схемы ввода знаний в компьютер. На основе технологии экспертного программирования для создания баз знаний предложена семантическая вики-система, которая может быть названа «Экспертопедией». Возможность замены словаря базы знаний позволяет обеспечить выполнение концептуального требования вики-систем: использование любых языков. В базе знаний имеются возможности добавления модулей, выбора модуля-аналога, трансляции модуля знаний на один из языков программирования, тестирования полученного результата, а также определения входимости модуля в базы знаний и удаления выбранного модуля. Эти действия могут выполняться любым носителем знаний, что позволяет реализовать вторую концептуальную основу вики-систем: обеспечение возможности независимого пополнения и корректирования содержания системы. Разработана метаонтология Экспертопедии. Подробно рассмотрены методы создания многоагентных баз знаний для проектирования и управления в машиностроении. Приведена архитектура агента САПР. Даны примеры применения многоагентных систем для создания интеллектуальных систем полуавтоматического проектирования изделий машиностроения. Описана технология экспертного программирования.

Ключевые слова: экспертное программирование, цифровые производства, Интернет знаний, Интернет вещей, интеллектуальные системы.

Цитирование: Евгениев, Г.Б. Экспертопедия как средство создания онтологического Интернета знаний / Г.Б. Евгениев // Онтология проектирования. – 2019. – Т.9, №3(33). – С.307-320. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-307-320.

Введение

В настоящее время в мире происходит четвёртая промышленная революция (4ПР) [1, 2]. Суть новой революции заключается в том, что материальный мир соединяется с виртуальным, в результате чего рождаются новые социо-киберфизические системы, объединённые в одну цифровую экосистему. Фундаментом 4ПР является Интернет вещей (ИнВ). ИнВ — концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаяющее из части действий и операций необходимость участия человека [3, 4]. 4ПР охватывает автоматизацию всех процессов, включая цифровое проектирование изделия, создание его виртуальной копии, совместную работу инженеров-конструкторов и технологов в едином цифровом пространстве, то есть, когда изделия ещё не являются вещами, а существуют в виртуальном мире в виде информационных моделей.

Рассматриваются в совокупности два мира: мир виртуальный, реализуемый Интернетом знаний (ИнЗ), и мир реальный, реализуемый ИнВ [5]. ИнЗ целесообразно строить на онтологической методологии [6]. Метаонтология ИнЗ включает предметную онтологию, онтологию задач и онтологию оптимизации. Предметная онтология состоит из иерархии понятий, их определений и атрибутов, а также связанных с ними аксиом и правил вывода. Онтология задач включает задачи структурного и параметрического синтеза моделей изделий и процессов. С её помощью обеспечивается генерация цифровых моделей процессов и производства. Онтология оптимизации включает компоненты однокритериальной и многокритериальной оптимизации.

До цифровой революции носителями знаний были письменные источники. В результате цифровой революции носителями знаний стали программные средства, которые изначально строились на алгоритмической основе [6]. Непрограммирующийся носитель знаний не мог вводить их в компьютер. Необходимы были посредники: разработчик (алгоритмист) и программист (рисунок 1а). В начале развития искусственного интеллекта (ИИ) были созданы достаточно сложные языки описания знаний [7, 8]. В результате схема процесса ввода знаний в компьютер не изменилась [9] (рисунок 1б). Опять нужны были посредники в виде инженеров по знаниям и программистов. При этом между участниками процесса, как правило, имел место семантический разрыв. Каждый из посредников представлял знания, вводя свои соображения. В результате знания не в полной мере отражали знания их носителя. Цифровая революция должна кардинальным образом изменить эту схему и дать возможность непрограммирующему носителю знаний вводить их в компьютер без посредников (рисунок 1в). Это стало возможным, используя методологию *экспертного программирования* [10]. В этой методологии знания описываются на языке *деловой прозы*, максимально приближенном к литературному языку, но формализованном настолько, что имеется возможность автоматической генерации программных средств, соответствующих исходным текстам.

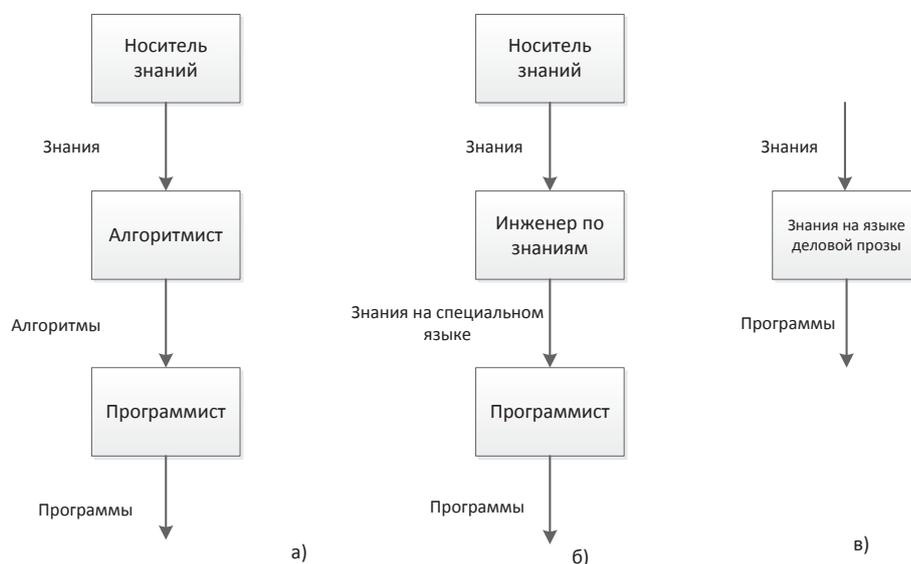


Рисунок 1 - Схемы ввода знаний: а) процедурное программирование, б) традиционные интеллектуальные системы, в) системы использования языка деловой прозы

1 Википедия и Экспертопедия

Наиболее распространённой компьютерной энциклопедией в настоящее время является «Википедия» — общедоступная многоязычная универсальная Интернет-энциклопедия со

свободным контентом [11]. Концептуальными принципами её являются многоязычность и возможность пользователей пополнять и корректировать содержание. Создаваемые на этой основе традиционные вики-системы имеют ряд недостатков, к числу которых, в частности, относится недостаточная согласованность содержимого. В вики-системах из-за частого дублирования данных одна и та же информация может содержаться на нескольких разных страницах. При изменении этой информации на одной вики-странице пользователи должны следить за тем, чтобы данные были обновлены также и на всех остальных страницах.

Другой недостаток — сложность доступа к знаниям, имеющимся в вики-системах. Большие вики-сайты содержат тысячи страниц. Выполнение сложных поисковых запросов и сравнение информации, полученной с разных страниц в традиционных вики-системах, является трудоёмкой задачей. Традиционные вики используют плоские системы классификации (тэги), либо классификаторы, организованные в таксономию. Невозможность использования типизированных свойств порождает огромное количество тэгов или категорий.

В этой связи появились семантические вики — веб-приложения, использующие машинообрабатываемые данные со строго определённой семантикой [12]. Обычные вики-системы заполняются структурированным текстом и нетипизированными гиперссылками. Семантические вики-системы позволяют указывать тип ссылок между статьями, тип данных внутри статей, а также информацию о страницах (метаданные). Разновидность таких систем, основанных на технологии экспертного программирования для создания баз знаний (БЗ), может быть названа «Эксперттопедией» (рисунок 2).

Семантика Эксперттопедии определяется метаонтологией. Коренным метаобъектом в этом случае является БЗ, которая имеет свое наименование, имя-идентификатор и версию. Методы, подключенные к БЗ, позволяют производить сортировку и поиск модулей знаний (МЗ), из которых она состоит. Подмножество МЗ, объединённое в семантическую сеть, является модулем, который можно экспортировать в другие БЗ, а также импортировать и производить слияние в единую семантическую сеть. В вики-системе БЗ представляет собой страницу. При этом БЗ может рассматриваться как модуль в составе другой БЗ, которая в этом случае состоит из набора страниц [5]. Возможность замены словаря БЗ позволяет обеспечить выполнение концептуального требования вики-систем: использования любых языков мира.

Функциями модуля по преобразованию данных могут быть формулы, таблицы, работа с базами данных (БД), генерации 3D моделей объектов, математические модели.

Разновидностью математических знаний, необходимых для выполнения расчётов, являются модели непрерывных систем, основанные на дифференциально-алгебраических системах уравнений. Для реализации этих возможностей необходимо иметь средство, обеспечивающее: поддержку технологии объектно-ориентированного моделирования, совместимую с языком UML; удобное и адек-

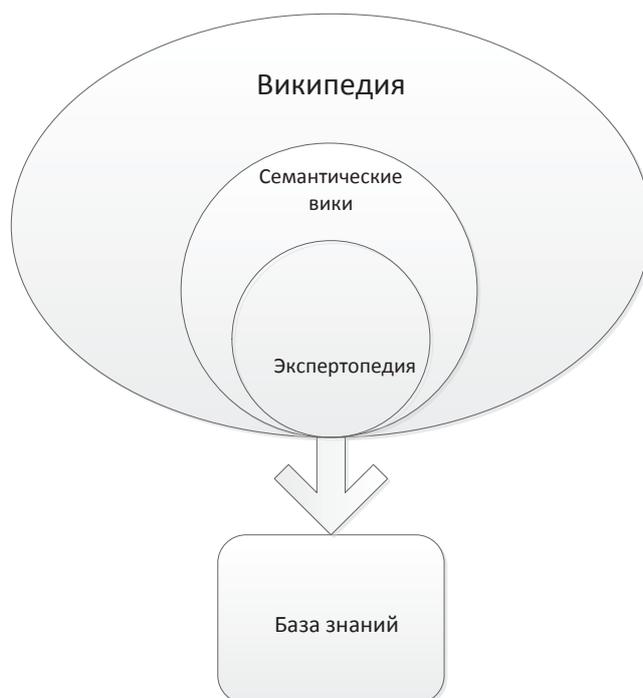


Рисунок 2 - Википедия и Эксперттопедия

ватное описание модели на общепринятом математическом языке без написания какого-либо программного кода; автоматическое построение компьютерной модели, соответствующей заданной математической, с возможностью её автономного использования. В наибольшей мере этим требованиям отвечает пакет Model Vision Studium (MVS) [13]. Основным элементом MVS является активный динамический объект, который обеспечивает моделирование не только непрерывного поведения, но также дискретного или гибридного.

Семантические вики-системы позволяют указывать тип ссылок между статьями, тип данных внутри статей, а также информацию о страницах (метаданные). В Экспертопедии статьями являются БЗ, которые могут входить одна в другую в форме МЗ.

2 Многоагентные методы создания баз знаний проектирования

Многоагентные методы широко применяются в различных областях человеческих знаний [14, 15]. Основными концепциями дальнейшего развития систем автоматизации проектирования в машиностроении являются *интеграция, интеллектуализация и индивидуализация* [16]. Интеграция позволит ликвидировать перекодировку информации при переходе от одной фазы жизненного цикла изделия к другой. В итоге будут сформированы все данные, необходимые для систем планирования и управления производством. Интеллектуализация приведёт к сокращению трудоёмкости за счёт повышения уровня автоматизации, преобразования этих систем из пассивного инструмента в руках инженера в активного партнера, обеспечивающего автоматическое принятие решений и генерацию там, где это возможно, проектов изделий в целом или их узлов. Индивидуализация направлена на преобразование систем автоматизации из обезличенного программного продукта в персональное программное средство, наполненное индивидуальными знаниями экспертов без помощи программистов.

Многоагентная система (МАС) может быть представлена $MAC = \{Ind, Prp, Atr, Inp, Out, Str\}$. Здесь *Ind* — наименование системы; *Prp* — цели системы; *Atr* — общесистемные характеристики; *Inp* — вход системы; *Out* — выход системы; *Str* — структура системы. $Str = \{E, R\}$, где *E* — компоненты системы, а *R* — связи компонентов.

При использовании МАС для автоматизации проектирования (МАСАПР) наименование системы обычно содержит краткую характеристику её назначения, например «Система проектирования цилиндрических редукторов». Основные цели МАСАПР состоят в сокращении трудоёмкости, сроков и себестоимости проектирования, а также повышении его качества. Сокращение трудоёмкости, стоимости сопровождения и развития МАС осуществляется за счёт использования автоматической генерации программных средств, а также модульности, открытости и простоты модернизации систем проектирования.

Входная информация вводится в систему пользователем в начале проектирования, а выходная представляет собой проект, сформированный во внешней среде в результате работы МАС. Для структурного моделирования МАС могут быть использованы диаграммы классов UML. Классическая модель агента включает: процессор, в котором содержатся методы агента; память, содержащую значения свойств, которые делятся на рецепторы (импортируемые свойства) и эффекторы — свойства, экспортируемые во внутреннюю среду агента; внешние среды, представляющие реляционные БД [16]. Агент представляет собой *объект-функцию*, для представления модели которого может быть использована модифицированная нотация класса UML. Процессор агента соответствует операциям класса, память агента — значениям атрибутов класса. Предложено помечать импортируемые (входные) свойства знаком $>$, а экспортируемые (выходные) — знаком $<$.

При создании интеллектуальных систем первой фазой проектирования является формирование номенклатуры и оргструктуры агентов. Номенклатуру агентов задают в словаре си-

стемы. Формирование оргструктуры агентов осуществляется в форме построения диаграммы классов UML. Применительно к созданию программных средств для машиностроения диаграммы классов эквивалентны конструкторским сборочным чертежам.

На рисунке 3 представлена диаграмма классов приводов. В эту диаграмму входит класс объектов «Редуктор», обладающий следующими входными свойствами: вращающий момент и частота вращения выходного вала редуктора. В число выходных свойств входят: вид редуктора, количество ступеней, расположение осей валов (которое для цилиндрических редукторов может принимать два значения: параллельное или соосное), время работы и вид нагружения.

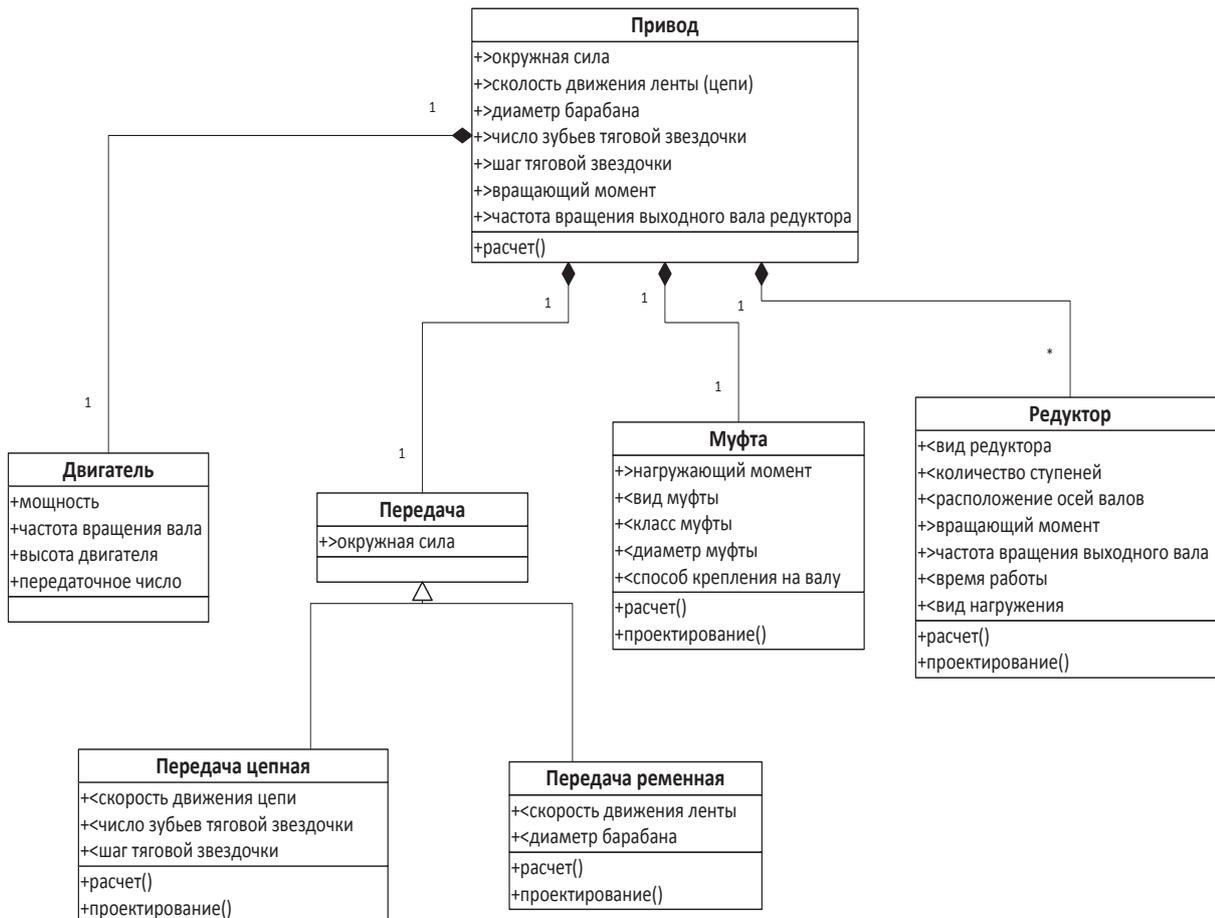


Рисунок 3 - Диаграмма классов объектов привода

Концептуально искусственный агент представляет собой объект-функцию. Модель функционального блока, связанного с агентом, определена стандартом IDEF0 (рисунок 4).

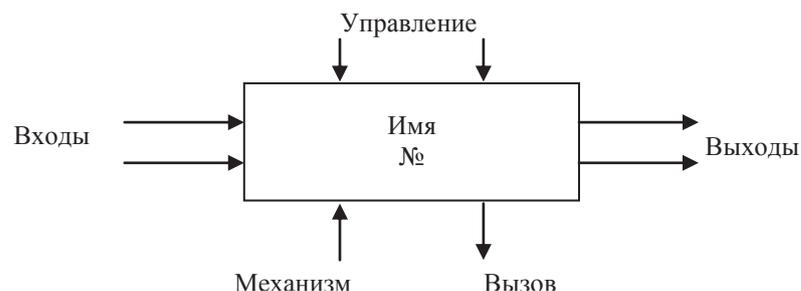


Рисунок 4 - Функциональный блок IDEF0

Важной частью объектного подхода является то, что объектно-ориентированное программирование использует в качестве основных логических конструктивных элементов объекты, а не алгоритмы. Именно на это направлена многоагентная методология.

Модифицированная диаграмма классов для MAC содержит все компоненты функционального блока IDEF0.

На рисунке 5 приведена общая структура MAC проектирования. Она имеет три уровня: внешний, концептуальный и внутренний. На внешнем уровне отображаются внешние модели или группы описаний. Внутренний уровень содержит вычислительные программы, сгенерированные автоматически, исходя из информации внешнего уровня, а также протоколы решения задач в базах знаний.

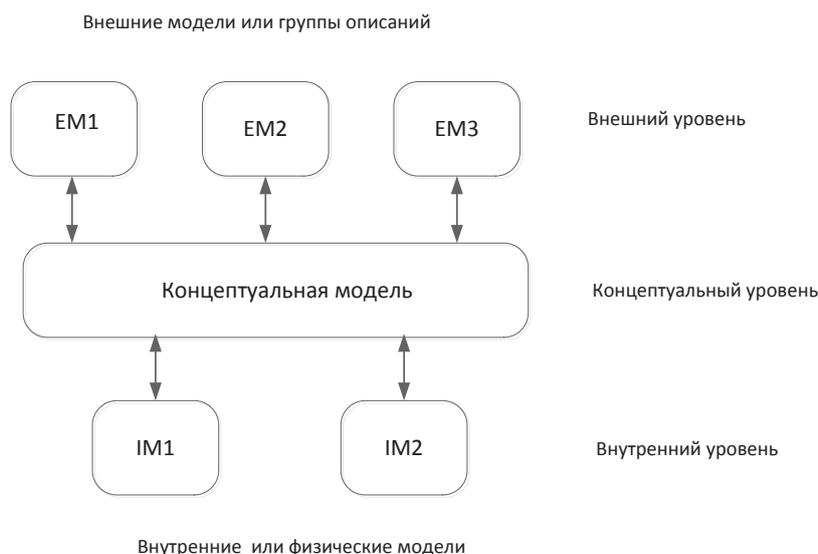


Рисунок 5 - Общая структура MAC проектирования

3 Технология экспертного программирования

При объектно-ориентированном подходе к проектированию программных систем есть две относительно самостоятельных и вместе с тем тесно взаимосвязанных стороны моделирования: статическая и динамическая. Статическое моделирование определяет структуру классов и объектов, а динамическое – их поведение. При разработке интеллектуальных систем проектирования с использованием модифицированного UML для статического моделирования используются диаграммы классов и объектов. Однако UML не располагает объектно-ориентированными средствами динамического моделирования, необходимыми для построения интеллектуальных систем.

Повышение производительности программирования может быть достигнуто на основе использования перспективных технологий, таких как *объектно-ориентированное программирование* (ООПр). Расширение числа специалистов, способных разрабатывать программные средства, может быть достигнуто за счёт привлечения носителей знаний в прикладных областях, не владеющих программированием. Эта задача относится к компетенции другой области информатики – ИИ. В основу технологии ИИ заложено использование декларативных, то есть непроцедурных, не алгоритмических методов представления знаний. В этой связи ООПр представляет собой шаг в направлении сближения технологий программирования и ИИ. Экспертное программирование обеспечивает интеграцию лучших качеств обеих технологий.

В развитии процедурного программирования важнейшими этапами было создание технологий *структурного* и *модульного программирования*. Некоторые фундаментальные положения этих технологий используются в экспертном программировании.

В *структурном программировании* фундаментальной является теорема о структурировании, в которой доказано, что любая простая программа функционально эквивалентна структурной программе, составленной из элементов базисного множества (последовательность, если-то-иначе, делай-пока). Это означает, что любая программа, представляющая собой один функциональный узел, может быть составлена из структур трёх базовых типов.

Полезной в практическом плане рекомендацией структурного программирования является целесообразность декомпозиции сложных систем на части, содержащие не более 40...50 компонент. Эта рекомендация учитывается в экспертном программировании при определении максимального количества МЗ, входящих в один метод.

Следующим принципиально важным шагом в развитии технологии был переход к ООПр. Этот шаг позволяет разрабатывать эффективные программные средства за счёт лучших механизмов разделения данных, увеличения повторяемости кодов, использования стандартизованных интерфейсов пользователя и т.д.

Помимо графического представления системы в виде диаграммы классов агентов (рисунок 3) целесообразно иметь эквивалентное ему текстовое. Ниже приведено текстовое представление модуля расчёта передаточного числа для редуктора. Такое представление автоматически генерируется документатором системы экспертного программирования.

Знания в такой форме могут быть представлены на любом языке народов мира, а результат транслирования такого модуля при использовании соответствующих трансляторов - в форме подпрограммы на различных языках программирования.

МЗ: «PR3» - Расчёт передаточного числа

Предусловия запуска

имя	наименование	тип	условие
VidSE	Вид CE	STRING	Редуктор
nt	Частота вращения на выходе, об/мин	REAL	(0,)

Входные свойства

имя	наименование	тип	значение
nh	Частота вращения на входе, об/мин	REAL	
nt	Частота вращения на выходе, об/мин	REAL	

Механизм - Формула

$Urz = nh/nt$

Выходные свойства

имя	наименование	тип	значение
Urz	Передаточное число	REAL	

Приведённый МЗ соответствует внешнему уровню общей структуры МАС проектирования (рисунок 5) и относится к классу модулей типа формул. Этот модуль предназначен для расчёта передаточного числа и соответствует фразе: «Если вид сборочной единицы – «редуктор» и частота на выходе более нуля, то на основе величин частот на входе и выходе можно подсчитать передаточное число по механизму-формуле».

С помощью МЗ типа формул можно формировать текстовые переменные. Константы заключаются в кавычки, например «Фрезеровать венец колеса m =». Числовые переменные преобразуются в текстовую форму с помощью функции Str(). Отдельные компоненты текста соединяются с помощью знака +. Если переменная m=1, а z=33, то модуль, приведённый ниже, сгенерирует текст: «Фрезеровать венец колеса m=1, z=33 окончательно».

М3: «FrSdPrC3» - Формирование содержания перехода окончательной обработки

Предусловия запуска

имя	наименование	тип	условие
ViZubKol\$	Вид зубчатого колеса	STRING	цилиндрическое, коническое
n	Число одновременно обрабатываемых деталей	INTEGER	1
HarObr\$	Характер обработки	STRING	Черновая
StToch	Степень точности	INTEGER	10, 9

Входные свойства

имя	наименование	тип	значение
m_	Модуль детали	REAL	
z_	Число зубьев	INTEGER	

Механизм - Формула

SodPer\$ = "Фрезеровать венец колеса m = "+Str(m_)+", z = "+Str(z_)+"окончательно"

Выходные свойства

имя	наименование	тип	условие
SodPer\$	Содержание перехода	STRING	

Функциональные зависимости в методиках часто имеют табличную форму представления. Для ввода таких зависимостей в базы знаний используются модули с механизмами в виде таблиц. Прилагаемая к модулю таблица может иметь головку и боковик, которые в общем случае могут быть многоуровневыми. На представленном ниже модуле шапка на верхнем уровне содержит значения символьной переменной «Замена приспособлений», а на нижнем — диапазоны «Модуль детали». Боковик также имеет два яруса: на первом уровне левого столбца – значения переменной «Характеристика наладки», а на втором — переменной «Вид подачи червячной модульной фрезы». На основе этих двух входов по таблице можно определить значения выходной переменной — «Норматив подготовительно-заключительного времени базовый, мин». Таблица может быть недоопределённой, т.е. содержать пустые клетки. При значениях входных переменных, соответствующих этим клеткам, модуль не даст решения. Это означает ошибку в формировании базы знаний.

М3: «NzTрzbCh» - Назначение Тпз базового для червячных колес

Предусловия запуска

имя	наименование	тип	условие
ViZubKol\$	Вид зубчатого колеса	STRING	червячное

Входные свойства

имя	наименование	тип	значение
ZamPris\$	Замена приспособлений	STRING	
VidPod\$	Вид подачи червячной модульной фрезы	STRING	
HarNal\$	Характеристика наладки	STRING	
m_	Модуль детали	REAL	

Механизм - Таблица

Конфигурация свойств в таблице

		ZamPris\$
		m_
HarNal\$	VidPod\$	tpzb

Таблица

		с заменой установочных приспособлений			без замены установочных приспособлений		
		(0,6]	(6,12]	(12,)	(0,6]	(6,12]	(12,)
без замены фрезерного суппорта	радиальная	29	38	47	17	23	27
	тангенциальная	31	40	50	19	24	30
с заменой фрезерного суппорта	радиальная	39	52	67	27	37	42
	тангенциальная	41	56	72	29	40	52

Выходные свойства

имя	наименование	тип	значение
tpzb	Норматив подготовительно-заключительного времени базовый, мин	REAL	

Пример модуля выбора из БД. В этом модуле определяется тип редуктора и количество ступеней. Решение зависит от диапазона, в который попадает передаточное отношение редуктора, и взаимного расположения входной и выходной осей. Решение ищется по таблице «ТипРед», которая расположена в БД «DBPriv.SDB». Здесь определены логические условия доступа к таблице и приведено согласование имён полей таблицы и свойств из словаря БЗ.

МЗ: «PR4» - Выбор типа редуктора**Предусловия запуска**

имя	наименование	тип	условие
-----	--------------	-----	---------

Входные свойства

имя	наименование	тип	значение
RaspOs\$	Расположение входной и выходной осей	STRING	
urz	Передаточное отношение редуктора	REAL	

Механизм - Выбор из БД

База данных:	каталог ресурсов\DBPriv.SDB
Таблица:	ТипРед

Условия доступа к таблице

	umin	<=	urz
AND	umax	>=	urz
AND	распосей	=	RaspOs\$

Согласование полей и свойств

ТипРед	=	TypRed\$
Nst	=	Nst

Выходные свойства

имя	наименование	тип	значение
Nst	Количество ступеней	INTEGER	
TypRed\$	Тип редуктора	STRING	

В интеллектуальных системах проектирования подобные модули действий (с точки зрения UML), или функциональные блоки (с точки зрения IDEF0), или правила-продукции (с точки зрения ИИ) принято называть МЗ. Эти модули представляются с помощью языка, который называется языком «деловой прозы». Он понятен для человека и в то же время необходим и достаточен для генерации программных средств на одном из языков программирования. Такие модули генерируются на основе словарей, для которых могут использоваться различные языки народов мира, а генерация соответствующих им подпрограмм может производиться на различных языках программирования.

Механизмы МЗ должны обеспечивать реализацию всех функций, которые могут потребоваться при формировании БЗ. В число таких функций входят следующие основные: вычисление по формулам (в том числе присвоение значений переменным), определение значений по таблицам, выбор значений из БД, обновление значений в БД, занесение значений в БД, вычисление значений с использованием подпрограмм, вычисление значений с помощью методов, сгенерированных из МЗ, вычисление значений с помощью исполняемых *exe*-модулей или *dll*-библиотек, сгенерированных другими системами.

Чтобы обеспечить возможность генерации 3D моделей с помощью БЗ, необходимо создать МЗ, с помощью которого на основе параметризованной в САД-системе модели детали и (или) сборочной единицы можно сгенерировать 3D модель изделия с рассчитанными в других модулях значениями размеров. Построенная 3D модель должна быть подключена к

БЗ посредством специализированного МЗ. Интерфейс модуля генерации 3D модели в системе Sprut ExPro представлен на рисунке 6.

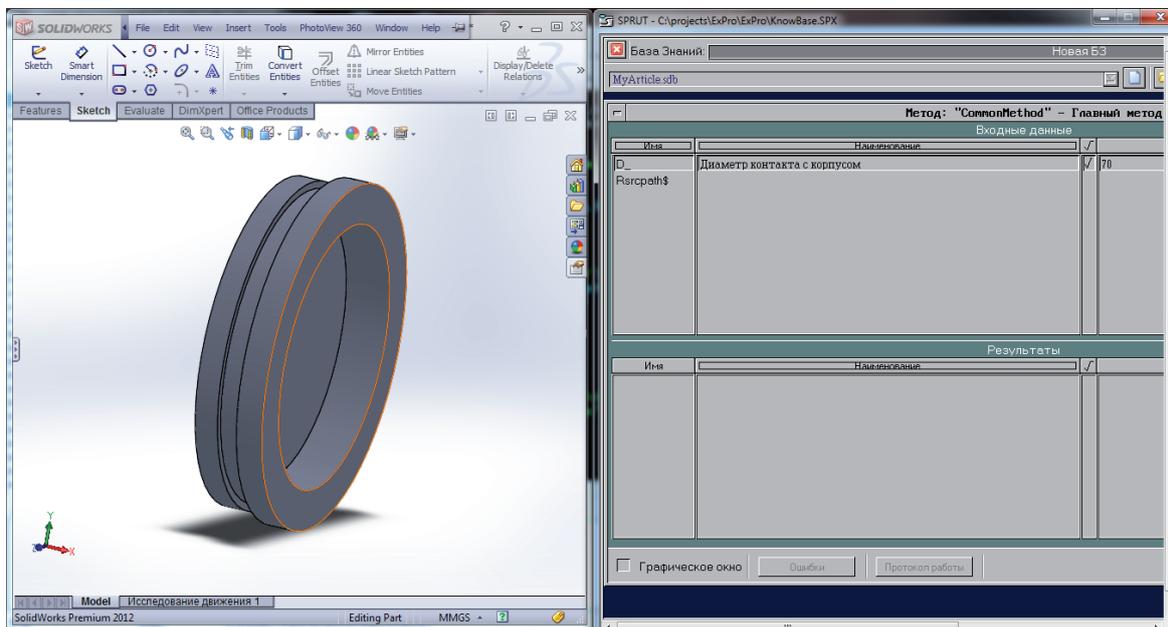


Рисунок 6 – Интерфейс генерации 3D модели в модуле знаний

Математический МЗ с идентификатором RsDP предназначен для расчёта дальности полета тела единичной массы, брошенного под углом к горизонту $Teta0$ со скоростью $V0$. Скорость должна принимать значения больше нуля, а угол – в пределах от нуля до $\pi/2$.

МЗ: «RsDP» - Расчёт дальности полета

Предусловия запуска

имя	наименование	тип	условие
m	Масса, кг	REAL	1

Входные свойства

имя	наименование	тип	значение
V0	Скорость начальная, м/мин	REAL	(0,)
Teta0	D отверстия	REAL	(0,1.57)
g	Ускорение, м/сек ²	REAL	100

Механизм - DLL-модуль

Имя файла DLL-модуля: pol.dll

Согласование программных переменных и свойств МЗ

V0	ВХОД	V0_
Teta0	ВХОД	Teta0
g	ВХОД	g_
x	ВЫХОД	x_
y	ВЫХОД	y_

Выходные свойства

имя	наименование	тип	значение
x	Дальность полета, м	REAL	
y	Высота полета, м	REAL	

Современный инструмент моделирования должен позволять вводить и редактировать уравнения в математической форме. На рисунке 7 приведено окно редактора формул для представления системы уравнений движения тела единичной массы, брошенного под углом к горизонту, в скалярном виде на входном языке пакета MVS. Язык моделирования должен

также позволять явно указывать набор искомых переменных. Например, в пакете MVS транслятор сам определяет допустимый набор искомых переменных, однако в ряде случаев этот набор может быть не единственным. Для систем уравнений с производными порядка выше первого необходимо иметь возможность явно указывать начальные значения «младших» производных (по умолчанию им присваивается нулевое начальное значение).

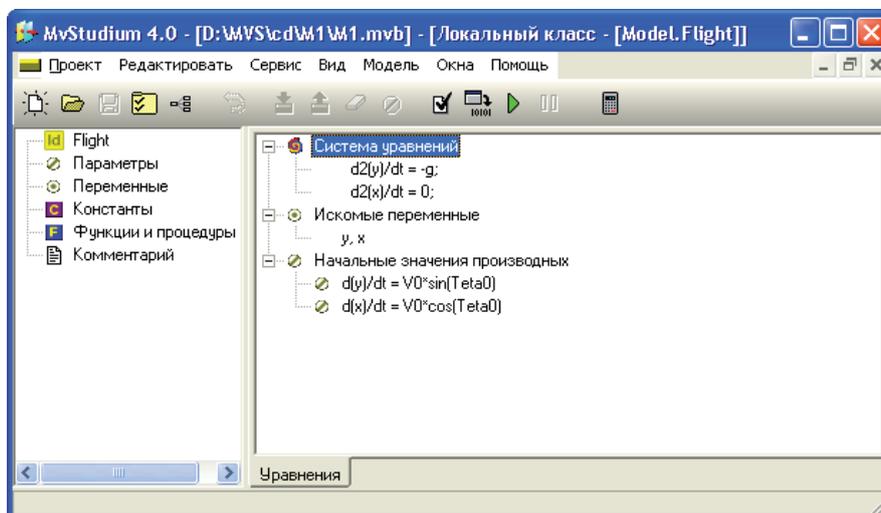


Рисунок 7 - Окно редактора формул пакета MVS

Неструктурированная совокупность МЗ в определённой прикладной области представляет собой БЗ этой области, аналогичную БЗ продукционной системы.

Модель структуры БЗ можно представлять как семантическую сеть взаимосвязанных модулей инженерных знаний. Поименованными узлами этой сети являются сами модули, а ориентированными рёбрами — входные и выходные переменные, наименования которых содержатся в словаре. Упомянутая сеть МЗ представляет собой внутреннюю модель, а полученные в результате трансляции подпрограммы — «физическую» модель.

В связи с ациклическостью всё множество МЗ может быть разбито на строго упорядоченное (ранжированное) множество подмножеств (рисунок 8).

При использовании технологии экспертного программирования процесс формирования МЗ, их трансляции с получением на одном из традиционных языков объектных или исполняемых модулей и тестирования производятся как одна операция. После получения необходимого набора МЗ производится генерация метода, использующего подмножество сгенерированных МЗ. Метод генерируется с использованием того же языка, что и МЗ, и представляет собой скомпилированную реализацию решателя для данного набора МЗ. В скомпилированном механизме выбора продукционных правил используется схема управления, подобная сети Петри. Процесс планирования и разрешения конфликтов использует условия запуска МЗ. Программный модуль, соответствующий МЗ, исполняется, если имеются значения всех входных и управляющих переменных и выполнено условие его применения. Сгенерированный метод может быть использован в качестве механизма МЗ, что позволяет использовать иерархию правил.

Чтобы генерируемые методы согласно теореме о структурировании могли решать любые задачи программирования, в них должны быть реализованы три базовые структуры: следование, альтернатива и один из циклов. В экспертном программировании следование МЗ определяется последовательностью вычисления переменных, а альтернатива — условиями, заложенными в МЗ. Для формирования циклов введена выделенная переменная «конец цикла» (Fincalc), при появлении которой генерируется циклический метод, выполняющийся

до тех пор, пока Fincalc, которой предварительно присвоено значение 0, не примет значение 1. Один метод может содержать только один цикл. Тело цикла включает модули рангов 1 и более. Модули ранга 0 обеспечивают начальные установки значений переменных и в цикле не исполняются. Возможность использования методов в качестве механизмов МЗ позволяет получать как последовательности циклов, так и программы с вложенными циклами.

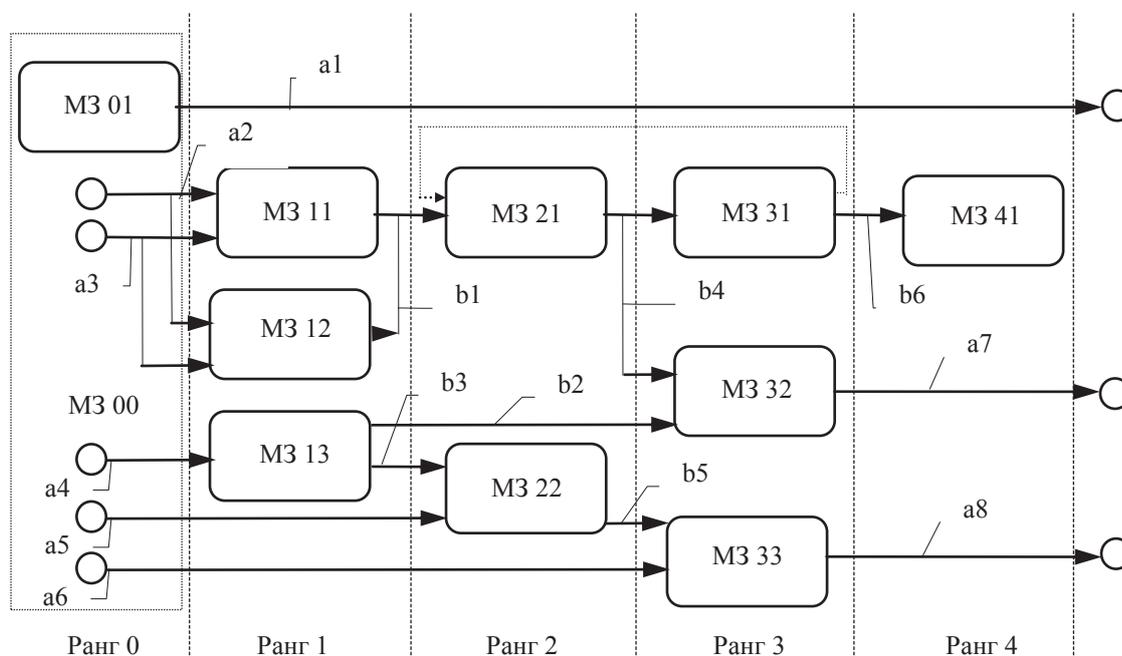


Рисунок 8 - Ранжированная семантическая сеть МЗ

Технология экспертного программирования использует методы продукционных систем и семантических сетей. В то же время ранжированная семантическая сеть МЗ в совокупности является МЗ, который может рассматриваться как фрейм. Итак, экспертное программирование интегрирует в себе все базовые методы представления знаний.

Заключение

В работе рассматривается совокупность двух миров: мир виртуальный, реализуемый ИнЗ, и мир реальный, реализуемый ИнВ. ИнЗ - это онтологический мир виртуальных агентов, представляющих объект-функции, способные генерировать новые данные на основе имеющейся информации. Предложены семантические вики — веб-приложения, использующие машинообрабатываемые данные. Для дальнейшего расширения функциональности вики-систем целесообразно интегрировать их с технологиями ИИ. Создание «Экспертной» с использованием технологии экспертного программирования представляет собой попытку решения этой задачи, дополняя и развивая модели данных в машиностроении [17].

Список источников

- [1] Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0. - <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0>.
- [2] Industry 4.0: the Future of Smart Manufacturing - Praim - <https://www.praim.com/Article>.
- [3] *Gershensfeld, N.* The Internet of Things. Scientific American / N. Gershensfeld, R. Krikorian, D. Cohen / Oct. 2004.
- [4] *Evans, D.* The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. Cisco White Paper. Cisco Systems (11 April 2011).

- [5] *Евгениев, Г.Б.* Индустрия 5.0 как интеграция Интернета знаний и Интернета вещей / Г.Б. Евгениев // *Онтология проектирования*. – 2019. – Т.9, №1(31). – С.7-23. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-1-7-23.
- [6] *Евгениев, Г.Б.* Онтологическая методология создания интеллектуальных систем в машиностроении. // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, №6, 2014, с.79- 86.
- [7] *Reynolds, J.C.* Theories of programming languages. Cambridge University Press. 1998, - 500 p. - <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626364>.
- [8] *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. - СПб.: Питер, 2000. - 384 с.
- [9] *Helbig, H.* Knowledge Representation and the Semantics of Natural Language, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2006.
- [10] *Евгениев, Г.Б.* Sprut ExPro - средство генерации многоагентных систем проектирования в машиностроении. Части 1 и 2 // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2017, №6, с.66-77; №7, с.60-71.
- [11] *Todd R. Weiss.* Wikipedia simplifies IT infrastructure by moving to one Linux vendor, Computerworld.com (October 9, 2008 (Computerworld)).
- [12] *Sikos, Leslie F.* (2017). Description Logics in Multimedia Reasoning. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-54066-5. ISBN 978-3-319-54066-5.
- [13] *Колесов, Ю.Б.* Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход / Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков // *BHV*. 2016, с. 192.
- [14] *Skobelev, P.O.* Chapter 12. Multi-Agent Systems for Real Time Adaptive Resource Management. In book: *Industrial Agents: Emerging Applications of Software Agents in Industry*. Москва, Россия: Elsevier, 2015. 24 p.
- [15] *Скобелев, П.О.* Планирование сеансов связи между микроспутниками и сетью наземных станций с использованием мультиагентных технологий / П.О. Скобелев, А.Б. Иванов, Е.В. Симонова, В.С. Травин, А.А. Жилиев // *Онтология проектирования*. — 2014. — № 2(12). — С. 92-100.
- [16] *Евгениев, Г.Б.* Основы автоматизации технологических процессов и производств. Т.1: Информационные модели. Т.2: Методы проектирования и управления - Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. - Т.1: - 441 с. - Т.2: - 479 с.
- [17] *Андриченко, А.Н.* Тенденции и состояние в области управления справочными данными в машиностроении / А.Н. Андриченко // *Онтология проектирования*. — 2012. — № 2(4). — С. 25-35.

EXPERTPEDIA AS A MEANS OF CREATION ONTOLOGICAL INTERNET OF KNOWLEDGE

G.B. Evgenev

*Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Moscow, Russia
g.evgenev@mail.ru*

Abstract

A methodology for creating semantic wiki systems for knowledge representation using artificial intelligence technologies is proposed. The methodology is based on multi-agent methods for creating knowledge bases and is suitable for developing design and management systems for digital intelligent productions. An Integrated structure of the Internet of Knowledge and the Internet of Things has been developed. The Internet of knowledge is the ontological world of virtual agents that represent object functions that are capable of generating new data based on available information. Schema of the knowledge input into the computer has been analyzed. Semantic wiki system to create knowledge bases, which can be called "Expertpedia", is proposed on the basis of the technology of expert programming. The possibility of replacing the dictionary knowledge base allows us to provide implementation of the conceptual requirements of the wiki system: the use of any languages in the world. The knowledge base has the ability to add modules, select an analog module, translate the knowledge module into one of the programming languages, test the result, as well as determine the module's entry into the knowledge base and remove the selected module. These actions can be performed by any operator, which allows to implement the second conceptual basis of wiki systems: providing the possibility of independent replenishment and correction of the system content. Metaontology of Expertpedia have been developed. The methods of creating multi-agent knowledge bases for design and management in mechanical engineering are considered in detail. The architecture of the CAD agent is given. Examples of application of multi-agent systems for co-building of intelligent systems of semi-automatic design of engineering products are given. The technology of expert programming is described. To further expand the functionality of wiki systems, it is advisable to integrate them with artificial intelligence technologies.

Key words: Industry 4.0, digital manufacturing, intelligent systems, intelligent systems engineering and manufacturing.

Citation: Evgenev GB. Expertpedia as a means of creation ontological Internet of knowledge [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(3): 307-320. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-307-320.

References

- [1] Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0. - <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0>.
- [2] Industry 4.0: the Future of Smart Manufacturing - Praim - <https://www.praim.com> > Article.
- [3] **Gershenfeld N, Krikorian R, Cohen D.** The Internet of Things. *Scientific American*, Oct, 2004.
- [4] **Evans D.** The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. Cisco White Paper. Cisco Systems (11 April 2011).
- [5] **Evgenev GB.** Industry 5.0 as an Integration of the Internet of Knowledge and the Internet of Things [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2019; 9(1): 7-23. - DOI: 10.18287 / 2223-9537-2019-9-1-7-23.
- [6] **Evgenev GB.** The ontological methodology for the creation of intelligent systems in mechanical engineering [In Russian]. // News of higher education institutions. *Engineering*. 2014; 6: 79-86.
- [7] **Reynolds JC.** Theories of programming languages. Cambridge University Press. 1998, - 500 p. - <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626364>.
- [8] **Gavrilova TA, Khoroshevsky VF.** Knowledge Base of intellectual systems [In Russian]. SPb.: Peter, 2000. – 384 p.
- [9] **Helbig H.** Knowledge Representation and the Semantics of Natural Language, Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2006.
- [10] **Evgenev GB.** Sprut ExPro is a tool for generating multi-agent design systems in mechanical engineering [In Russian]. Part 1 & 2 // News of higher educational institutions. *Engineering*. 2017; 6: 66-77 & 2017; 7: 60-71.
- [11] **Todd R. Weiss.** Wikipedia simplifies IT infrastructure by moving to one Linux vendor, *Computer-world.com* (October 9, 2008).
- [12] **Sikos LF.** Description Logics in Multimedia Reasoning. Cham: Springer International Publishing. 2017. - doi:10.1007/978-3-319-54066-5. ISBN 978-3-319-54066-5.
- [13] **Kolesov YB, Senichenkov YB.** Modeling systems [In Russian]. Object-oriented approach. BHV. 2016, p.192.
- [14] **Skobelev PO.** Chapter 12. Multi-Agent Systems for Real Time Adaptive Resource Management. In book: *Industrial Agents: Emerging Applications of Software Agents in Industry*. Москва, Россия: Elsevier, 2015. 24 p.
- [15] **Skobelev PO, Ivanov AB, Simonova EV, Travin VS, Jilyaev AA.** Planning communication sessions between microsatellites and a network of ground stations using multi-agent technologies [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2014; 2(12): 92-100.
- [16] **Evgenev GB.** Fundamentals of automation of technological processes and production [In Russian]. Vol.1: Information models. Vol.2: Design and control methods - Moscow, Publishing house of MGTU N.E. Bauman, 2015. - Vol.1: 441 p. - Vol.2: 479 p.
- [17] **Andrichenko AN.** Tendencies and condition in the field of reference data management in the engineering industry [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2012; 2(4): 25-35.

Сведения об авторе



Евгений Георгий Борисович, 1938 г. рождения. Окончил Московский авиационный технологический институт в 1960 г., к.т.н. (1964), д.т.н. (1975). Лауреат премии Совета Министров СССР (1991). Профессор кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 150 работ в области САПР и ИИ.

Georgiy Borisovich Evgenev (b. 1938) graduated from the Moscow aviation technological Institute in 1960, PhD (1964), Doctor of engineering (1975). He is Council of Ministers of the USSR prize winner (1991). Professor at Moscow State Technical University named after N.E. Bauman. Member of the Russian Association for Artificial Intelligence. Co-author of about 150 scientific articles in the field of CAD and AI.

УДК 330.322.5 + 004.81

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Т.В. Гаибова¹, Т.В. Павлович²

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия
¹tvgaibova@fa.ru, ²tvpavlovich@fa.ru

Аннотация

Описаны онтологические модели и технология их использования в процессе подготовки и принятия решений по реализации промышленных инвестиционных проектов. Формирование онтологии базируется на доступных для лиц, принимающих решения, производственных, маркетинговых и финансовых стратегиях реализации проекта с учётом управляемых и частично-управляемых негативных рисков. Представлены онтология предметной области проекта и онтология процесса формирования сценария. Приведён пример использования созданных онтологий для формирования проектных альтернатив инвестиционного проекта организации производства бетонных изделий. Новым является исследование возможности формализации процесса формирования проектных альтернатив на уровне сценариев, учитывающих стратегии реализации проекта и потенциальные риски, что требует выделения соответствующих концептов, связей и инструментов интерпретации знаний при построении онтологий, а также определения точек ветвления, охвата и содержания сценарных развилки с учётом жизненного цикла промышленного инвестиционного проекта.

Ключевые слова: промышленные проекты, допустимые альтернативы, риск, стратегия проекта, онтология, технология сценарирования, точки ветвления.

Цитирование: Гаибова, Т.В. Формирование проектных альтернатив на основе онтологического подхода / Т.В. Гаибова, Т.В. Павлович // Онтология проектирования. – 2019. – Т.9, №3(33). – С.321-332. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-321-332.

Введение

Одной из важнейших задач поддержки принятия решений на этапе планирования инвестиционных проектов является задача определения множества допустимых альтернатив реализации проекта с последующей возможностью выбора наилучшего решения по заданному критерию оптимальности.

Несмотря на наличие большого количества аналитических моделей планирования, в том числе моделей оптимального планирования, базирующихся на классической постановке задачи оптимизации [1, 2], практика доказала ограниченность такого подхода. Это связано, прежде всего, с увеличением масштаба и сложности рассматриваемых проектов – по мере роста проекты становятся неуправляемыми стандартными подходами, так как либо невозможно создать адекватную математическую модель для проведения прогнозных расчётов, либо размерность этой модели настолько велика, а множество граничных условий предъявляет настолько строгие требования к формируемому пространству альтернатив, что область допустимых альтернатив заведомо заужена или оптимального решения в данной постановке зачастую просто не существует.

На практике это приводит к ошибкам двух типов: инвестиции в недостаточно эффективный вариант реализации проекта или отбрасывание эффективных вариантов из-за некорректной модели планирования. Даже если удаётся разработать оптимизационную модель и

получить для рассматриваемой постановки оптимальное решение или некоторый набор допустимых решений, то следует учитывать, что условия, для которых данная модель и данное решение получены, могут достаточно быстро измениться – ведь именно поэтому планирование следует рассматривать как непрерывный процесс, позволяющий адаптировать проект к изменяющимся внешним и внутренним условиям. При этом следует учитывать, что далеко не каждая модель и не каждое решение обладают достаточным запасом устойчивости, чтобы можно было без заметной корректировки продолжать их использовать на всём протяжении жизненного цикла проекта (ЖЦП).

В связи с этим, использование итерационного многовариантного подхода к планированию является гораздо более гибким инструментом, тем более что современные программные средства (например, *Spider Project*, *Project Expert*) позволяют эффективно автоматизировать проведение рутинных расчётов по заданным параметрам. С решением последней задачи обычно и возникают проблемы – варианты планов проекта формируются субъективно, не позволяя оценить уровень покрытия множества допустимых проектных решений рассматриваемым набором альтернатив.

В соответствии с рекомендациями UNIDO (United Nations Industrial Development Organization – комитет Организации Объединенных Наций по промышленному развитию) [3], проектные альтернативы необходимо выявлять в следующих основных областях:

- стратегии и рамки проекта;
- рынок и концепция маркетинга;
- сырьё, основные и вспомогательные производственные материалы;
- месторасположение, участок и окружающая среда;
- проектирование и технология;
- организация и накладные расходы;
- трудовые ресурсы – затраты на оплату рабочей силы и на профессиональное обучение;
- график осуществления проекта и составление бюджета.

Более конкретных рекомендаций не предлагается, поэтому этап генерирования проектных альтернатив представляет собой сложный неформализованный процесс.

Для формирования возможных вариантов реализации проекта требуются экспертные знания о предметной области (ПрО) проекта, о текущем и прогнозируемом состоянии внешнего окружения проекта, об особенностях управления проектами указанного типа. Проблема поиска эксперта даже для традиционных промышленных проектов является зачастую трудноразрешимой, а для высокотехнологичных и инновационных проектов, риски которых особенно велики, а опыт реализации аналогичных проектов отсутствует, может стать неразрешимой. Эксперты не всегда могут определить все возможные сценарии развития проекта, а многовариантное проектное планирование либо не всегда обосновано, либо не имеет стратегии. Дополнением к экспертным знаниям о ПрО, особенностях и возможных вариантах реализации проекта может служить технология формирования проектных альтернатив на основе онтологического подхода.

1 Особенности применения онтологического подхода для формирования проектных альтернатив

Реализация проекта развития промышленного предприятия имеет большое количество допустимых альтернатив.

При проведении многовариантных прогнозных расчётов осуществляется решение задачи синтеза плана проекта на двух уровнях – структурном и параметрическом. Структурный уровень подразумевает формирование морфологического описания проектной альтернативы,

ее основных составляющих и связей между ними. Параметрический уровень характеризуется определением количественных значений характеристик составляющих проектной альтернативы и их связей.

Наиболее распространённым подходом к решению задач на структурном уровне при планировании экономического развития объектов, в том числе и при проектном управлении, является сценарное планирование [4].

Сценарий реализации проекта – сочетание условий, как внешних, так и внутренних, которые приводят к определённым результатам, к эффективности и финансовой реализуемости инвестиционного проекта. Перед принятием решения о целесообразности проекта и определением стратегии его реализации разработчики проекта должны исследовать эти сценарии, чтобы определить область устойчивости проекта к динамично меняющимся факторам окружения и перспективы его внедрения.

В соответствии с принципами РМВОК [5] для описания ПрО проекта в контексте решения задачи планирования должны быть определены такие составляющие, как задачи, работы, результаты и ресурсы проекта. Задачи — это те действия, работы и мероприятия, которые необходимо осуществить на том или ином этапе для достижения целей проекта. Работы (операции) — трудовые процессы, направленные на решение задач и получение результатов, требующие необходимых затрат времени и ресурсов. Результатами работ проекта могут выступать общественные блага, воплощающие в себе цели проекта: для промышленных проектов – это продукты, которые выражены в вещественной форме и представляют собой преобразованные предметы труда. Ресурсы проекта представляют собой совокупность объектов, необходимых для выполнения работ, на исполнение каждой работы проекта назначаются необходимые ресурсы.

Так как проект реализуется в определённой среде, называемой окружением проекта, помимо описания ПрО проекта сценарий включает описание внешних условий, при которых реализуется проект, а также выбранную стратегию реализации проекта.

Внешние условия реализации могут достаточно динамично изменяться на протяжении ЖЦП и оказывать влияние различной силы и направленности на эффективность и реализуемость проекта. Они являются источниками возможных рисков реализации проекта и оказывают прямое влияние на процесс формирования допустимых альтернатив и принятие проектных решений.

При определении сценария проекта - структуры формируемых проектных альтернатив – вся вышеперечисленная информация должна быть обязательно учтена при планировании. Как правило, такая информация представляет собой неформализованное или слабо формализованное описание, а сложность составления проектных сценариев связана с необходимостью рассмотрения развития внутренних процессов проекта и их не всегда очевидных связей с факторами окружения проекта и между собой.

Существующие технологии сценарного планирования, разработанные для различных видов, масштаба и сложности технологических, экономических и организационных объектов [4, 6, 7] не могут быть использованы для рассматриваемой задачи, так как описаны на слишком обобщённом уровне, требуют учёта проектной специфики и решения ряда вопросов, связанных с определением времени сценарных развилок, их охвата и содержательного наполнения.

Использование онтологического подхода делает возможной автоматизацию генерирования проектных стратегий, позволяющих достигать целей проекта с учетом наиболее влиятельных и вероятных рисков.

Прежде чем приступить к описанию онтологии, необходимо определить с какой целью она создаётся и какие задачи будет решать.

В контексте настоящего исследования онтологический подход используется для определения проектных альтернатив на структурном уровне - разработки множества сценариев, из которых лицо, принимающее решение (ЛПР), может выбрать наиболее подходящий вариант. То есть разрабатываемая онтология должна обеспечить полноту охвата области допустимых проектных решений для достижения поставленных целей проекта. Реализация промышленного проекта представляет собой сложный процесс, на который влияют многие факторы, поэтому формализация структурного уровня многовариантных расчётов позволит повысить качество планирования и расширить зону эффективных проектных решений.

Принимаемые на уровне планирования решения должны быть сформированы с учётом возможного влияния негативных и позитивных рисков различной физической и экономической природы, различной степени управляемости. Перечень потенциальных рисков реализации промышленного инвестиционного проекта достаточно обширен и включает обычно такие виды рисков, как технические (отказы машин и оборудования, снижение качества продукции и пр.), производственные (нарушения технологии, остановки и перерывы производства, задержка поставок сырья и т.п.); экономические (рост издержек, увеличение цен на сырьё и комплектующие, инфляция и т.п.); рыночные (падение цен на продукцию, уменьшение объёмов сбыта, рост конкуренции и т.п.), а также финансовые, экологические, социальные, политические риски. Важно различать, какие риски являются полностью управляемыми, частично управляемыми и неуправляемыми – это позволит ЛПР определить приоритеты в управлении рисками, а также количественно обосновать приемлемый уровень рисков при разработке производственных, маркетинговых и финансовых стратегий реализации проекта.

В статье рассматривается влияние только управляемых (технические, производственные) и частично управляемых (экономические, рыночные) негативных проектных рисков, как наиболее перспективных с точки зрения влияния на них многовариантного планирования. Мерами реагирования на данные категории рисков являются принимаемые решения по реализации проекта, что требует обязательного количественного обоснования и специальных инструментов прогнозирования и оценки.

Таким образом, инструмент для генерирования проектных сценариев должен обеспечить ЛПР знаниями о доступных стратегиях реализации проекта не только на уровне предопределённого набора действий, но и о результативности выполнения стратегии в соответствии с реальностью, реагируя на неизвестные ситуации, вызовы и возможности, которые могут возникнуть на протяжении ЖЦП.

При использовании онтологического подхода важно отделять онтологии ПрО от онтологии решаемых в этой ПрО задач [8-10]. Это позволяет более удобно описывать динамические процессы решаемых задач на основе статических данных и знаний ПрО. Поэтому для обеспечения последующей автоматизации генерирования проектных альтернатив целесообразно использовать онтологии двух видов:

- онтологию ПрО проекта;
- онтологию процесса построения проектного сценария.

Для реализации каждой онтологии необходимо выделить как непосредственно сущности и отношения между ними (базу знаний), так и функции интерпретации, определённые для этой базы знаний. Функции интерпретации должны позволять использовать созданную базу знаний для различного уровня решаемых задач планирования проекта:

- для определения целесообразности проекта на предынвестиционной фазе его ЖЦП;
- для определения допустимых проектных стратегий на инвестиционной фазе при выполнении строительно-монтажных и пуско-наладочных работ;
- для определения стратегий реализации проекта при вступлении проекта в эксплуатационную фазу.

Функции интерпретации для процесса построения проектного сценария должны определять структуру процесса сценирования с учетом целей планирования, рассматриваемых управленческих стратегий, прогнозируемого и приемлемого уровня риска.

Предлагаемый подход обеспечивает полноту множества автоматически генерируемых альтернатив для заданного уровня приемлемого риска в рамках выбранного горизонта планирования.

На основе анализа методологий современного сценарного планирования, представленного в [6], можно выделить для рассматриваемой проблемы формирования допустимых проектных сценариев на основе онтологического подхода решение следующих задач:

- разработку онтологий проектного сценирования;
- разработку технологии проектного сценирования;
- определение целеполагания субъектов проектного сценирования с учётом исходного ресурсного наполнения;
- определение границ проектного сценирования (время, место, концепция) с учётом стратегических бизнес-целей компании, реализующей проект;
- формирование пространства проектного сценирования в виде матрицы допустимых проектных сценариев;
- определение целеполагания и метафоры сценария;
- определение сценарной гипотезы;
- учёт влияния субъективных и объективных факторов на проектный сценарий;
- оценка полноты покрытия пространства проектного сценирования с учётом динамики планирования;
- наполнение проектных сценариев событиями.

В статье рассматривается концептуальный уровень построения онтологий и технологии сценирования для промышленных проектов, а также этап формирования пространства проектного сценирования в виде матрицы доступных сценариев на основе метода морфологического анализа.

2 Концептуальное описание онтологической модели

Для решения задачи многовариантного проектного планирования целесообразно разработать онтологию рассматриваемой ПрО – в данном случае ПрО промышленного инвестиционного проекта – и онтологию решаемых задач – онтологию процесса сценирования.

Определим онтологию ПрО как упорядоченную тройку вида: $O = \langle T, R, F \rangle$, где T - конечное множество терминов (концептов, понятий, классов) ПрО; R - конечное множество отношений между понятиями заданной ПрО; F - конечное множество функций интерпретации (аксиоматизация), заданных на концептах и/или отношениях онтологии O .

Онтология ПрО проекта – это формализованное описание знаний о задачах, работах, результатах и ресурсах каждого отдельно взятого промышленного проекта. Онтология является семантической основой при создании информационной поддержки проектного планирования. Так как назначением разрабатываемой онтологической модели ПрО проектов реальных инвестиций в контексте решения задачи сценарного планирования является описание событий сценария и составление финансового плана проекта, то при построении онтологической модели концепты выделены исходя из их влияния на формирование положительных и отрицательных денежных потоков, генерируемых проектом.

Верхний уровень онтологии ПрО проекта реальных инвестиций представлен на рисунке 1.

При инвестиционном планировании каждый сценарий проекта должен отражать проектную стратегию, которая представляет собой взаимосогласованные решения по производственной, маркетинговой и финансовой деятельности в рамках ЖЦП.

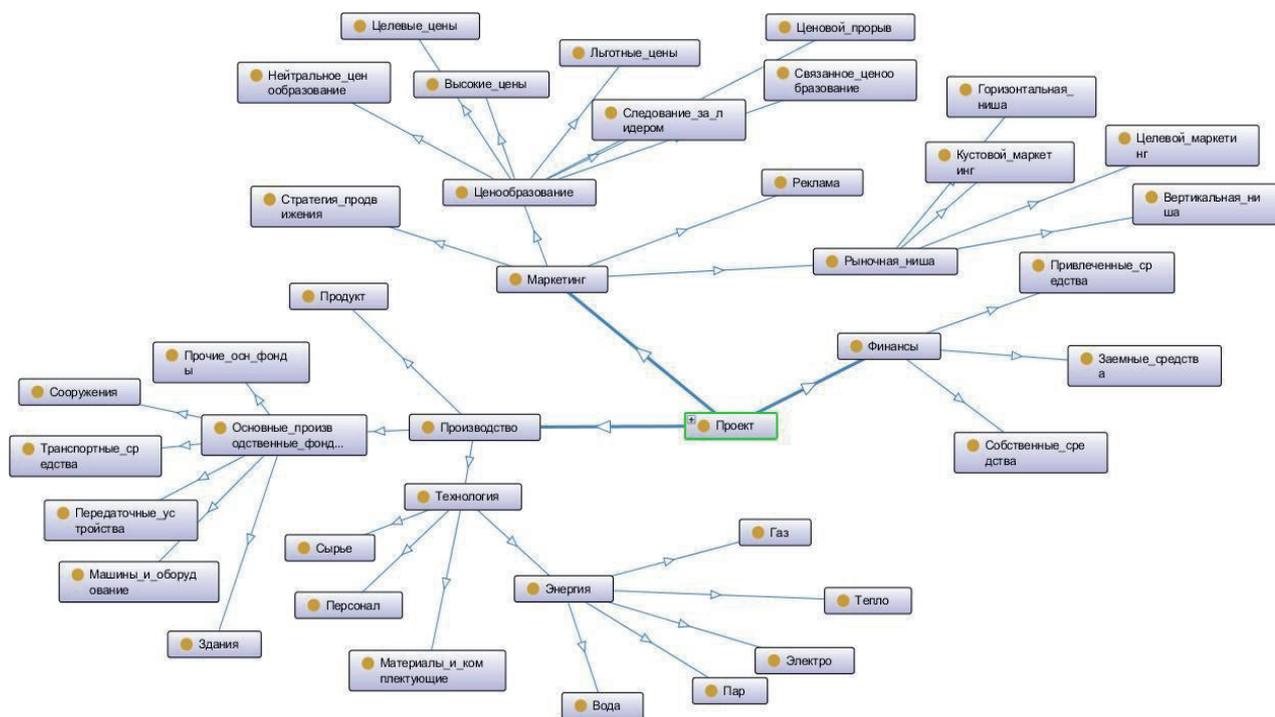


Рисунок 1 - Верхний уровень онтологии ПрО проекта реальных инвестиций

Онтология проектных сценариев должна охватывать альтернативы на основе рекомендаций UNIDO (по сути, они представляют собой классификацию управляющих воздействий при принятии проектных решений на этапе планирования):

- производственные / технологические альтернативы;
- варианты реализации проекта при использовании различных маркетинговых стратегий;
- варианты реализации проекта при использовании различных финансовых/инвестиционных стратегий.

Онтология должна также учитывать влияние горизонта планирования, приемлемый уровень риска реализации и особенности ПрО проекта (высокотехнологичные проекты, программные проекты).

Поэтому на верхнем уровне онтологии были выделены соответствующие концепты - Производство, Маркетинг и Финансы. В качестве источников информации для выделения составляющих онтологической модели в рамках каждого концепта и последующей формализации задачи разработки допустимых проектных сценариев была использована следующая нормативная документация, регламентирующая:

- процессы, протекающие в анализируемой ПрО (государственные (национальные) стандарты, стандарты отраслей, общероссийские классификаторы, научно-технические стандарты, стандарты отдельных промышленных предприятий и организаций);
- требования к качеству ресурсов, потребляемых объектом / процессом и выходных результатов;
- процедуры оценки эффективности инвестиционных проектов, а также процессы управления проектом.

Основой для формирования доходов и затрат является перечень работ проекта, их ресурсоёмкость и стоимость единицы ресурсов. Временные особенности реализации проекта – го-

ризонт планирования, срок освоения проектных мощностей, величина проектного, строительно-монтажного, маркетингового лага – предлагается учитывать на этапе определения границ проектного сценарирования.

Верхний уровень онтологии процесса построения множества проектных сценариев представлен на рисунке 2.

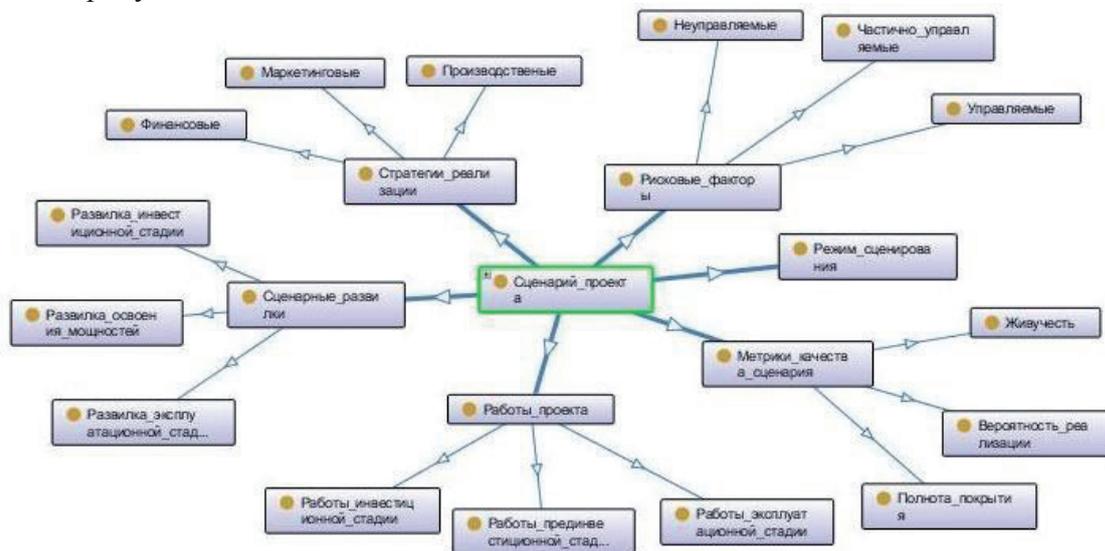


Рисунок 2 – Верхний уровень онтологии процесса построения множества проектных сценариев

Основными концептами представленной онтологии являются:

- сценарные развилки (точки ветвления), учитываемые при планировании;
- стратегии реализации проекта;
- работы проекта;
- рисковые факторы, принимаемые к рассмотрению;
- метрики оценки качества сценария.

Структура модели знаний на основе предложенных концепций онтологии должна обеспечивать взаимосвязь между альтернативными стратегиями реализации проекта, наиболее возможными и вероятными рисками, негативные последствия которых могут быть минимизированы за счет реализации той или иной стратегии, а также временными характеристиками и особенностями планирования на текущей фазе ЖЦП:

<стратегия проекта_m, комплекс рисков_k, {признак_{ki}, {вероятность наступления_{ki}, влияние_{ki}, продолжительность периода_{ki}}>>.

Стратегия может быть представлена комплексом допустимых решений производственной, маркетинговой и финансовой сфер проекта с учётом приемлемого уровня риска для ЛПР.

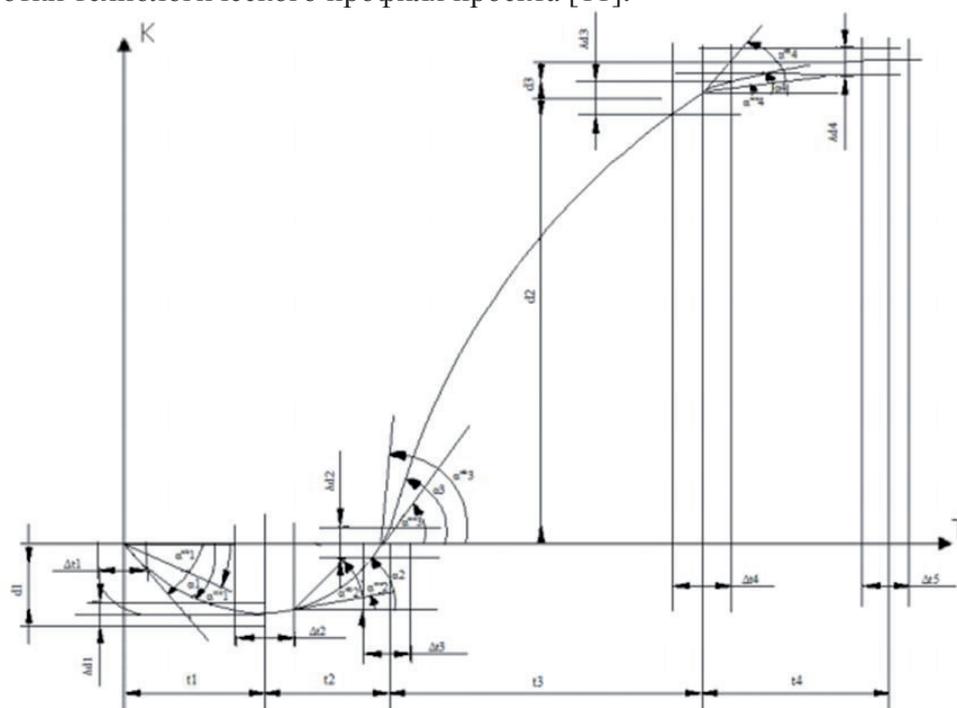
3 Технология формирования допустимых проектных альтернатив на основе онтологического подхода

Цели сценарирования проектов определяются целями планирования, а также недостающей информацией для принятия решений. Охват и частота покрытия могут регулироваться ЛПР путём задания перечня и диапазонов значений управляющих параметров.

Степень детализации сценария напрямую влияет на детальность последующего проведения финансовых расчётов по проекту и выбор инструментов для количественного обоснования принимаемых решений.

Формализация проектного сценарирования требует обязательного учёта динамики. Для этого необходимо определить вектор временных параметров, влияющих на реализацию проекта. Эти параметры можно рассматривать как точки выбора (точки ветвления, раньше которых альтернативные сценарии неразличимы, а позже несоединимы).

Для иллюстрации возможной степени детализации временных управляющих воздействий при определении границ проектного сценарирования на рисунке 3 приведён типовой профиль проекта промышленного предприятия как объекта инвестиций на основе авторской разработки технологического профиля проекта [11].



t_1 – период проведения предпроектного исследования; t_2 – период проведения строительно-монтажных работ; t_3 – период освоения производственных мощностей; t_4 – период адаптации проекта к рынку; $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \Delta t_4$ – допустимые отклонения для t_1, t_2, t_3, t_4 соответственно; d_1 – капитальные затраты; d_2 – затраты до выхода работы проекта на полную мощность; d_3 – затраты после выхода работы проекта на полную мощность; $\Delta d_1, \Delta d_2, \Delta d_3, \Delta d_4$ – допустимые отклонения для d_1, d_2, d_3 соответственно; α_1 – скорость проведения предпроектных исследований; α_2 – скорость проведения строительно-монтажных работ; α_3 – скорость освоения производственных мощностей; α_4 – скорость адаптации проекта к рынку.

Рисунок 3 – Типовой профиль промышленного проекта как объекта инвестиций

При формировании набора допустимых сценариев на начальных этапах предпроектного исследования или для планирования промышленных проектов небольшого масштаба и сложности такой уровень детализации представляется избыточным, достаточно включения трех основных временных параметров:

- общего горизонта планирования проекта;
- продолжительности инвестиционной фазы проекта;
- срока освоения проектных мощностей.

Так как все процедуры проектного планирования проводятся в рамках длительности ЖЦП или горизонта планирования, то окна выбора целесообразно выделять также в этом диапазоне.

Для получения полного формализованного описания по мере накопления знаний о проекте и окружении, а также при наличии достаточно обоснованных прогнозов наиболее влияющих рисков факторов может использоваться последовательная трансформация сценари-

ев к унифицированному профилю проекта с отражением существенных характеристик планируемого денежного потока проекта.

Предлагаемая технология разработки проектных альтернатив на основе онтологического подхода базируется на следующих принципах.

- Содержание сценариев и их последующая сборка выполняются в рамках логики технологических процессов производства в ПрО проекта. Для сценарирования в рамках политических, управленческих и других аспектов проекта необходимо разработать соответствующую онтологическую модель.
- Возможные сценарные «растяжки» выбираются с достаточной степенью свободы, но должны быть основаны на наблюдаемых / прогнозируемых технологических трендах.
- Используются три окна выбора в рамках горизонта планирования проекта – в начале инвестиционной стадии ЖЦП, в начале эксплуатационной стадии проекта, по окончании периода освоения проектных мощностей.
- В зависимости от стадии проекта меняется охват и содержание сценарных развилок. Примерное содержание сценарных развилок для трёх окон выбора представлено в таблице 1.
- Количество рассматриваемых альтернатив в каждом окне выбора определяется целями планирования и потребностями конкретного заказчика, рекомендуемое количество развилок – от трех до шести (меньшее количество не обеспечит достаточной вариативности планирования, большее – не позволит сфокусироваться на особенностях формируемых сценариев и обеспечить их достаточную проработку для подготовки и принятия проектного решения).

Таблица 1 – Фрагмент примерного содержания сценарных развилок промышленного инвестиционного проекта

№ точки ветвления	Стадия жизненного цикла проекта	Содержание сценарной развилки
1	Инвестиционная	Строительно-монтажные работы Пуско-наладочные работы Выбор технологии Выбор оборудования Выбор сырья / категории сырья
2	Эксплуатационная (освоение проектных мощностей)	Выбор скорости освоения проектных мощностей Выбор стратегии продвижения продукта Выбор стратегии ценообразования
3	Эксплуатационная (после выхода на полную проектную мощность)	Выбор режимов эксплуатации оборудования Выбор стратегии продвижения продукта Выбор стратегии ценообразования Выбор стратегии погашения займов Выбор стратегии резервирования финансов

Предлагаемая технология, с одной стороны, формирует каркас для полного дискретного охвата области допустимых проектных решений, а с другой – позволяет гибко наполнять сценарии событиями с учётом требуемой детальности планирования, а также с учётом предположений разработчика проекта и ЛПР.

В качестве примера применения предлагаемого подхода были сформированы допустимые альтернативы первой точки ветвления для модельного инвестиционного проекта организации производства бетонных изделий.

Распределение сгенерированных допустимых проектных альтернатив в пространстве выбранных критериев PI (индекс доходности) и РВР (дисконтированный срока окупаемости проекта) приведено на рисунке 4.

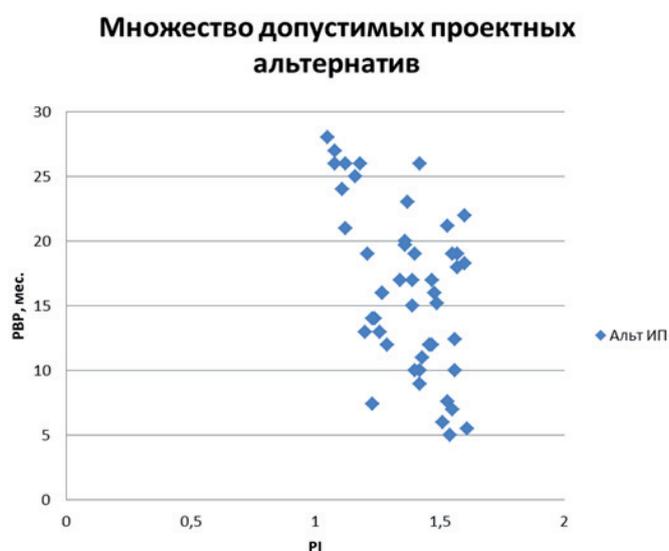


Рисунок 4 – Распределение сгенерированных допустимых проектных альтернатив в пространстве двух критериев

- сформировано параметрическое описание выбранных концептов;
- определены количественные диапазоны значений параметров с учётом фазы ЖЦП и приемлемый уровень рассматриваемых рисков;
- для демонстрации отличий результативности генерируемых проектных альтернатив были выбраны два показателя коммерческой эффективности, общепринятые в международной практике инвестиционного проектирования - PI и РВР;
- проведена серия вычислительных экспериментов для генерирования проектных альтернатив путём перебора всех возможных сочетаний определённых значений параметров в рамках каждого сценария для различных уровней детализации планировочных расчётов.

Полученное множество позволяет оценить уровень воздействия возможных решений по выбору технологии, производственного оборудования и сырья на коммерческую эффективность проекта при заданном приемлемом уровне риска. Учёт следующих точек ветвления позволит получить более полный охват возможных вариантов проекта в рамках горизонта планирования.

Изменяя требования к уровню риска, перечень рисков факторов, набор управляющих производственных, маркетинговых, финансовых воздействий, можно повысить качество подготовки и принятия проектных решений.

Применение онтологии проектных сценариев эффективно при проведении переговоров заинтересованных лиц и участников проекта, например:

- при формировании решений и условий сотрудничества по обеспечению производственных стратегий в рамках ЖЦП: руководитель проекта – поставщики ресурсов (проектные работы, сырьё, материалы, энергия);
- при формировании решений и условий сотрудничества по обеспечению маркетинговых стратегий: руководитель проекта – потенциальные дистрибьюторы, рекламные агентства;
- при формировании решений и условий сотрудничества по обеспечению финансирования проекта: руководитель проекта – потенциальные инвесторы.

Для их получения:

- составлен базовый вариант рассматриваемого проекта для экономических условий текущего календарного года на горизонт планирования, равный восьми годам;
- в качестве рисков выбраны для исследования риск недостаточного объёма инвестиций в проект, а также риск снижения спроса на предлагаемую проектом продукцию (проведено количественное обоснование на основе анализа чувствительности проекта);
- определены структурные отличия стратегий реализации проекта, влияющих на выделенные риски (варианты технологического оборудо-

Заключение

Предложенный подход позволяет снизить субъективность процедуры формирования допустимых альтернатив проекта для поддержки принятия производственных, маркетинговых, финансовых решений с учётом управляемых и частично-управляемых негативных рисков.

Перспективы дальнейшего проведения исследований видятся в: определении границ возможной формализации этапа проектного сценарирования; подборе метрик для оценки полноты покрытия множества допустимых проектных решений; адаптации предложенных моделей с учётом рисков, имеющих позитивное влияние на проект.

Список источников

- [1] *Есипова, О.В.* Оптимизационная модель интеграции материальных и финансовых потоков инвестиционных проектов / О.В. Есипова, С.А. Морозова // Экономические науки. – 2010. – №8(69). – С. 228-233.
- [2] *Победаш, П.Н.* Анализ задачи оптимального планирования инвестиционного проекта на базе операционного исчисления / П.Н. Победаш // Труды ИСА РАН. – 2012. – Т. 62. – №2. – С. 79-85.
- [3] *Беренс, П.* Руководство по оценке эффективности инвестиций / П. Беренс, М.П. Хавранек. – М: Интерэксперт, 1998. – 320 с.
- [4] *Бархатов, В.Д.* Использование сценарного планирования для формирования устойчивого портфеля нефтегазовых проектов / В.Д. Бархатов, Д.А. Власов // НИР. Российский журнал управления проектами. – 2016. №4. — С. 22-35.
- [5] Руководство к своду знаний по управлению проектами. Руководство РМВОК-6 // Project Management Institute. – ООО Олимп-бизнес, 2019. - 792 с.
- [6] *Ютагов, Н.* Неизбежное будущее в сценарном планировании / Н. Ютагов, Ю. Переслегин // Инновационная экономика. – 2008. – №2 (112). – С. 43-47.
- [7] *Arman, H.* An ontology-based knowledge management system to support technology Intelligence / H. Arman, A. Hodgson, N. Gindy // International Journal of Industrial and Systems Engineering. – 2010. – №5 (3). – P. 377-389.
- [8] *Боргест, Н.М.* Онтология проектирования точного земледелия: состояние вопроса, пути решения / Н.М. Боргест, Д.В. Будаев, В.В. Травин // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №4(26). - С. 423-442. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-423-442.
- [9] *Смирнов, С.В.* Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. 2013. №2(8). - С. 12-19.
- [10] *Middleton, S.* Ontology-Based Recommender Systems / S. Middleton, D.De Roure, N. Shadbolt // Handbook on Ontologies. Eds.: S. Staab, R. Studer. - Springer, 2009. – P. 779-796.
- [11] *Гаибова, Т.В.* Моделирование технологического профиля проекта / Т.В. Гаибова, Н.А. Шумилина // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. - 2010. - Т. 2. № (16). - С. 378-380.

DEVELOPING DESIGN ALTERNATIVES BASED ON ONTOLOGICAL APPROACH

T.V. Gaibova¹, T.V. Pavlovich²

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

¹tvgaibova@fa.ru, ²tvpavlovich@fa.ru

Abstract

The article describes ontological models along with the technology of their application in decision making on the launch and implementation of industrial investment projects. The ontology development is based on the production, marketing, and financial project implementation strategies available for the decision-makers. It accounts for the managed and partially-managed negative risks. The article describes the project domain ontology and the scenario generation process. The authors provide an example of the generated ontologies use for the design alternatives selection in the project of concrete products manufacture setup. The novel feature is the research into the possibility to formalize the design alter-

native development process at the level of scenarios, which account for the project implementation strategy and potential risks. This requires outlining certain concepts, links, and knowledge interpretation tools in the ontology generation, as well as identifying the nodes, the scope and the content of the scenario nodes with regard to the industrial investment PLC.

Key words: *industrial project, admissible alternatives, risk, project strategy, ontology, scenario planning technology.*

Citation: *Gaibova TV, Pavlovich TV. Developing design alternatives based on ontological approach [In Russian]. Ontology of designing. 2019; 9(3): 321-332. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-321-332.*

References

- [1] *Esipova OV, Morozova OA.* Optimization model of integration of material and financial flows of investment projects [In Russian]. *Economic sciences.* 2010; 8 (69): 228-233.
- [2] *Pobedash PN.* Analysis of the problem of optimal planning of an investment project based on operational calculus [In Russian] *Transactions of ISA RAS.* 2012; 62(2): 79-85.
- [3] *Behrens P.* Guidelines for assessing investment performance [In Russian]. - M: Intereks-pert, 1998: 320.
- [4] *Barkhatov VD, Vlasov DA.* The use of scenario planning for the formation of a sustainable portfolio of oil and gas projects [In Russian] *Research. Russian Journal of Project Management.* 2016; 4: 22-35.
- [5] Guide to the project management body of knowledge. PMBOK-6 Guide. Project Management Institute. - Olimp-business LLC, 2019: 792.
- [6] *Yutagov N, Pereslegin Yu.* The Inevitable Future in Scenario Planning [In Russian]. *Innovative Economy.* 2008; 2 (112): 43-47.
- [7] *Arman H, Hodgson A, Gindy N.* An ontology-based knowledge management system to support technology Intelligence. *International Journal of Industrial and Systems Engineering.* – 2010; 5(3): 377-389.
- [8] *Borgest NM, Budaev DV, Travin VV.* Ontology of designing precision agriculture: state of the issue, solutions [In Russian]. *Ontology of designing.* 2017; 7(4): 423-442. - DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-423-442.
- [9] *Smirnov SV.* Ontologies as semantic models [In Russian]. *Ontology of designing.* 2013; 2(8): 12-19.
- [10] *Middleton S, Roure DDe, Shadbolt N.* Ontology-Based Recommender Systems. *Handbook on Ontologies.* - Springer, 2009: 779-796.
- [11] *Gaibova TV, Shumilina NA.* Modeling the technological profile of the project [In Russian]. *Psiholo-pedagogical journal Gaudeamus.* 2010; 2 (16): 378-380.

Сведения об авторах



Гаибова Татьяна Викторовна, 1974 г. рождения. Окончила Оренбургский государственный университет в 1996 г., к.т.н. (2004). Доцент кафедры «Бизнес-информатика» Финансового университета при Правительстве РФ. В списке научных трудов более 45 работ в области системного анализа, управления проектами и искусственного интеллекта.

Tatyana Viktorovna Gaibova (b. 1974) graduated from the Orenburg State University in 1996, PhD (2004). She is an associate professor of Financial University under the Government of the Russian Federation (Department of Business Informatics), Moscow. Author and co-author of more than 45 publications in the field of systems analysis, project management and artificial intelligence Informatics).



Павлович Татьяна Вячеславовна, 1977 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет, к.т.н. (2003). Старший преподаватель кафедры Бизнес-информатика Финансового университета при Правительстве РФ, г. Москва. В списке научных трудов более 28 работ в области разработки систем ключевых показателей эффективности и интеллектуальных информационных систем.

Tatyana Vyacheslavovna Pavlovich (b. 1977) graduated from the Ufa State Aviation Technical University, PhD (2003). She is a senior teacher of Financial University under the Government of the Russian Federation (Department of Business Informatics), Moscow. Author and co-author of more than 28 publications in the field of developing systems of key performance indicators and intelligent information systems.

УДК 519.711.3

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ РЕПОЗИТОРИЙ УСЛУГ СИСТЕМЫ МОМЕНТАЛЬНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ

В.А. Котельников¹, Д.Р. Богданова², Н.И. Юсупова³

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия
¹vit_kot@mail.ru, ²dianochka7bog@mail.ru, ³yussupova@ugatu.ac.ru

Аннотация

Рассматривается задача создания единого семантического описания услуг для системы моментальных платежей. Для такого типа систем характерным является наличие двух типов клиентов: население и провайдеры товаров и услуг. Анализируются требования клиентов системы платежей. Требования позволяют формализовать управляемые, не управляемые параметры и показатели эффективности. Формализуются понятия услуги и процесса оказания услуг в системе моментальных платежей. Разрабатывается онтология услуг и программное обеспечение для работы с онтологией в виде репозитория системы моментальных платежей и модуля создания услуг. Для разработки онтологии используется редактор Protégé, а для разработки программного обеспечения использован язык программирования JavaScript. Разработанная онтология исследуется с точки зрения когнитивной эргономики. Новым для систем моментальных платежей является применение онтологий для создания единого информационного пространства для всех участников процесса оказания услуг финансового посредничества.

Ключевые слова: онтологический репозиторий, система моментальных платежей, оказание услуг, единое семантическое пространство

Цитирование: Котельников, В.А. Онтологический репозиторий услуг системы моментальных платежей / В.А. Котельников, Д.Р. Богданова, Н.И. Юсупова // Онтология проектирования. – 2019. – Т.9, №3(33). – С.333-344. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-333-344.

Введение

Эффективная организация процесса оказания услуг по оплате платежей населением является актуальной социально значимой задачей. Системы моментальных платежей (СМП) — это высокотехнологичные сети точек, сетевые сервисы по приёму платежей за товары и услуги, например сотовую связь, доступ в Интернет, платное телевидение, коммунальные услуги, погашение кредитов и др. По сравнению с моделью, по которой торговая точка независимо заключает договоры со всеми операторами сотовой связи, Интернет-провайдерами и другими ресурсами, СМП позволяет сократить время подключения, резко упростить взаиморасчёты, снизить требования к квалификации операторов за счёт единого интерфейса, избавиться от необходимости иметь запас карт и заметно расширить спектр провайдеров, в пользу которых принимаются платежи. В СМП можно выделить два типа клиентов – население и провайдеры товаров и услуг.

Провайдеры услуг предоставляют сетевые сервисы финансовых операций, существующие платёжные системы предоставляют свои сетевые сервисы для работы с провайдерами услуг, и их число постоянно растёт. В условиях децентрализации для эффективной работы необходимо объединение в единое информационное пространство всех участников процесса оказания финансовых услуг. Решение названной задачи включает разработку представления предметной области (ПрО) в виде онтологии.

Для обеспечения расширения перечня услуг без изменения программного обеспечения СМП необходимо единое описание услуг – онтологический репозиторий, и возможность всех участников системы помещать в него данные и получать информацию.

Под репозиторием в данной работе понимается программная надстройка над онтологией - система управления знаниями, работающая на основе знаний из онтологии услуг СМП. Репозиторий позволяет с использованием программного обеспечения точек приёма платежей осуществлять взаимодействие с разработанной онтологией и извлекать из неё необходимый ассортимент услуг. В проектируемой СМП с онтологией работают два программных модуля - репозиторий и модуль создания услуг. Модуль создания услуг позволяет извлекать фрагменты онтологии, конструировать из них новые услуги и расширять за счёт них имеющийся ассортимент.

1 Современное состояние исследуемой области

Исследованию вопроса онтологического представления услуг посвящено значительное количество публикаций.

В статье [1] рассмотрено применение онтологических моделей для осуществления персонализации услуг для пользователей мобильных устройств, а в работе [2] - для персональных рекомендаций списка вакансий.

В статье [3] рассматривается подход к выбору услуг на примере электронных платежей в *PayPal* и таких сервисов, как *Amazon* и *E-bay*. Подход расширяет стандартные спецификации минимальными семантическими аннотациями, что позволяет выполнять эффективную семантическую аргументацию. Семантическому описанию веб-сервисов посвящена работа [4], а в статье [5] представлена методология онтологически ориентированных систем поддержки принятия решений для услуг аудита системы управления.

В работе [6] предложено в интеллектуальных системах обслуживания городов использовать определения, созданные с помощью онтологии. В [7] онтологическое представление используется при разработке систем мониторинга для транспортных услуг. В работе [8] показано применение интегрированной сервисной платформы с семантическим описанием для создания персонализированной офисной среды, управляемой с помощью ввода текста через смартфон.

В [9] представлен метод применения семантической паутины, интегрируемой в систему здравоохранения и медицинских услуг.

В статье [10] обоснована значимость семантической аннотации датчиков в облаке экосистемы. Показано, что инновационные услуги могут быть реализованы и рассмотрены путём соединения в облачном хранилище.

В [11] предложен комплексный подход, применимый для создания систем, облегчающих осуществление платежей. Он основан на онтологии платежей, универсальном прикладном программном интерфейсе кошелька и общем протоколе платежей. В статье [12] рассмотрены возможности использования онтологий для систематизации характеристик качества сервисных вычислительных систем, а также в качестве основы для метамодели, необходимой для реализации систем. В [13] показано использование понятия «архитектура» в ходе разработки онтологических моделей информационных систем различного назначения.

Статья [14] посвящена разработке онтологической модели тарифов и услуг оператора сотовой связи.

В статье [15] рассмотрены отличительные черты информационных онтологий применительно к задачам моделирования сферы услуг. Приведён анализ опыта применения унифицированного языка моделирования UML для создания концептуального аппарата сферы

услуг. Показаны преимущества и ограничения практического применения онтологий для целей изучения и развития сферы услуг.

2 Формальное описание услуги и процесса оказания услуг

Услуги по своей сути несут субъективную составляющую, связанную с удовлетворённостью клиентов. Показатели, характеризующие услугу, могут быть как качественными, так и количественными. Исходя из этого, необходимо разработать семантическое описание услуги в виде онтологии.

Пусть услуга характеризуется набором показателей

$$Serv = \langle C, P, X(C) \rangle,$$

где C – управляемые параметры услуги, P – неуправляемые параметры услуги, $X(C)$ – характеристики эффективности оказания услуги, где $C = C^v \cup C^q$; $P = P^v \cup P^q$; $X = X^v \cup X^q$. Здесь v – индекс количественных показателей; q – индекс качественных показателей.

Тогда процесс оказания услуги есть функция от $Serv$.

Семантическое описание услуг можно представить в виде онтологии

$$Onto = \langle K, R, S, F, I, A, Y \rangle,$$

где K – множество классов; R – множество отношений; S – свойства классов; F – значения свойств; I – множество экземпляров класса; A – множество аксиом; Y – множество алгоритмов вывода на основе онтологии.

3 Описание и графическое представление характеристик оказываемых услуг в СМП

Основным этапом при создании онтологии является этап системного анализа ПрО. Заключается он в составлении систематизированного представления знаний о ПрО, понимании сути происходящих в ней процессов, правил и ограничений [16].

Для СМП при управлении процессом оказания услуг наиважнейшей является задача определения правильного уровня ожидания клиентов. Если установленный уровень ожиданий слишком низкий, то клиенты будут удовлетворены, но привлечь достаточное их количество будет трудно. Напротив, если планка ожиданий поднята слишком высоко, то клиенты будут разочарованы. Для победы в конкурентной борьбе предприятию следует ориентироваться на высокий уровень эффективности оказываемых услуг, потому что просто удовлетворённые клиенты легко поменяют СМП с появлением лучшего предложения.

Основные требования, предъявляемые к СМП, включают:

- надёжность;
- скорость проведения платежа;
- имидж платежной системы;
- минимальное количество жалоб от клиентов;
- соблюдение Федерального закона «О защите персональных данных»;
- требование к системе шифрования;
- быстрота передачи данных;
- безопасность.

СМП имеет два типа клиентов и соответствующие услуги, оказываемые им. Услуги имеют разную структуру и разные параметры (управляемые и неуправляемые). Выделим показатели услуг для разных типов клиентов.

Показателями услуг для населения являются:

- *управляемые параметры*: C_1 – ассортимент услуг, C_2 – скорость оказания услуг, C_3 – наличие технической поддержки, C_4 – % комиссии, минимальная сумма платежа, C_5 – информация о клиенте, C_6 – информация о платеже;
- *неуправляемые параметры*: P_1 – удобство интерфейса, P_2 – безопасность; P_3 – лояльность к конфликтным ситуациям, P_4 – распространённая сеть терминалов;
- *показатели эффективности*: X_1 – снижение времени, X_2 – снижение минимальной суммы платежа, X_3 – снижение % комиссии, X_4 – работа колл-центра.

Показатели услуги для провайдеров включают:

- *управляемые параметры*: C_1 – скорость подключения услуги, C_2 – % вознаграждения, C_3 – требования к шифрованию, C_4 – разрешение конфликтных ситуаций, C_5 – быстрота передачи данных;
- *неуправляемые параметры*: P_1 – стабильная передача данных, P_2 – количество платежей, P_3 – соблюдение Федерального закона в сфере платежей и передачи данных «О защите персональных данных», P_4 – оборот средств;
- *показатели эффективности*: X_1 – время подключения услуги, X_2 – снижение % вознаграждения, X_3 – увеличение пропускной способности канала связи, X_4 – эффективная работа колл-центра, X_5 – быстрое устранение неполадок.

В СМП понятие «услуга» — это процесс проведения платежа за конкретный товар или услугу провайдера. С технической стороны услуга для системы – это веб-сервис, протокол взаимодействия системы с провайдером, в котором уточнены условия проведения платежа. Для простоты создания новых услуг и подключения новых провайдеров в СМП [17] предлагается унифицировать техническое описание услуг (web-сервисов) в виде онтологии.

4 Онтологическая модель услуг СМП

В качестве классов были выбраны понятия: «Провайдеры», «Услуги», «Посредники», «Параметры», «Протоколы». Онтологическая модель услуг СМП представлена на рисунке 1.

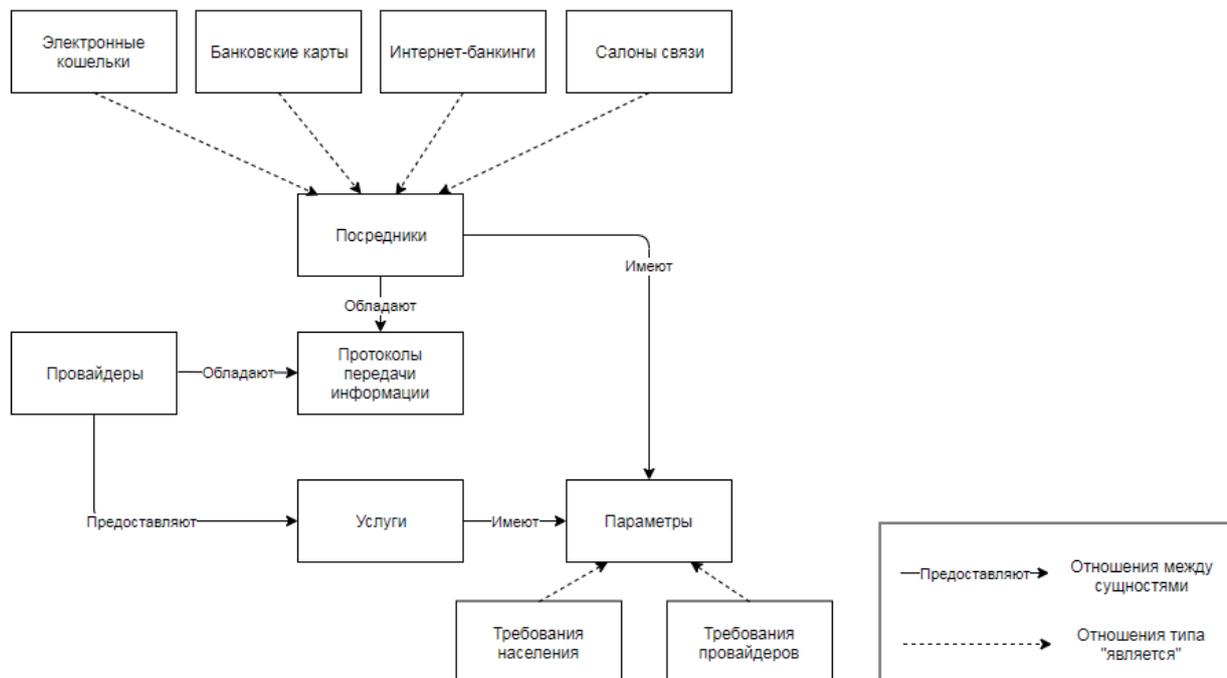


Рисунок 1 – Онтологическая модель услуг СМП

Провайдеры – государственные или частные компании, предоставляющие какие-либо услуги или принимающие плату за товары и заинтересованные в том, чтобы их клиенты имели возможность оплаты этих услуг и товаров через СМП. В большинстве своём такие компании пользуются услугами не одной системы платежей, а сразу нескольких.

Параметры – свойства и показатели объектов или классов, которые можно измерить. Значения величин служат для различия объектов и классов объектов между собой.

Требования – набор характеристик, которыми может обладать провайдер и наличие которых пользователями СМП воспринимается как желательное. Следовательно, чем большему набору требований удовлетворяет провайдер, тем больше он будет иметь клиентов.

Услуги – набор сервисов, предоставляемых провайдерами своим клиентам и содержащихся в репозитории данной СМП.

Посредники – посредниками при совершении платежа могут служить другие платежные системы в случае, если они предлагают лучшие условия его проведения. Данный класс имеет четыре подкласса, разделённых из-за имеющихся между ними различий.

Протоколы – наборы соглашений интерфейса логического уровня, которые определяют обмен данными между различными программами. Эти соглашения задают единообразный способ передачи сообщений и обработки ошибок при взаимодействии программного обеспечения разнесённой в пространстве аппаратуры, соединённой тем или иным интерфейсом.

На рисунке 2 представлена иерархия классов онтологии СМП. При построении онтологического репозитория СМП использован язык создания онтологий OWL, который обеспечивает достаточно богатую семантику для описания. В качестве инструментального средства разработки применён редактор Protégé. На рисунке 3 представлен пример скриншота реализованного фрагмента онтологии СМП.

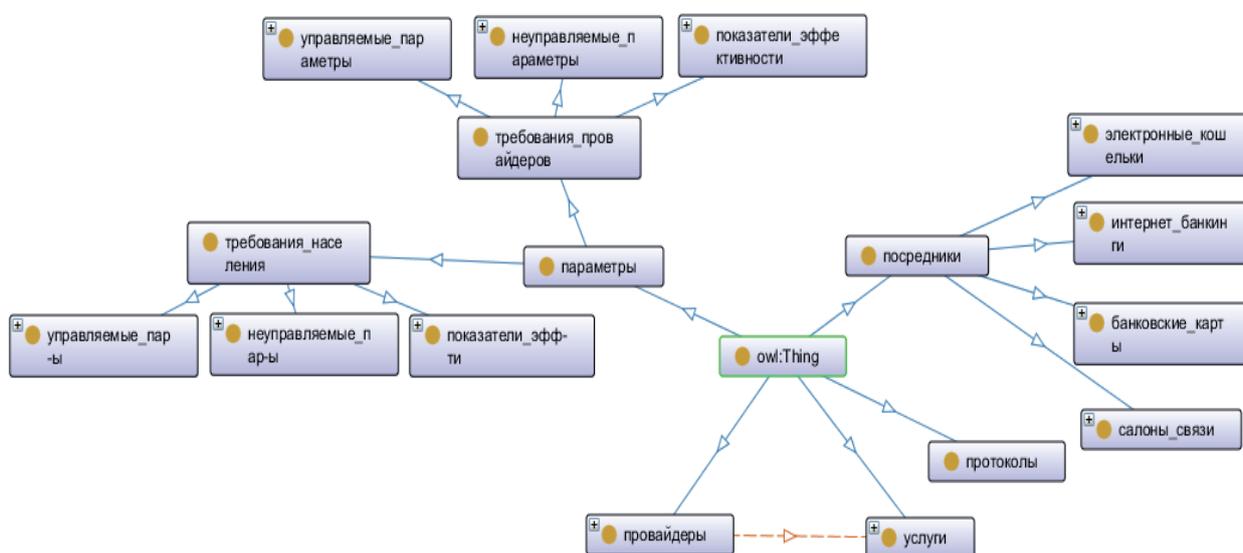


Рисунок 2 - Иерархия классов онтологии услуг СМП

На рисунке 4 представлен граф разработанной онтологии, на его основе проведён анализ качества онтологии по метрикам когнитивной эргономики. Выбор метрик для оценки качества онтологии сделан на основе анализа работы [18]. Оценка онтологии проводилась экспертом по знаниям в области электронных платежей.

В таблице 1 приведены расчётные показатели метрик когнитивной эргономики онтологии услуг в СМП. Исходя из анализа полученных значений, можно сделать вывод об эффективности онтологии с точки зрения когнитивной эргономики.

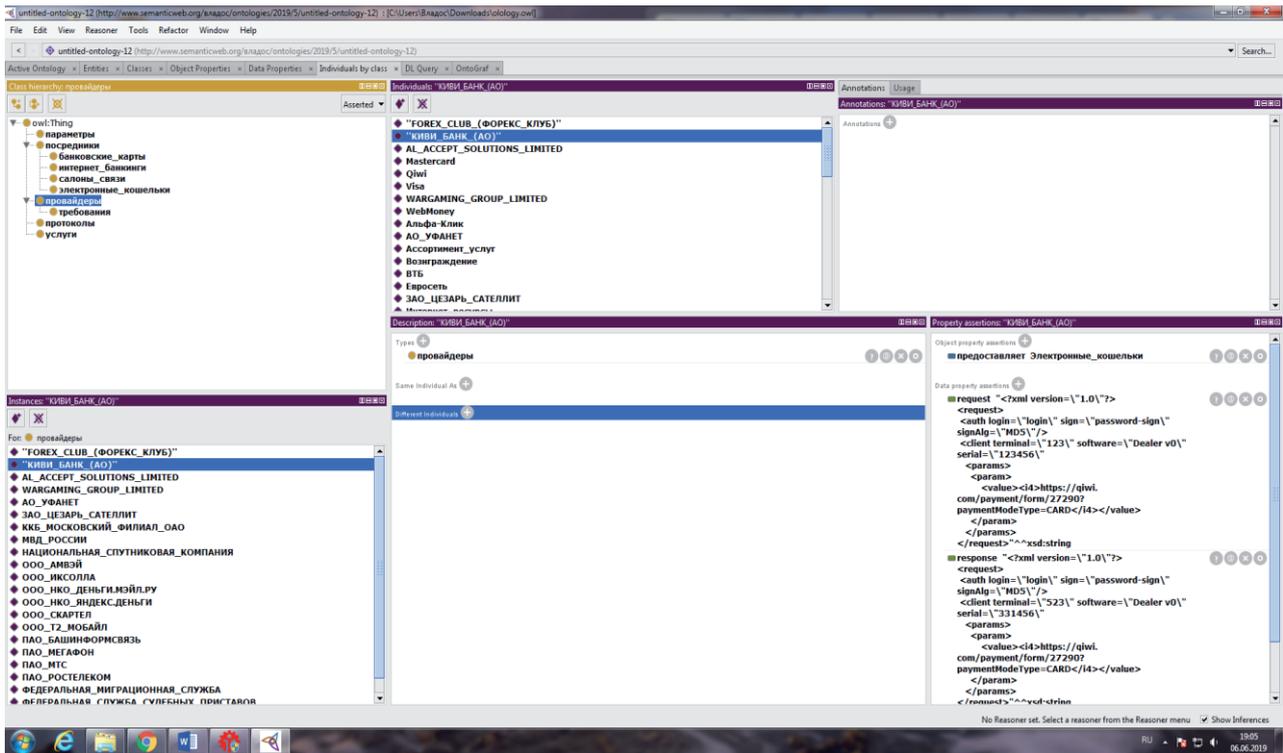


Рисунок 3 – Пример скриншота реализованного фрагмента онтологии СМП

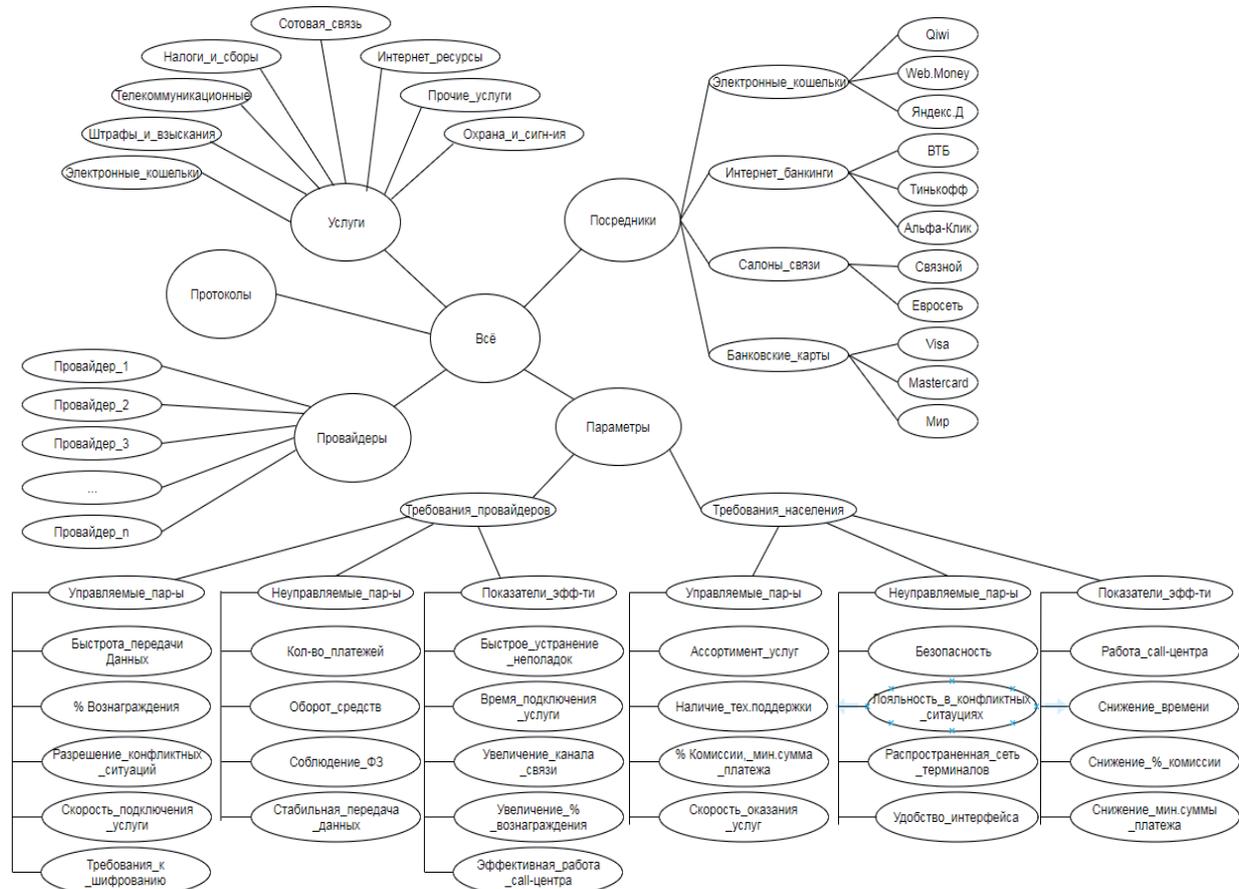


Рисунок 4 - Граф онтологии услуг в СМП

Таблица 1 - Метрики когнитивной эргономики онтологии услуг СМП

Название	Описание\Алгоритм вычисления	Расчётное значение
Абсолютная глубина	Сумма длин всех путей графа (где путём называется любая последовательность соединённых между собой вершин, начинающаяся от корневой вершины и заканчивающаяся листом графа)	29
Средняя глубина	Абсолютная глубина, делённая на количество путей в графе	2,23
Максимальная глубина	Максимальная длина пути	3
Абсолютная ширина	Сумма количеств вершин для каждого уровня иерархии по всем уровням	18
Средняя ширина	Абсолютная ширина, делённая на количество уровней иерархии	4,5
Максимальная ширина	Равняется количеству вершин на самом большом уровне	6
Минимальная ширина	Абсолютная ширина, делённая на количество уровней иерархии	1
Запутанность онтологии	Количество вершин графа онтологии, делённое на количество вершин, у которых есть суперкласс	2,57
Отношение количества классов к количеству свойств	Чем больше, тем легче воспринимать онтологию.	3,6
Вершины с несколькими родителями	Количество вершин, имеющих более одного родителя	1

5 Описание разработанного программного обеспечения для работы с онтологией

В структуре СМП выделяются два программных модуля, работающих с разработанной онтологией услуг, - репозиторий и модуль создания услуг в виде web-приложения.

Разработанный репозиторий СМП работает с онтологией, содержащей информацию об имеющемся ассортименте услуг системы. Репозиторий позволяет вести диалог с программным обеспечением точек приёма платежей, предоставляя информацию об имеющемся ассортименте услуг в СМП.

На рисунке 5 в качестве примера работы репозитория над онтологией представлена часть *xsd*-схемы, описывающей структуру электронного *xml* документа о платеже.

Предполагается использование данных, собранных с помощью репозитория, в качестве значений кодируемых параметров в процессе оказания услуги в СМП.

Для наглядности работы модуля создания услуг представлена функциональная модель работы приложения (рисунок 6).

В СМП услуги предоставляются в виде web-сервисов. На входе модуля онтология редактируемой области – фрагмент глобальной онтологии услуг, полученной по запросу от сервера, которая содержит в себе все необходимые элементы для оптимального редактирования услуги и данные о новом сервисе/изменении данных в сервисе/удалении сервиса – полученные от руководства данные, в которых содержится характер редактирования, указание что редактируется и какими параметрами следует руководствоваться.

Управление — это стандарт OWL 2.0 и внутренние стандарты оформления. Механизмы исполнения - программно-технические средства; конструкторы, техконтролеры, нормоконтролёры. На выходе - онтология отредактированной области с новым (обновлённым) сервисом.

```

<xsd:group name = "paymentTwoPhaseProcessingFields">
<xsd:annotation><xsd:documentation xml:lang = "ru">ГРУППА ЭЛЕМЕНТОВ</xsd:documentation>
<xsd:documentation xml:lang = "ru">ГРУППА: "Реквизиты электронного документа о платеже.
Двухэтапный процессинг".</xsd:documentation>
</xsd:annotation>
<xsd:sequence><xsd:element name = "f_01" type = "ec:PHN_CODE">
<xsd:annotation><xsd:documentation xml:lang = "ru">Телефон</xsd:documentation>
</xsd:annotation></xsd:element>
<xsd:element name = "f_02" type = "ec:PAM">
<xsd:annotation><xsd:documentation xml:lang = "ru">Сумма</xsd:documentation>
</xsd:annotation></xsd:element>
<xsd:element name = "f_03" type = "ec:CUR">
<xsd:annotation><xsd:documentation xml:lang = "ru">Валюта</xsd:documentation>
</xsd:annotation></xsd:element>
<xsd:element name = "f_04" type = "ep:PTY_dct_01">
<xsd:annotation><xsd:documentation xml:lang = "ru">Тип платежного
инструмента</xsd:documentation>
</xsd:annotation></xsd:element>

```

Рисунок 5 – Часть xsd-схемы структуры электронного xml-документа о платеже

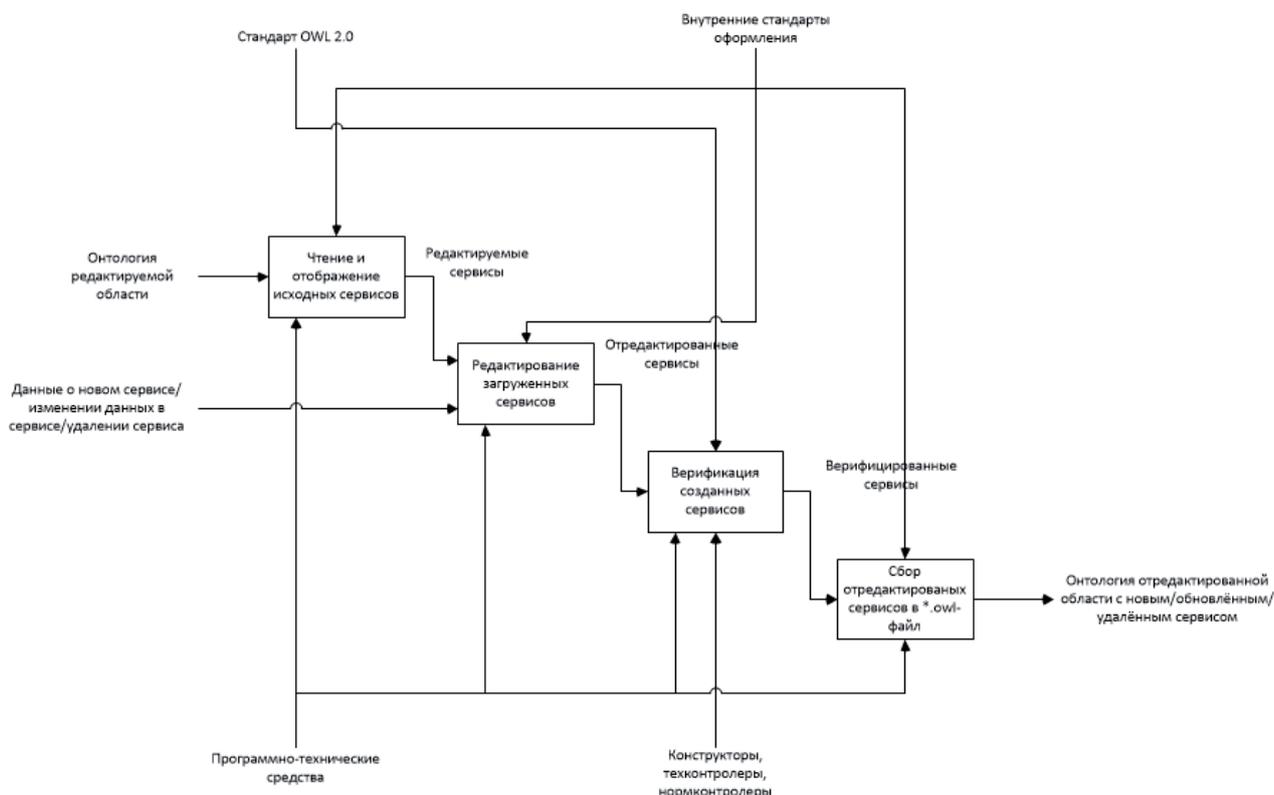


Рисунок 6 – Функциональная модель работы модуля создания услуг в СМП

В начале работы программы происходит первоначальная загрузка файла онтологии, которая далее считывается и происходит отображение полученных данных об онтологии на ра-

бочем поле по правилам внутренних стандартов оформления. Отображённая онтология становится доступной для редактирования по полученным данным о новой услуге. По окончании редактирования обновлённая онтология проходит валидацию на соблюдение стандарта OWL 2.0. При успешном прохождении валидации файл доступен для сохранения. Во время записи онтология собирается в файл формата *.owl и непосредственно сохраняется на жёсткий диск.

Интерфейс разработанного модуля приведён на рисунке 7. На рабочем экране изображён фрагмент разработанной онтологии услуг в СМП.

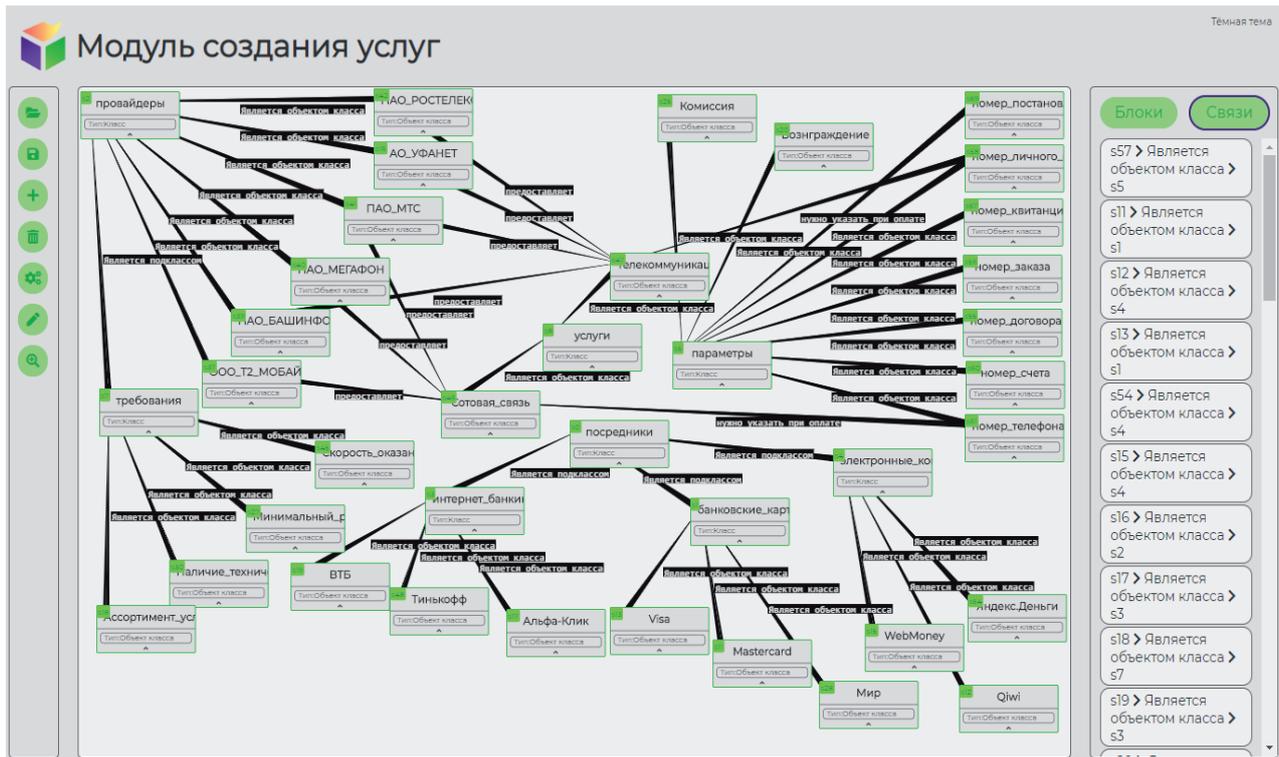


Рисунок 7 - Рабочее поле модуля создания услуг в СМП

Для разработки приложения использовался язык программирования для web-приложений JavaScript и js-фреймворк работы с интерфейсом и отображением данных VanillaJS.

Заключение

Проведён анализ Про СМП, позволивший выделить основные требования к системе со стороны клиентов. Рассмотрена структура услуг оказываемых СМП, характеристики процесса оказания услуг разделены на управляемые параметры, неуправляемые параметры и показатели эффективности процесса. Формализация понятий услуги и процесса оказания услуг в СМП позволила поставить формальную задачу создания онтологии.

Разработана онтология СМП, содержащая информацию об ассортиментах предоставляемых услуг, сетевых сервисах, требованиях и протоколах взаимодействия между СМП, посредниками и провайдерами. Анализ когнитивной эргономики разработанной онтологии показал приемлемый уровень качества.

Разработан онтологический репозиторий, позволяющий вести диалог с точками приёма платежей и предоставляющий данные об имеющемся ассортименте услуг в СМП.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] **Skillen KL, et al.** Using ontologies to manage user profiles in the personalized delivery of mobile services // Health monitoring and personalized feedback using multimedia data. - Springer, Cham, 2015. - P.245-264.
 - [2] **Rimita SR, et al.** Ontologies for modeling user profiles in a personal recommendation for work // 2018 IEEE Distributed computing, VLSI, electrical circuits and robotics (DISCOVER). - IEEE, 2018. - P.98-103.
 - [3] **Di Pietro I, et al.** The choice of semantic web service at the process level: a case study of ebay / amazon / paypal // 2008 IEEE / WIC / ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology. - IEEE, 2008; 1: 605-611.
 - [4] **Sridevi S, Raju G.** Fundamentals of ontology-based annotation testing for web services with semantics, *Journal of Technical and Applied Sciences*, 2018; 13(9): 2791-2798. - DOI: 10.3923 / jeasci .2018.2791.2798.
 - [5] **Ishizu, Shohei, Hermann A, Mehgishi J, Nagai Y.** Ontological decision support systems for management systems audit. Proc. of the 52nd Annual Meeting of the ISSS-2008, Madison, WI. 2008; 3(1).
 - [6] **Chora A, Jane S.** Integration of ontology training and R for effective provision of services in cities // International Conference on Modern Computer Science for Computer Research. - Springer, Singapore, 2018. - P.3-12.
 - [7] **Benvenuti F, et al.** The basis of ontology to support performance monitoring in public transport systems // Transport studies. Part C: New Technologies. – 2017; 81: 188-208.
 - [8] **Ryu M, Kim J, Yun J.** Integrated Semantic Service Platform for the Internet of Things: A Case Study of the Smart Office // Sensors. – 2015; 15(1): 2137-2160.
 - [9] **Anikin A, et al.** The ontological approach to decision making support when creating and using conceptual domain models in training and research // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - IOP Publishing, 2019; 483(1): 012074.
 - [10] **Petrolo R, Loskri V, Mitton N.** To a smart city based on a cloud of things, a review of the concept and paradigm of a smart city // Works on new telecommunication technologies. – 2017; 28(1): E2931.
 - [11] **Ruiz-Martinez A, Reverte ÓC, Gomez-Skarmeta AF.** Payment systems for the purchase of electronic products and services // Computer standards and interfaces. – 2012; 34(1): 80-92.
 - [12] **Kurniawan NB, et al.** Ontology of service computing systems // International Conference on Systems and Innovations in the Field of Information Technologies (ICITSI). - IEEE, 2018. - p. 568-573.
 - [13] **Евланов, М.В.** Онтологическая модель архитектуры информационной системы на основе сервисного подхода / М.В. Евланов // Радиоелектроніка, інформатика, управління. – 2013. – №. 2 (29).
 - [14] **Капустина, А.И.** Разработка онтологической модели тарифов и услуг сотовой связи, основанной на логически полных определениях понятий / А.И. Капустина, Д.Е. Пальчунов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2017. – Т. 15. – №. 2.
 - [15] **Каныгин, Г.В.** Инновационный взгляд на сферу услуг: онтологии сервиса / Г.В. Каныгин, Л.В. Хорева // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2016. – №. 5 (101).
 - [16] **Гайдуков, Р.А.** Методы распределенного репозитория системы моментальных платежей на основе онтологии / Р.А. Гайдуков, В.А. Котельников, Н.И. Юсупова // Труды 3 й Международной конференции «Интеллектуальные технологии обработки информации и управления» 10-13 ноября, Уфа, 2015 Том 1. С.16-22.
 - [17] **Котельников В.А., Григорчук Т.И., Юсупова Н.И.** Подход к разработке единого информационного пространства на основе облачного репозитория для реализации системы финансового посредничества в системе газо-энергосбыта // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. №5. С.656-686. - DOI: 10.17122/ogbus-2015-5-656-686 ISSN 1813-503X.
 - [18] **Гаврилова, Т.А.** Субъективные метрики оценки онтологий. / Т.А. Гаврилова, В.А. Горовой, Е.С. Болотникова, В.В. Голенков // Материалы Всероссийской конф. с межд. участием «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ-2009). Издательство СО РАН. 2009. - С.178-186.
-

ONTOLOGICAL SERVICE REPOSITORY OF INSTANT PAYMENTS SYSTEM

V.A. Kotelnikov¹, D.R. Bogdanova², N.I. Yusupova³

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

¹vit_kot@mail.ru, ²dianochka7bog@mail.ru, ³yussupova@ugatu.ac.ru

Abstract

In this article the authors consider the task of creating a unified semantic description of services for the instant payments system. For this type of system, there are two types of customers: people and providers of goods and services. The paper analyzes the requirements of payment system customers. Requirements allows to formalize manageable and non-manageable parameters as well as performance indicators. The concept of a service and the process of providing services in an instant payment system is formalized. An ontology of services and software for working with ontology are developed. The software includes a repository of the instant payment system and a module for creating services. Protégé editor is used to develop an ontology. Additionally, in the article the developed ontology is studied from cognitive ergonomics point of view. The high-level programming language JavaScript was used to develop software. The innovative part for instant payment systems is the use of ontologies to create a common information space for all participants in the process of providing financial intermediation services.

Key words: *ontological repository, instant payment system, single semantic space.*

Citation: Kotelnikov VA, Bogdanova DR, Yusupova NI. Ontological service repository of instant payments system [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(3): 333-344. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-333-344.

References

- [1] **Skillen KL, et al.** Using ontologies to manage user profiles in the personalized delivery of mobile services // Health monitoring and personalized feedback using multimedia data. - Springer, Cham, 2015. - P.245-264.
- [2] **Rimita SR, et al.** Ontologies for modeling user profiles in a personal recommendation for work // 2018 IEEE Distributed computing, VLSI, electrical circuits and robotics (DISCOVER). - IEEE, 2018. - P.98-103.
- [3] **Di Pietro I, et al.** The choice of semantic web service at the process level: a case study of ebay / amazon / paypal // 2008 IEEE / WIC / ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology. - IEEE, 2008; 1: 605-611.
- [4] **Sridevi S, Raju G.** Fundamentals of ontology-based annotation testing for web services with semantics, *Journal of Technical and Applied Sciences*, 2018; 13(9): 2791-2798. - DOI: 10.3923 / jeasci .2018.2791.2798.
- [5] **Ishizu, Shohei, Hermann A, Mehgishi J, Nagai Y.** Ontological decision support systems for management systems audit. Proc. of the 52nd Annual Meeting of the ISSS-2008, Madison, WI. 2008; 3(1).
- [6] **Chora A, Jane S.** Integration of ontology training and R for effective provision of services in cities // International Conference on Modern Computer Science for Computer Research. - Springer, Singapore, 2018. - P.3-12.
- [7] **Benvenuti F, et al.** The basis of ontology to support performance monitoring in public transport systems // Transport studies. Part C: New Technologies. – 2017; 81: 188-208.
- [8] **Ryu M, Kim J, Yun J.** Integrated Semantic Service Platform for the Internet of Things: A Case Study of the Smart Office // Sensors. – 2015; 15(1): 2137-2160.
- [9] **Anikin A, et al.** The ontological approach to decision making support when creating and using conceptual domain models in training and research // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - IOP Publishing, 2019; 483(1): 012074.
- [10] **Petrolo R, Loskri V, Mitton N.** To a smart city based on a cloud of things, a review of the concept and paradigm of a smart city // Works on new telecommunication technologies. – 2017; 28(1): E2931.
- [11] **Ruiz-Martinez A, Reverte ÓC, Gomez-Skarmeta AF.** Payment systems for the purchase of electronic products and services // Computer standards and interfaces. – 2012; 34(1): 80-92.
- [12] **Kurniawan NB, et al.** Ontology of service computing systems // International Conference on Systems and Innovations in the Field of Information Technologies (ICITSI). - IEEE, 2018. - P.568-573.
- [13] **Evlanov MV.** The ontological model of the information system architecture based on the service approach [In Russian]. *Radioelektronika, informatics, management*. – 2013; 2(29).

- [14] **Kapustina AI, Palchunov DY.** Development of an ontological model of tariffs and services of cellular communication based on logically complete definitions of concepts [In Russian]. Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information Technology. – 2017; 15(2).
- [15] **Kanygin G, Khoreva L.** Innovative view on the service sector: ontologies of service [In Russian]. News of St. Petersburg State University of Economics. – 2016; 5(101).
- [16] **Gaydukov RA, Kotelnikov VA, Yusupova NI.** Methods of a distributed repository of the system of instant payments based on ontology [In Russian]. Proceedings of the 3rd International Conference "Intelligent Information Processing and Management Technologies" "November 10-13, Ufa, Russia, 2015; 1: 16-22.
- [17] **Kotelnikov VA, Grigorochuk TI, Yusupova NI.** Approach to the development of a unified information space based on the cloud repository for the implementation of a financial intermediation system in the system of gas and energy sales [In Russian]. Electronic scientific journal "Oil and Gas Business". 2015; 5: 656-686. – DOI: 10.17122 / ogbus-2015-5-656-686 ISSN 1813-503X.
- [18] **Gavrilova TA, Gorovoy VA, Bolotnikova EC, Golenkov VV.** Subjective ontology assessment metrics [In Russian]. In Materials of the All-Russian Conf. with int. the participation of "Knowledge-Ontology-Theory" (ZONT-2009). Publishing House SB RAS. 2009. P.178-186.
-

Сведения об авторах



Котельников Виталий Александрович, 1982 г. рождения. Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ) в 2005 г. Ст. преподаватель кафедры вычислительной математики и кибернетики УГАТУ. В списке научных трудов 38 работ в области управления в социально-экономических системах, искусственного интеллекта, математических методов в экономике.

Vitaly Alexandrovich Kotelnikov (b. 1982) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 2005. He is Senior Lecturer in the Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University. He is co-author of 38 scientific articles in the field of management in socio-economic systems, artificial intelligence, mathematical methods in economics.



Богданова Диана Радиковна, 1983 г. рождения. Окончила УГАТУ в 2005 г., к.т.н. (2008). Доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики УГАТУ. В списке научных трудов 128 работ в области управления в социально-экономических системах, искусственного интеллекта, математических методов в экономике.

Diana Radikovna Bogdanova (b. 1983) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 2005, PhD (2008). She is Associate Professor in the Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University. She is co-author of 128 scientific articles in the field of management in socio-economic systems, artificial intelligence, mathematical methods in economics.



Юсупова Нафиса Исламовна, 1953 г. рождения. Окончила Воронежский университет в 1975 г. Профессор кафедры технической кибернетики (1998), Доктор технических наук (УГАТУ, 1998), Заслуженный деятель науки Республики Башкортостан (2000), Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации (2007), Почетный знак «Изобретатель СССР» (1988). Декан факультета информатики и робототехники, заведующая кафедрой вычислительной математики и кибернетики. В списке научных трудов более 560 работ в области информатики и вычислительной техники, системного анализа, управления и обработки информации.

Nafisa Islamovna Yusupova (b. 1953) graduated from the University of Voronezh in 1975. She is Professor of Technical Cybernetics (1998), Doctor of Technical Sciences (USATU, 1998), Honored Scientist of the Republic of Bashkortostan (2000), Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation (2007), Badge of "Inventor USSR" (1988). She is the Dean of the Faculty of Computer Science and Robotics, Head of the Department of Computational Mathematics and Cybernetics. In the list of scientific works more than 560 works in the field of computer science and computing technology, system analysis, management and information processing.

professional Education of the Russian Federation (2007), Badge of "Inventor USSR" (1988). She is the Dean of the Faculty of Computer Science and Robotics, Head of the Department of Computational Mathematics and Cybernetics. In the list of scientific works more than 560 works in the field of computer science and computing technology, system analysis, management and information processing.

УДК 004.04

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРАНСФОРМАЦИИ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Н.А. Жукова*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербург, Россия
nazhukova@mail.ru*

Аннотация

Для наблюдения за техническими объектами на них устанавливается множество датчиков, которые позволяют собирать данные о состоянии этих объектов. В зависимости от свойств собираемых данных и решаемых практических задач определяются процессы их обработки. При изменении данных или требований к результатам их обработки процессы перестраиваются. Для обеспечения эффективной обработки предложены метод и модель трансформации данных. Они предусматривают формальное описание последовательностей трансформаций в общем виде, а также их представление в виде процессов обработки. Для практической реализации метода предложено представлять трансформации в виде связанных онтологических моделей, включающих функциональную, информационную и процессно-сервисные модели. Построение моделей осуществляется с использованием правил, множество которых представляется в виде управляющей модели. Приводится онтологическая модель для трансформации данных, представленных в виде временных рядов. Структуру её классов определяют классификаторы, определённые для исходных временных рядов и их представлений, а также методов, алгоритмов и процедур их обработки и оценки результатов. Приводится пример обработки результатов измерений значений параметров давления технического объекта космического назначения при проведении технического контроля его состояния.

Ключевые слова: модели трансформации, обработка данных, технические объекты, временные ряды.

Цитирование: Жукова, Н.А. Онтологические модели трансформации данных о состоянии технических объектов // Онтология проектирования. – 2019. – Т. 9, №3(33). – С. 345-360. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-345-360.

Введение

От технических объектов поступают потоки данных, содержащие разнородные результаты измерений значений параметров этих объектов. Сырые данные трудно применимы при прогнозировании состояния объектов, управлении ими, а также решении других прикладных задач. Использование данных становится возможным после некоторой предварительной обработки - трансформации для представления в нужном виде. Методы трансформации данных отличаются показателями эффективности. В качестве таких показателей используются погрешность, время трансформации, требуемый объём памяти и другие. При выборе методов трансформации должны учитываться условия обработки данных, включая наличие соответствующих программ, технических средств и т.п. Таким образом, имеет место актуальная научная задача эффективной трансформации данных, получаемых от наблюдаемых объектов, к требуемому виду. Эта задача относится к области интеллектуальной обработки и анализа данных. Несмотря на достигнутые успехи, многие аспекты автоматической трансформации данных к требуемому виду оставлены без внимания. Значительная часть предложенных решений носит частный характер.

В работе предлагаются новые многоуровневые модели и методы трансформации данных, позволяющие выполнять управляемое построение и перестройку процессов обработки данных в различных условиях. Предлагаемые модели и методы предусматривают построение различных представлений данных, а также многократное преобразование построенных представлений. При этом используются методы статистической обработки данных, интеллектуального анализа, машинного обучения. Способы представления данных об объектах определяются требованиями, предъявляемыми к результатам обработки, и свойствами исходных данных. Выбор алгоритмов обработки осуществляется исходя из формируемых представлений данных.

В состав разработанных моделей и методов входят метод и модель многоуровневой трансформации данных, а также метод и модель обеспечения многоуровневой трансформации. Метод трансформации позволяет строить многоуровневые модели, содержащие формальное описание последовательностей трансформаций и их представлений. Для построения моделей трансформации разработан метод обеспечения трансформации данных. Он предусматривает построение модели обеспечения, которая описывает формальные модели в виде системы функциональных, информационных, процессных и сервисных моделей, и управляющей модели, которые вместе представляются в виде онтологических моделей.

1 Метод многоуровневой трансформации данных

Предлагаемый метод многоуровневой трансформации данных предусматривает, что известны исходные данные, условия их обработки, а также требования, предъявляемые к результатам обработки.

Метод включает выполнение четырёх последовательных шагов.

- 1) определение пространства построения процессов обработки, описание процесса обработки в общем виде. При этом определяются стратегии для достижения цели обработки, а также следующие пространства: фазовое; управления обработкой; функционалов, применимых для достижения цели обработки.
- 2) построение семейств трансформаций данных для выбранной стратегии. Строятся множества допустимых правил управления трансформациями для выбранной стратегии, формируется общая структура системы трансформаций в виде последовательности управляемых переходов между различными представлениями данных.
- 3) построение системы трансформаций данных. Для этого определяются трансформации для типов представлений данных. На их основе строятся многоуровневые горизонтально-вертикальные структуры трансформаций.
- 4) построение параметрических семейств процессов обработки данных. На основе построенных трансформаций с горизонтально-вертикальной структурой определяются семейства параметрических процессов обработки данных.

2 Многоуровневая модель трансформации данных

Исходное пространство трансформаций данных определяется допустимым контентом информационных потоков, допустимым контекстом обработки, множеством функционалов, применимых для обработки контента в контексте, возможными стратегиями обработки. Под стратегией понимается совокупность правил выбора действий. Процессы, реализующие некоторую стратегию обработки за конечное время, представляются в виде множества элементарных процессов обработки, для которых определены правила управления ими.

Для построения процессов обработки определяются параметрические семейства трансформаций. Семейства трансформаций обеспечивают достижение конечной цели за m итераций за счёт управляемых переходов на множестве допустимых правил управления для заданной стратегии:

$$F_k = T_{ck} \otimes F_{k-1}, \quad k = \overline{1, m},$$

где F_k - правила управления на k -ом шаге; T_{ck} - состав трансформаций на k -ом шаге, \otimes - операция трансформации. Такие переходы можно рассматривать как управляемое блуждание на множестве допустимых правил управления. При переходах могут строиться новые представления обрабатываемых данных или преобразовываться имеющиеся. В первом случае трансформации, предусматриваемые переходом, относятся к горизонтальным, во втором - к вертикальным.

В результате семейства трансформаций представляют собой структуры вида:

$$T = \{T^G \cup T^V\},$$

где T^G - вертикальные, T^V - горизонтальные трансформации. Эти структуры определяют структуры формируемых моделей трансформации данных.

На основе семейств трансформаций строятся системы трансформаций. При этом построенные семейства трансформаций уточняются, исходя из представлений обрабатываемых данных, между которыми осуществляются переходы. Системы трансформаций составляют основу для построения параметрических семейств вертикальных и горизонтальных процессов обработки. При определении семейств процессов обработки учитывается контент и контекст обработки.

Предложенная модель позволяет описывать процессы обработки данных в общем виде и решать различные задачи обработки данных, в том числе задачи слияния данных [1-3].

3 Обеспечение многоуровневой трансформации данных

3.1 Метод обеспечения многоуровневой трансформации данных

Метод предусматривает построение многоуровневых представлений процессов обработки. Уровни представлений процессов обработки соответствуют уровням, определённым в модели трансформации.

Предлагаемый метод предусматривает построение следующих представлений процессов обработки данных [4].

- 1) на верхнем уровне процессы обработки описываются в виде иерархии этапов и подэтапов обработки. Этапы и подэтапы определяются исходя из решаемой задачи и входящих в её состав подзадач.
- 2) на следующем уровне этапы обработки представляются в виде технологий обработки. Технологии представляют собой обобщённые методы решения. Выбор технологий осуществляется с применением функций, позволяющих выбирать технологии обработки из множества возможных с использованием правил.
- 3) на третьем уровне определяются шаблоны обработки. При этом каждая технология представляется в виде множества связанных шаблонов. Под шаблоном обработки понимается детальное описание реализации технологии, представляемое в виде графа. В его узлах могут размещаться шаблоны или группы алгоритмов обработки. Для формального описания шаблонов применяются ориентированные атрибутированные графы отношений. Атрибуты являются типизированными. С каждым атрибутом ассоциирован вектор харак-

теристик. Выделяются два типа атрибутов вершин: атрибуты, которые содержат именованные группы алгоритмов обработки, и атрибуты, содержащие именованные шаблоны обработки. Атрибутами рёбер являются правила переходов между вершинами. Для задания атрибутов применяются функции назначения атрибутов вершинам и рёбрам.

- 4) на четвёртом уровне моделей определяются процессы обработки, представляемые последовательностями алгоритмов обработки. При этом из каждой группы алгоритмов, определённой на третьем уровне, выбирается один или несколько алгоритмов. Алгоритмы имеют описания, которые включают базовые сведения об алгоритмах, описание условий применения и критерии оценки, *пред-* и *пост-* условия выполнения. Определяются правила и условия выполнения алгоритмов. Алгоритмы могут выполняться последовательно или параллельно.

В соответствии с процессами обработки определяются исполняемые процессы обработки данных, для которых определены все параметры их выполнения.

3.2 Модель обеспечения многоуровневой трансформации данных

Модель обеспечения имеет многоуровневую структуру. Уровни модели соответствуют различным представлениям трансформаций.

Каждое представление рассматривается с нескольких точек зрения. Основными из них являются функциональная, информационная и процессно-сервисная. Другие возможные точки зрения рассмотрены в [5]. Для всех точек зрения строятся соответствующие им модели.

Функциональные модели описывают задачи, решаемые при обработке, состав необходимых для этого входных данных и ожидаемые результаты обработки. Информационные модели содержат исходные данные и описания результатов их обработки. Процессно-сервисные модели определяют состав преобразований, которые необходимо выполнить для решения поставленных задач обработки, и программные сервисы, которые позволяют их реализовать. Функциональные, информационные и процессно-сервисные модели связаны между собой. Модели функциональных, информационных и процессно-сервисных представлений трансформаций и установленные между ними взаимосвязи показаны на рисунке 1.

На нижнем уровне элементами информационных моделей являются элементы исходных данных, полученных от объектов. Процессные модели представлены в виде исполняемых процессов, определены сервисы, позволяющие их выполнять. Функциональные модели описывают решаемые задачи в виде множества отдельных элементарных функций обработки.



Рисунок 1 – Модели представления трансформаций данных

Правила построения моделей определяются в управляющей модели. Правилами управляющей модели определяются возможные переходы между функциональными, информационными и процессно-сервисными моделями. Связи являются двунаправленными и позволяют:

- по данным, содержащимся в информационных моделях, определять задачи обработки, которые могут решаться, т.е. определять элементы функциональных моделей;
- для решаемых задач обработки и с учётом имеющиеся исходных данных определять возможные процессы обработки данных;
- определять новые информационные модели или детализировать существующие за счёт новых информационных элементов, получаемых в результате обработки исходных данных.

Обратные связи определяют накладываемые на модели ограничения. Информационные и процессно-сервисные модели строятся с учётом ограничений, которые определяются решаемыми задачами обработки. Ограничения формулируются исходя из требований, которые предъявляются пользователями к результатам обработки данных. Информационные модели могут ограничивать возможности построения процессов обработки. При построении процессов обработки некоторые алгоритмы обработки могут оказаться неприменимы из-за нехватки исходных данных.

3.3 Онтологическая модель многоуровневой трансформации данных

Онтологические модели строятся в соответствии со структурой и взаимосвязями, которые определены для модели обеспечения. В условиях, когда требуется решение ограниченного числа задач, онтологические модели строятся для фрагментов моделей обеспечения.

Структура онтологической модели приведена на рисунке 2.

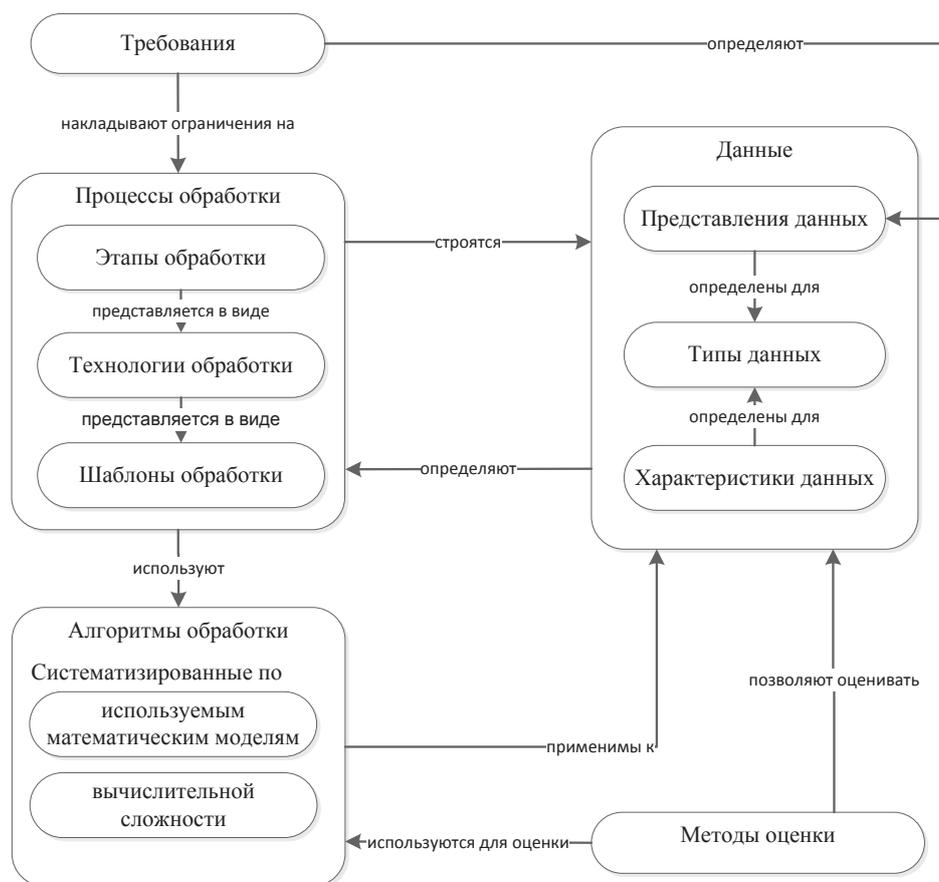


Рисунок 2 – Структура онтологической модели трансформации данных

В приведённой на рисунке 2 структуре процессно-сервисная модель описывается тремя классами – «Процессы обработки», «Алгоритмы обработки», «Методы обработки», функциональная модель представлена классом «Требования», а класс «Данные» определён в соответствии с информационной моделью. Правила управляющей модели отражены в виде связей, установленных между классами.

Классы онтологической модели имеют множество подклассов. Структуры классов определяются в соответствии с известными классификаторами тех объектов, которые к этим классам отнесены. При построении классов могут использоваться один или несколько классификаторов. Классы, построенные на основе одного классификатора, имеют иерархическую структуру. При учёте различных классификаторов структуру классов определяют несколько иерархий. При этом объекты принадлежат классам из различных иерархий.

Класс «Требования» определяет требования, которые могут предъявляться к результатам обработки данных со стороны потребителей. Они определяются исходя из задач, решаемых конечными пользователями. В требованиях также учитываются ограничения, накладываемые на формируемые процессы обработки данных.

Класс «Процессы обработки» содержит классы, определяющие элементы, используемые для описания различных представлений процессов, в частности, их представления в виде этапов обработки, технологий и шаблонов обработки, а также в виде последовательностей алгоритмов обработки.

Класс «Данные» содержит информацию о возможных типах данных, их свойствах, а также о представлениях данных, которые могут быть получены в результате их обработки.

Класс «Алгоритмы обработки» содержит описания известных алгоритмов обработки данных. В модели алгоритмы классифицируются по нескольким основаниям, в частности, по используемым математическим моделям и по вычислительной сложности. Возможны классификации по другим основаниям.

Класс «Методы оценки» содержит описание моделей и методов, которые могут применяться для оценки результатов обработки данных с применением алгоритмов из класса «Алгоритм обработки».

В модели определены свойства данных и объектные свойства. Свойства данных применяются для описания значений отдельных параметров процессов, данных, алгоритмов. Например, для алгоритмов определяются их параметры, диапазоны значений параметров, задаются *пред-* и *пост-* условия, размещаются неформальные описания алгоритмов, описываются программные сервисы, реализующие эти алгоритмы и т.д.

К объектным отнесены свойства, которые связывают классы между собой и используются при построении процессов обработки. В модели определены следующие объектные свойства.

- Свойства «Накладывают ограничения на» и «Определяют» связывают класс «Требования» с классами «Процессы обработки» и «Данные». За счёт этих свойств задаются ограничения, накладываемые на процессы обработки, и определяются представления данных, которые требуется получить в результате обработки данных.
- Свойство «Определены для» отражают связи между типами данных и их характеристиками, а также между типами данных и их возможными представлениями. За счёт этого свойства определяются возможные способы описания данных, которые могут быть получены в результате их обработки.
- Свойства «Определяют» и «Строятся» устанавливают связи между классами «Процессы обработки» и «Данные». Определение этапов обработки осуществляется исходя из требуемых представлений данных. Выбор технологий и шаблонов основан на оценке характеристик обрабатываемых данных.

- Свойство «Представляются в виде» обеспечивает возможность представления этапов процессов обработки в виде технологий обработки и шаблонов обработки.
- Свойства «Используют» и «Применимы к» позволяют определять алгоритмы, используемые в процессах обработки данных. Свойство «Применимы к» позволяет выбирать алгоритмы с учётом характеристик обрабатываемых данных.
- Свойства «Позволяют оценивать» и «Используются для оценки» дают возможность оценивать исходные данные и результаты их обработки. При оценке результатов обработки учитываются алгоритмы, с применением которых выполнялась обработка.

Построение процессов обработки на основе онтологической модели предполагает выполнение следующих шагов.

- 1) формализация требований пользователей, условий обработки данных. Определение на их основе требуемого представления данных, которое необходимо построить, назначение ограничений для параметров формируемых процессов обработки.
- 2) определение типов исходных данных и рассчитываемых для них характеристик. Определение промежуточных представлений данных, позволяющих перейти от исходных данных к требуемому представлению.
- 3) определение этапов обработки, необходимых для формирования каждого из представлений данных. Выбор технологий обработки, шаблонов обработки и алгоритмов обработки. В случае, если алгоритмы из класса «Алгоритм» не позволяют обеспечить требуемую обработку, то возможно два альтернативных варианта. В первом варианте исключается из рассмотрения одно или несколько ограничений, накладываемых на параметры процессов обработки. Второй вариант предполагает пересмотр требований к процессам. С использованием информации о программных сервисах, обеспечивающих реализацию алгоритмов, процесс описывается в виде последовательности вызовов сервисов.
- 4) полученные результаты обработки оцениваются с использованием методов и моделей из класса «Методы оценки». В случае, если результаты обработки не отвечают требованиям, то процессы обработки перестраиваются.

4 Онтологическая модель обработки временных рядов

Онтологическая модель обработки временных рядов результатов измерений значений параметров технических объектов строится на основе классификаторов, определённых для исходных временных рядов и их представлений, а также методов, алгоритмов и процедур их обработки и оценки результатов. Классификатор требований в рамках онтологической модели не рассматривается. Этот классификатор определяется исходя из решаемых прикладных задач и не зависит от типа обрабатываемых данных.

Классификатор временных рядов измерений. Классификация временных рядов измерений основана на формировании групп временных рядов в соответствии с их поведением. В зависимости от характера изменения во времени параметры разделяются на функциональные, сигнальные и константные [6]. Характерная особенность функциональных параметров состоит в том, что они являются непрерывными во времени функциями. Для сигнальных параметров характерно скачкообразное изменение во времени, например, связанное с переходом из одного дискретного состояния в другое. Константные параметры описываются одним значением. В зависимости от скорости изменения во времени функциональные параметры разделяются на медленно меняющиеся и быстро меняющиеся [6].

По характеру поведения временных рядов результатов измерений выделяются стационарные, нестационарные и кусочно-стационарные временные ряды. Временные ряды измерений независимо от их физической природы в большинстве случаев являются случайными

нестационарными процессами. Однако для них могут быть определены относительно протяжённые участки стационарности.

Для временных рядов измерений медленно меняющихся функциональных параметров определяется наличие или отсутствие разрывов в первой и второй производных.

Для функциональных параметров определяется возможность описания результатов их измерений, представленных в виде временных рядов, с применением параметрических моделей. Для нестационарных рядов подбор модели осуществляется для каждого из стационарных сегментов ряда. Состав моделей определяется в соответствии с существующими статистическими и интеллектуальными моделями описания временных рядов. Для оценки соответствия модели и временного ряда в типовом случае используется метод наименьших квадратов, возможно использование любого другого метода, например, метода максимального правдоподобия.

Наиболее распространенным является способ классификации временных рядов, основанный на вычислении совокупности различных характеристик исходного временного ряда. Состав рассчитываемых характеристик определяется соответствующим классификатором.

Классификатор сегментов временных рядов. Сегментирование осуществляется для кусочно-стационарных и нестационарных временных рядов. Рассматривается два основных способа определения сегментов.

Первый способ предполагает анализ диапазона значений одной или совокупности рассчитанных для сегмента характеристик. Например, временные ряды значений константных параметров могут описываться медианой, разбросом значений, а также процентным соотношением значений, совпадающих со значением медианы, и отличных от неё. При таком способе сегментации формируемые сегменты классифицируются по рассчитываемым характеристикам.

В соответствии со вторым способом определения сегментов осуществляется поиск схожих сегментов в априорно сформированной базе типовых сегментов. В базу типовых сегментов могут включаться сегменты, соответствующие константному, линейно возрастающему / убывающему, выпукло / вогнуто возрастающему / убывающему поведению временного ряда. В процессе накопления исторических данных база сегментов расширяется за счет добавления в базу специализированных сегментов, отражающих характерные особенности поведения временных рядов, полученных в результате измерений значений параметров объектов.

При поиске сегментов целесообразным является использование мульти-разрешающего подхода к представлению временных рядов. В соответствии с ним верхний уровень представления отражает общие тенденции в поведении временного ряда. На более низких уровнях учитываются особенности его поведения. При использовании мульти-разрешающего подхода одним из классификационных признаков сегментов является уровень представления временных рядов.

Классификатор характеристик временных рядов. Характеристики предназначены для описания временных рядов, а также их сегментов. Классификатор характеристик временных рядов предполагает формирование групп характеристик по скорости их вычисления и области представления временных рядов результатов измерений (временная, частотная, частотно-временная), а также степени информативности характеристик.

К первой группе характеристик относятся: частота измерений, значения статистических характеристик (медиана, мода, размах, ранг, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, моменты (математическое ожидание, дисперсия, асимметрия, эксцесс), поведение кривой, соответствующей временному ряду во временной области (вариабельность, ошибка кусочно-постоянной аппроксимации, ошибка кусочно-линейной аппроксимации, ошибка аппроксимации полиномом второй и более степеней, значения характерных точек, кривизна),

поведение кривой в частотной области (вектор коэффициентов Фурье), поведение кривой в частотно-временной области (вектор вейвлет-коэффициентов), энтропия, вариативность производной и др.

Вторую группу определяют характеристики, которые рассматривают временной ряд как случайный стационарный процесс: одномерная и многомерная функции распределения, одномерная и многомерная плотность вероятности случайного процесса, распределение вероятностей случайных дискретных величин, спектральная плотность.

Расширенное признаковое пространство описания исходных и преобразованных временных рядов результатов измерений во временной области предусматривает вычисление производных с применением метода конечных разностей, нижней и верхней огибающих временных рядов и вариаций построенных огибающих, длины кривой, а также преобразование временного ряда с применением метода главных компонент [7]. Для преобразованных данных рассчитываются ошибки их описания константными значениями, линейными функциями, квадратичными функциями. Возможна интерполяция временных рядов кубическими сплайнами или аппроксимация заданными функциями (степенной, показательной, логарифмической, пользовательской). В этом случае в качестве характеристик рассматриваются ошибки интерполяции и аппроксимации. Характеристиками временных рядов также являются локальная, глобальная и взвешенная сложность, показатели вариабельности, максимальное и минимальное значение кривизны и её медиана, площадь фигуры, ограниченной кривой и линией, соединяющей её крайние точки [8].

В качестве альтернативного подхода к построению классификатора характеристик может использоваться подход, основанный на типе рассчитываемых характеристик. Выделяются три основных типа характеристик – линейные характеристики, нелинейные характеристики и другие характеристики, формируемые на основе вычисления различных мер. В составе каждой из этих групп выделяется несколько подгрупп.

При определении характеристик, относящихся к линейным, используются меры, основу которых составляет вычисление линейной корреляции, частоты, построение авторегрессионных моделей. В первую подгруппу линейных характеристик входят меры, основанные на вычислении линейной и монотонной автокорреляционных функций. В зависимости от видов шкал могут вычисляться автокорреляционные функции Пирсона, определяться ранговые корреляции Кендалла или Спирмана. При вычислении мер часто рассматриваются различные временные задержки. К первой подгруппе относятся также характеристики, основанные на вычислении куммулятивной автокорреляции и частичной автокорреляции [9]. Подгруппа мер, вычисляемая при частотном представлении временных рядов, включает распределение энергии в частотных интервалах, медиану частоты, вычисленную на основе оценки спектральной мощности с применением стандартной периодограммы [10]. К третьей подгруппе относятся меры, формируемые на основе построения линейных моделей временных рядов: авторегрессионной модели, авторегрессионной модели скользящего среднего [11]. При вычислении мер строятся модели различных порядков. На основе построенных моделей могут быть вычислены следующие меры: абсолютный средний процент ошибки, нормализованное среднеквадратичное отклонение ошибки, нормализованный средний квадрат ошибки, коэффициент корреляции.

К основным группам мер, применяемым для вычисления нелинейных характеристик, относятся меры, основанные на вычислении нелинейной корреляции, размерности и сложности временного ряда, а также построении нелинейных моделей временных рядов. К первой подгруппе нелинейных характеристик относятся две меры – бикорреляционная мера (трёхточечная автокорреляция) и мера взаимной информации. Для вычисления взаимной информации применяется разбиение на равные интервалы по расстоянию и по вероятности распределения

значений [12, 13]. Так же как и для корреляционных мер, вычисляются меры кумулятивной бикорреляции и кумулятивной взаимной информации для различных временных задержек [14, 15]. К подгруппе мер, основанных на вычислении размерности и сложности, относятся: размерность корреляции [16], кумулятивная плотность и обратная кумулятивная плотность. Мерами, оценивающими сложность, являются меры аппроксимации энтропии и алгоритмической сложности. При вычислении мер, основанных на нелинейных моделях, рассматриваются следующие типы моделей: локальная модель среднего; локальная линейная модель, параметры которой оцениваются с использованием метода наименьших квадратов; локальная линейная модель, параметры которой оцениваются на основе расчета регрессионной функции для главных компонент. Для оценки моделей используются характеристики, аналогичные линейным моделям.

Меры, на основе которых определяется третья группа характеристик, подразделяются на две подгруппы: статистические меры и статистические меры для осциллирующих характеристик. К первой подгруппе относятся: среднее, медиана, стандартное отклонение, гладкость, эксцесс, первый и второй моменты временного ряда, параметры Херста и корреляционные меры, которые рассчитываются с использованием метода анализа диапазонов с изменением масштаба (*Rescaled range analysis*) и метода анализ колебаний (*Detrended actuation analysis*). Вторая подгруппа включает меры для описания осциллирующих временных рядов, в частности, могут рассчитываться локальный минимум, локальный максимум, размах, продолжительность осцилляции. Другие меры, предложенные, например, в [17].

Классификатор вариантов представления временных рядов. Варианты формализованного описания определяются для стационарных, кусочно-стационарных и нестационарных временных рядов. Рассматриваются два основных способа представления временных рядов – представления, адаптируемые к описываемым данным, и представления, не адаптируемые к данным.

При использовании адаптируемых представлений временные ряды могут описываться следующими характеристиками: коэффициенты кусочно-линейной аппроксимации и адаптивной кусочно-константной аппроксимации; коэффициенты сингулярного разложения; символьные представления временных рядов.

При использовании не адаптируемых представлений вычисляется следующий набор характеристик: коэффициенты вейвлет-преобразования с использованием ортонормированных и биортонормированных преобразований; коэффициенты спектрального представления временных рядов, полученные с использованием дискретного Фурье-преобразования и дискретного косинусного преобразования; результаты кусочно-совокупного приближения временного ряда и другие.

Классификатор методов, алгоритмов и процедур обработки и анализа данных может строиться исходя из применяемого математического аппарата. Основу такого классификатора составляют стандартные классификаторы методов цифровой обработки сигналов, математической статистики и методов искусственного интеллекта, включая методы интеллектуального анализа данных и машинного обучения.

Другой классификатор методов, алгоритмов и процедур может быть построен исходя из основных этапов обработки. Типовые процессы обработки данных и их этапы рассмотрены в [18]. Процесс обработки может быть ориентирован на получение дополнительной информации об обрабатываемых результатах измерений. В этом случае широко применяются алгоритмы разведочного анализа данных. Это могут быть наборы тестов, включая тесты оценки качества измерений, определения типов временных рядов результатов измерений, определения набора характеристик, которыми они обладают и т.д. Основу тестов составляют различные статистические процедуры. При комплексной обработке применяются методы интеллек-

туального анализа, в частности, сегментации, кластерного анализа, классификации, секвенциального анализа, поиска ассоциативных правил и другие. Комплексная обработка предполагает определение основных характеристик обрабатываемых временных рядов на основе выявления схожих по поведению временных рядов с известными характеристиками.

Классификатор критериев оценки данных, а также результатов работы алгоритмов.

Рассматриваются три группы критериев оценки данных:

- формируемые исходя из сведений об источнике данных;
- получаемые в результате сравнения данных с историческими данными;
- рассчитываемые с применением специализированных процедур.

Состав критериев, относящихся к первой группе, представляет собой фиксированный набор рассчитываемых характеристик и допусков на их значения. Вторая группа критериев основана на определении степени схожести обрабатываемых данных и исторических данных, полученных в аналогичных условиях. Третья группа включает стандартные критерии оценки, определённые для алгоритмов обработки данных. Например, оценки результатов кластерного анализа могут основываться на вычислении критериев компактности данных внутри кластера и удаленности между элементами различных кластеров. Для этого рассчитываются индекс Данна и подобные ему, индекс Девиса-Болдиена, среднеквадратичное отклонение и коэффициент детерминации, SD индекс, S_Dbw индекс. Для других групп алгоритмов имеются свои критерии. Для алгоритмов ассоциации критерии рассмотрены в [19].

Пример онтологической модели для обработки временных рядов рассмотрен в [20].

Рассмотренная онтологическая модель может быть расширена за счёт других существующих, а также вновь разрабатываемых моделей и методов. Для расширения онтологической модели могут использоваться открытые информационные ресурсы, в частности, [21].

5 Пример применения онтологической модели при обработке данных технических объектов

В области объектов космической техники перед проведением пусков предусматривается проведение комплексных проверок их состояния. В ходе проверок инженерами-анализаторами проводится детальное исследование поведения всех систем объектов при различных условиях. В ходе проверок проводятся измерения значений параметров объектов. Задача состоит в выявлении по результатам измерений параметров таких агрегатов и узлов, реакция которых на внешние воздействия не в полной мере соответствует ситуации. Отказ элементов технических изделий в основном наблюдается при переходе из одного состояния в другое. Таким образом, наибольший интерес с точки зрения анализа состояния объектов представляют переходные процессы. При этом, именно эти процессы, являются наиболее сложными для обработки.

На рисунке 3 приведены результаты измерений параметров давлений продувок магистралей горючего (ПМГ) ракетносителя «Союз-2» для заправочных магистралей четырёх блоков («а»-«г»). Блоки имеют одинаковую конструкцию, соответственно, поведение одинаковых параметров на различных блоках должно быть схожим. Просмотр графиков изменения давлений не даёт представления о различиях в поведении параметров. Для выявления расхождений требуется точное сопоставление данных и их детальный совместный анализ.

На рисунке 4а показаны результаты измерений параметров ПМГ на одном графике. На рисунке 4б представлены фрагменты графиков, на которых наблюдаются расхождения, в увеличенном масштабе. Процессы обработки основываются на последовательном применении процедур сегментации и кластерного анализа. В результате сегментации временные ряды результатов измерений представляются в виде последовательности стационарных фраг-

ментов. Кластерный анализ позволяет выявить отличия в поведении параметров за счёт сопоставления фрагментов различных параметров между собой. Подробное описание исходных данных и процессов их обработки приведено в [22].

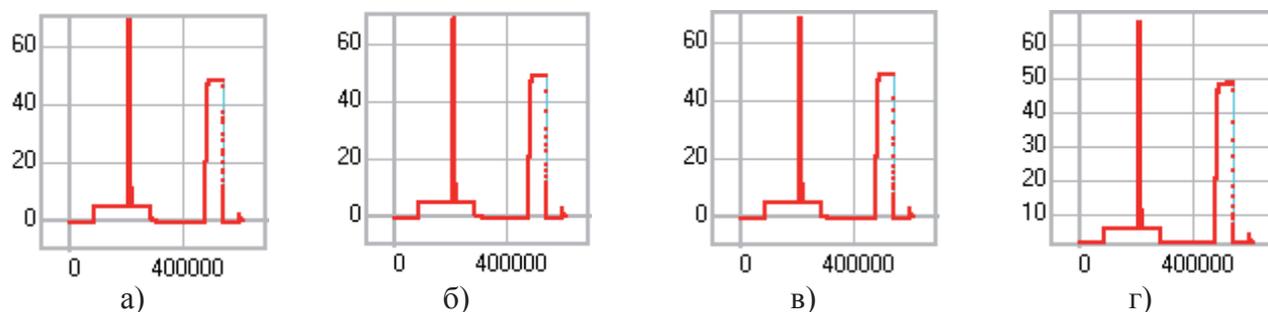


Рисунок 3 – Результаты измерений параметров давлений ПМГ для заправочных магистралей четырёх блоков

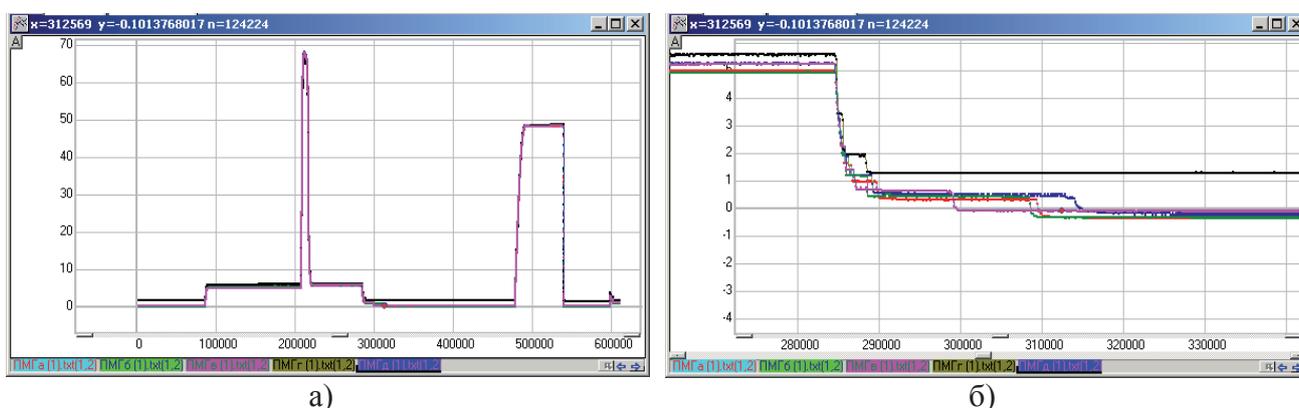


Рисунок 4 – Расхождение в поведении параметров ПМГа- ПМГг

При использовании предложенной модели и метода трансформации данных процесс обработки строится следующим образом.

Сегментация выполняется за несколько шагов. Преобразования на каждом шаге выбираются исходя из свойств исходных данных с использованием классификаторов. В соответствии с классификатором временных рядов результаты измерений параметров давления относятся к функциональным медленно меняющимся параметрам. По характеру поведения временные ряды результатов измерений значений параметров являются кусочно-стационарными. Согласно классификатору сегментов временных рядов они могут представляться в виде последовательности типовых сегментов. При сегментации выполняется аппроксимация фрагментов исходных временных рядов полиномами первой и второй степеней. Выбор метода осуществляется на основе классификатора методов, алгоритмов и процедур обработки и анализа данных. Выделенные сегменты в соответствии с классификатором характеристик временных рядов описываются коэффициентами аппроксимирующих полиномов. Для выбора методов оценки результатов сегментации используется классификатор критериев оценки результатов работы алгоритмов. При кусочно-полиномиальной аппроксимации временных рядов результаты могут оцениваться с помощью метода наименьших квадратов.

Выбор алгоритмов кластерного анализа также осуществляется с использованием классификатора методов, алгоритмов и процедур обработки и анализа данных. Кластеризация векторов полиномиальных коэффициентов осуществляется на основе расчёта расстояний между векторами. К этой группе алгоритмов кластеризации относится алгоритм К-средних. При

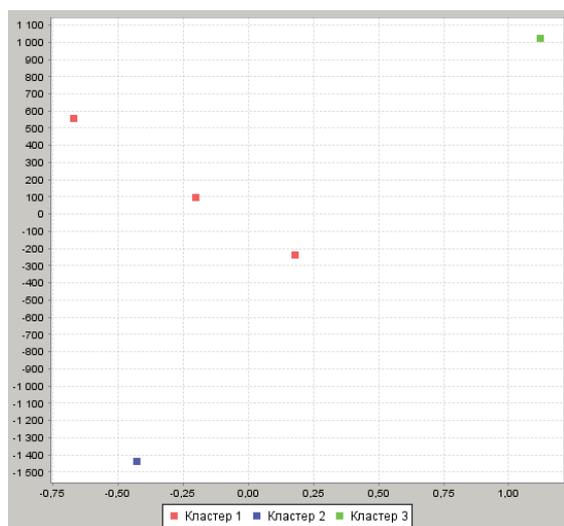
кластеризации векторов, имеющих большую размерность, результаты кластеризации представляются в пространстве главных компонент.

В результате сегментации в рассматриваемых параметрах ПМГ выделяется шесть сегментов. На рисунке 5 показаны коэффициенты, рассчитанные для сегментов параметра ПМГа. Аналогичные коэффициенты рассчитываются для сегментов параметров ПМГб - ПМГг.

```
'05-11-04','009.1','ПМГа';0, -0.00000000000017, 0.00000001070337, -0.39169607280255,0, -0.000093428, 8.177785383, -
238598.966329420,0, -0.00000000001629,
0.0000253145799, 4.89322082561388,0, -0.0025294, 530.3601456, -37067947.1879784,0, -0.000025531, 5.446707953, -
387210.622801123,0, 0.0008606, -188.4030999,
13748134.1363760,0, 0.00000000001283, -0.00000313377703, 5.33150154998261,0, 0.00000013424, -0.04151415427,
4279.45720458188,0, 0.00000000000046,
-0.00000020657920, -0.36096701511691,0, 0.00001342, -6.38363600, 1011109.54211471,0, -0.00000000001507,
0.00000766481145, 47.05548231648211,0,
81.96, -44283782.97, 7975639317406.97,0, 0.00000000001306, -0.00000742067596, 1.01376832581661,0, -2.304,
1382177.784, -276408065663.900,0, 0.00002792,
-16.83409530, 3383403.13271503,0, -0.000000004467, 0.002721174969, -552.265783450761
```

Рисунок 5 – Описание сегментов параметра ПМГа в виде коэффициентов аппроксимирующих полиномов

Таким образом, результаты измерений параметров представляются в виде векторов коэффициентов кусочно-полиномиальной аппроксимации и характеризуются ошибкой аппроксимации. Результаты кластеризации векторов коэффициентов с применением алгоритма К-средних показаны на рисунке 6. На рисунке 6а векторы представлены в виде точек в пространстве первой и второй главной компонент, на рисунке 6б приведены статистические характеристики построенных кластеров.



а)

Кластер 1
 Число векторов: 3
 Вектора: ПМГа, ПМГб, ПМГв

Кластер 2
 Число векторов: 1
 Вектора: ПМГг

Кластер 3
 Число векторов: 1
 Вектора: ПМГд

б)

Рисунок 6 – Результаты кластерного анализа параметров ПМГа-ПМГг

Заключение

Описаны метод и модель трансформации, предназначенные для решения задачи обработки данных, поступающих от наблюдаемых технических объектов. При построении процессов учитываются свойства обрабатываемых данных, а также условия их обработки. Построение процессов включает их представление в общем виде и последующую детализацию общего представления до уровня представления исполняемых процессов. Для построения моделей трансформации данных предложены модели обеспечения трансформации. Они

представляют собой систему моделей, включающую функциональную, информационную и процессно-сервисную модели. Правила построения моделей определяются в управляющей модели. Модели обеспечения трансформаций представляются в виде онтологических моделей. Онтологические модели строятся на основе классификаторов, описывающих требования, предъявляемые к результатам обработки, обрабатываемые данные, процессы обработки, алгоритмы обработки, а также методы оценки получаемых результатов.

Предложенные модели и методы трансформации позволяют с единых позиций описывать различные процессы обработки данных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Llinas, J.* “Revisiting the JDL data fusion model II / Llinas J., Bowman C., Rogova G., Steinberg A., Waltz E., White F. // Technical Report, DTIC Document, 2004.
- [2] *Blasch, E.P.* JDL level 5 fusion model “user refinement” issues and applications in group tracking / Blasch E.P., Plano S. // Proc. of the Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition XI, April 2002. P.270–279.
- [3] *Steinberg, A.* Revisions to the JDL Data Fusion Model. Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications / Steinberg A., Bowman C., White F. // Proceedings of the SPIE. 1999. Vol. 3719.
- [4] *Водяхо, А.И.* Архитектурный фреймворк, ориентированный на поддержку процесса разработки многомерных измерений параметров пространственно распределенных объектов. Архитектурный подход к управлению ИТ-сервисами. / А.И. Водяхо, С.С. Голяк, С.А. Гордеев, Н.А. Жукова // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2013, №4, с. 24-29.
- [5] *Жукова, Н.А.* Принципы организации управления процессами обработки и анализа многомерных измерений в ИГИС / Н.А. Жукова, А.В. Панькин // 5-я Российская мультikonференция по проблемам управления «Информационные технологии в управлении», г. Санкт-Петербург, 9-11 октября, 2012 г. - С. 403-414.
- [6] *Назаров, А.В.* Современная телеметрия в теории и на практике / А.В. Назаров, Г.И. Козырев, И.В. Шитов и др. — СПб.: Наука и техника, 2007. — 672 с.
- [7] *Chang, K.* Principal curves for nonlinear feature extraction and classification / K. Chang, J. Ghosh // Proc. SPIE 3307, Applications of Artificial Neural Networks in Image Processing III, 120 April 1, 1998.
- [8] *Feng, S.* Classification of Curves in 2D and 3D via Affine Integral Signatures / S. Feng, I.A. Kogan, H. Krim // Acta Appl Math (2010) 109: 903. <https://doi.org/10.1007/s10440-008-9353-9>.
- [9] *Hallin, M.* Rank tests for time series analyses: a survey / M. Hallin, M. Puri // In new Directions In Time Series Analyses, Springer-Verlag, New York, 111-154, 1992.
- [10] *Gevins, A.* Statistical pattern recognition / A. Gevins, A. Remond // Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology: methods of brain and magnetic signals, vol 1. Elsevier, Amsterdam. 1987. - Correlation analyses. Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology: methods of brain and magnetic signals, vol 1. Elsevier, Amsterdam. 1987.
- [11] *Бокс, Дж.* Анализ временных рядов прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. Под ред. В.Ф. Писаренко. — М.: Мир, 1974. — Кн. 1. — 406 с. — Кн. 2. — 197 с.
- [12] *Cellucci, C.* Statistical validation of mutual information calculations: Comparison of alternative numerical algorithms / C. Cellucci, A. Albano, P. Rapp // Phys Rev E 71: 066208. 2005.
- [13] *Kugiumtzis, D.* Assessment of Measures of Scalar Time Series Analysis in Discriminating Preictal States / D. Kugiumtzis, I. Vlachos, A. Papan, P.G. Larsson. // International Journal of Bioelectromagnetism, Vol. 9, No 3, p.134-145, 2007.
- [14] *Hinich, M.* Testing for Dependence in the Input to a Linear Time Series Model. Journal of Nonparametric Statistics, 1996.
- [15] *Hinich, M.* Berkeley Detecting Nonlinearity in Time Series: Surrogate and Bootstrap Approaches / M. Hinich, M. Eduardo, E. Mendes, L. Stone // Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics Vol 9, Issue 4 2005 Electronic Press, 2005.
- [16] *Grassberger, P.* Estimation of the Kolmogorov entropy from a chaotic signal / P. Grassberger, I. Procaccia // Phys. Rev. A 28, 2591, 1983.
- [17] *Kugiumtzis, D.* Measures of Analysis of Time Series (MATS): A MATLAB Toolkit for Computation of Multiple Measures on Time Series Data Bases / D. Kugiumtzis, A. Tsimpiris // Journal of Statistical Software. February 2010; 33(5).
- [18] *Дерипаска, А.О.* Адаптивный выбор процессов обработки и анализа многомерных измерений в интеллектуальных информационных системах / А.О. Дерипаска, Н.А. Жукова, А.В. Панькин // Сб. трудов Тринадцатого

той нац. конф. по искусственному интеллекту с межд. участием. (Белгород, 16–20 окт., 2012 г.). Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. Т.1. С. 181–189

- [19] **Городецкий, В.И.** Ассоциативная классификация: аналитический обзор / В.И. Городецкий, О.Н. Тушканова // Труды СПИИРАН. 2015. - Часть 1. Вып. 38. С. 183-203. - Часть 2. Вып. 39. С. 212-240.
- [20] **Tianxing, M.** A Knowledge-based Recommendation System for Time Series Classification / М. Tianxing, N. Zhukova, N. Mustafin // Proceedings of the 24th Conference of Open Innovations Association FRUCT (Moscow, Russia — April 08 - 12, 2019) Article No. 24, 2019. P.751–759.
- [21] The R Project for Statistical Computing. - https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_name.html.
- [22] Когнитивные информационные системы мониторинга / А.В. Васильев и др.; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова. - СПб. : Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2017. – 200 с.

ONTOLOGY MODELS FOR TRANSFORMATION OF DATA ABOUT THE STATE OF TECHNICAL OBJECTS

N.A. Zhukova

*Saint-Petersburg Institute for Information and Automation RAS. Saint Petersburg, Russia
nazhukova@mail.ru*

Abstract

To monitor technical objects many sensors are installed on them, which allows to collect data about these objects. The processes of data processing are determined according to the properties of the collected data and the practical problems that are solved. When data or requirements to the results of its processing change, the processes are rebuilt. To ensure efficient processing, a method and model of data transformation are proposed. They provide a formal description of the sequences of transformations in a general form, as well as their presentation in the form of processing processes. For the practical implementation of the method, it is proposed to represent transformations in the form of a number of linked ontological models, including functional, informational, and process-service models. The construction of models is carried out using rules that are organized in the form of a control model. An ontological model for the transformation of data presented in the form of time series is considered. The structure of its classes is determined by classifiers defined for the initial time series and their representations, as well as methods, algorithms and procedures for their processing and evaluation of results. An example of processing the results of measurements of pressure parameters of a technical object for space purposes during the technical control of its condition is given.

Key words: *transformation models, data processing, time series.*

Citation: *Zhukova AI.* Ontology models for transformation of data about the state of technical objects [In Russian]. *Ontology of designing.* 2019; 9(3): 345-360. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-345-360.

References

- [1] **Llinas J, Bowman C, Rogova G, Steinberg A, Waltz E, White F.** Revisiting the JDL data fusion model II, Technical Report, DTIC Document, 2004.
- [2] **Blasch EP, Plano S.** JDL level 5 fusion model “user refinement” issues and applications in group tracking. Proceedings of the Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition XI, April 2002. P.270–279.
- [3] **Steinberg A, Bowman C, White F.** Revisions to the JDL Data Fusion Model. Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications // Proceedings of the SPIE. 1999. Vol. 3719.
- [4] **Vodyakho AI, Golyak SS, Gordeyev SA, Zhukova NA.** An architectural framework focused on supporting the process of developing multidimensional measurements of parameters of spatially distributed objects. An architectural approach to managing IT services. *Izvestiya SPbGETU «LETI».* 2013; 4: 24-29.
- [5] **Zhukova NA, Pan'kin AV.** Principles of the organization of process control and analysis of multidimensional measurements in IGIS // 5th Russian Multiconference on Management Problems “Information Technologies in Management” (ITU-2012) , St. Petersburg, October 9 - 11, 2012. - P. 403-414.

- [6] *Nazarov AV, Kozurev GI, Shitov IV and others.* Modern telemetry in theory and practice. — SPb.: Nayka i Tekhnika, 2007. — P. 672.
- [7] *Chang K, Ghosh J.* Principal curves for nonlinear feature extraction and classification Proc. SPIE 3307, Applications of Artificial Neural Networks in Image Processing III, 120 April 1, 1998
- [8] *Feng S, Kogan IA, Krim H.* Classification of Curves in 2D and 3D via Affine Integral Signatures. Acta Appl Math (2010) 109: 903. <https://doi.org/10.1007/s10440-008-9353-9>.
- [9] *Hallin M, Puri M.* Rank tests for time series analyses: a survey. In new Directions In Time Series Analyses, Springer-Verlag, New York, 111-154. 1992.
- [10] *Gevins A, Remond A.* Statistical pattern recognition. Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology: methods of brain and magnetic signals, vol 1. Elsevier, Amsterdam. 1987. - Correlation analyses. Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology: methods of brain and magnetic signals, vol 1. Elsevier, Amsterdam. 1987.
- [11] *Box G, Jenkins G.* Time Series Analysis Forecast and Management. Holden-Day, Inc. San Francisco, CA, USA 1990. ISBN:0816211043.
- [12] *Cellucci C, Albano A, Rapp P.* Statistical validation of mutual information calculations: Comparison of alternative numerical algorithms. Phys Rev E 71: 066208. 2005
- [13] *Kugiumtzis D, Vlachos I, Papana A, Larsson PG.* Assessment of Measures of Scalar Time Series Analysis in Discriminating Preictal States. International Journal of Bioelectromagnetism, Vol. 9, No 3, pp. 134-145, 2007.
- [14] *Hinich M.* Testing for Dependence in the Input to a Linear Time Series Model. Journal of Nonparametric Statistics, 1996
- [15] *Hinich M, Eduardo M, Mendes E, Stone L.* Detecting Nonlinearity in Time Series: Surrogate and Bootstrap Approaches. Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics Vol 9, Issue 4 2005 Electronic Press, 2005
- [16] *Grassberger P, Procaccia I.* Estimation of the Kolmogorov entropy from a chaotic signal. Phys. Rev. A 28, 2591, 1983
- [17] *Kugiumtzis D, Tsimpiris A.* Measures of Analysis of Time Series (MATS): A MATLAB Toolkit for Computation of Multiple Measures on Time Series Data Bases. Journal of Statistical Software. February 2010, Vol33, Issue 5.
- [18] *Deripaska AO, Zhukova NA, Pankin AV.* Adaptive selection of processes for multi dimensional measurements processing and analyses in intelligent information systems [In Russian]. Proceedings of 13th national conference on artificial intelligence. (Pelgorod, 16–20 oct., 2012 г.).Belgorod: BGTU, 2012. T.1. P. 181–189
- [19] *Gorodetskiy VI, Tushkanova ON.* Associative classification: analytical review. Proceedings of SPIIRAS. - Part 1 2015; 38: 183-203. - Part 2. 2015; 39: 212-240.
- [20] *Tianxing M, Zhukova N, Mustafin N.* A Knowledge-based Recommendation System for Time Series Classification // Proceedings of the 24th Conference of Open Innovations Association FRUCT (Moscow, Russia — April 08 - 12, 2019) 2019; 24: 751–759.
- [21] The R Project for Statistical Computing. - https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_name.html.
- [22] Cognitive information systems for monitoring / A.V. Vasil'yev and others; Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Almazov National Medical Research Centre. - Spb.: ETU "LETI", 2017. – 200 p.
-

Сведения об авторах



Жукова Наталья Александровна, 1983 г. рождения. Окончила Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ ЛЭТИ) в 2006 году, к.т.н. (2008). Старший научный сотрудник лаборатории вычислительной техники и технологий программирования Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН, доцент кафедры математического обеспечения ЭВМ СПбГЭТУ ЛЭТИ и кафедры информатики и прикладной математики Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. В списке научных трудов более 20 работ в области обработки и анализа данных.

Natalya Alexandrovna Zhukova (b. 1983) graduated from the Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" (ETU) in 2006. Ph.D (2008), researcher at Saint-Petersburg Institute for Information and Automation RAS, associate professor at ETU and ITMO University. She is co-author of more than 20 publications in the field of data processing and analyses.

УДК 519.711.3

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ МНОГОСВЯЗНОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ И ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

В.Е. Гвоздев¹, Р.А. Мунасыпов², О.Я. Бежаева³, Д.Р. Ахметова⁴

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

¹wega55@mail.ru, ²rust40@mail.ru, ³obezhaeva@gmail.com, ⁴dinara.akhmetova.92@gmail.com

Аннотация

Рассматривается метод построения статистических моделей многосвязных объектов в виде многомерных регрессионных зависимостей на основе совместного использования измерительных данных и экспертных оценок. Основная идея метода заключается в преобразовании независимо полученных экспертных оценок и измерительных данных к единому виду – закону распределения непрерывной случайной величины. Это делает возможным сформировать корреляционную таблицу на основе решения обратной задачи определения закона распределения функции случайного аргумента. Сформированная корреляционная таблица служит основой построения регрессионной зависимости известными методами регрессионного анализа. Главным результатом работы является впервые предложенный метод построения многомерных регрессионных зависимостей за счёт совместного использования экспертных оценок и измерительных данных.

Ключевые слова: многосвязный объект, многомерная регрессионная зависимость, закон распределения, случайная величина, экспертная оценка.

Цитирование: Гвоздев, В.Е. Построение модели многосвязного объекта на основе совместного использования данных и экспертных оценок / В.Е. Гвоздев, Р.А. Мунасыпов, О.Я. Бежаева, Д.Р. Ахметова // Онтология проектирования. – 2019. – Т.9, №3(33). – С.361-368. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-361-368.

Введение

Одной из задач построения дескриптивных статических моделей многомерных многосвязных объектов является задача построения многомерных регрессионных зависимостей. Классический подход к решению этой задачи основан на использовании таблицы совместно наблюдаемых значений независимой и зависимой случайных величин.

На практике формирование таблицы совместно наблюдаемых значений может встречать определённые трудности. Это обусловлено, например, тем, что сбор различных данных осуществляется несколькими организациями, деятельность которых регламентируется разными документами. Либо тем, что происходят потери архивных данных. Либо вследствие того, что измерения параметров состояния сложных систем ранее не осуществлялись, но для их оценки можно использовать мнение экспертов. В качестве примера можно привести задачи, связанные с управлением дефектами в программных компонентах аппаратно-программных комплексов на разных стадиях их жизненного цикла [1].

Значения независимых и зависимых параметров могут задаваться в виде измерительных данных и в виде экспертных оценок разного вида: в виде ожидаемых значений; интервала возможных значений; совокупности ожидаемых значений и интервала возможных значений случайной величины. Разработка метода преобразования измерительных данных и экспертных оценок, задаваемых в разных формах, к виду таблицы совместно наблюдаемых значений, послужит основой построения многомерных регрессионных зависимостей.

1 Методы построения функциональных зависимостей на основе измерительных данных и экспертных оценок

Классическому подходу к построению регрессионных зависимостей можно поставить в соответствие схему

$$(1) \quad A^{(0)}: \{\vec{x}, \vec{y}\}_1^N \rightarrow \vec{y} = \varphi_0(\vec{x}, \vec{\theta}).$$

Здесь $\{\vec{x}, \vec{y}\}_1^N$ - множество совместно наблюдаемых значений компонент векторов независимой \vec{x} и зависимой \vec{y} величин;

$\varphi_0(\vec{x}, \vec{\theta})$ – функциональная зависимость, задаваемая в параметрической форме;

N – число пар значений \vec{x} и \vec{y} .

В литературе описаны различные операторы $A^{(0)}$, например, реализующие метод наименьших квадратов [2], либо метод наименьших модулей [3].

При решении практических задач, вследствие сложности организации сбора исходных данных, формирование $\{\vec{x}, \vec{y}\}_1^N$ может встретить серьезные трудности.

В работе [4] описан подход к построению одномерных непараметрических строгих функциональных зависимостей на основе решения обратной задачи построения закона распределения функции случайного аргумента (прямая задача описана в [5]).

Схема решения обратной задачи имеет вид

$$(2) \quad A^{(1)}: \{F(x), F(y)\} \rightarrow y = \varphi_1(x),$$

где $F(x), F(y)$ – оценки одномерных законов распределения независимой и зависимой случайных величин соответственно, определяемые на основе обработки выборочных данных

$$(3) \quad A^{(2)}: \{x\}_1^N \rightarrow x = F(x), A^{(2)}: \{y\}_1^M \rightarrow y = F(y).$$

Особенностью схемы (2) является то, что свойства выборочных данных $\{x\}_1^N, \{y\}_1^M$ (объём, точность регистрации) могут быть различными. Ограничением схемы (2) является необходимость обоснования самого факта наличия строгих зависимостей, например, исходя из физического содержания задачи. В работе [5] приведены результаты исследования свойств оценок строгих функциональных зависимостей $\varphi_1(x)$, получаемых посредством (2).

Если объёмы выборочных данных $\{x\}_1^N, \{y\}_1^M$ являются большими в статистическом смысле, то в качестве $A^{(2)}$ могут использоваться «традиционные» методы, описанные, например, в [2, 5, 6]. Если же объём выборочных данных мал, а тип закона распределения априорно неизвестен, то в качестве $A^{(2)}$ целесообразно использовать методы, основанные на принципе максимизации энтропии [7-9]. Построение оценки закона распределения непрерывной случайной величины сводится к определению параметров μ_j выражения

$$(4) \quad f(z) = \exp(\sum_j \mu_j z^j), j = \overline{1; n}$$

в результате решения системы уравнений вида

$$(5) \quad \int_{a_z}^{b_z} z^k \exp(\sum_j \mu_j z^j) dz = v_z^{(k)},$$

где z - непрерывная случайная величина;

$\{a_z, b_z\}$ – границы интервала физически возможных значений случайной величины;

$v_z^{(k)}$ - начальный момент k -го порядка, определяемый по выборочным данным.

При решении практических задач целесообразно ограничиться двумя первыми моментами [4]. Широко используемые на практике нормальный, показательный и равномерный законы распределения случайных величин, являются частным случаем выражения (4).

Экспертные оценки представляются в виде оценки ожидаемого значения случайной величины $M[z]$ и/или интервала возможных значений случайной величины Z (возможны следующие варианты представления интервалов: $z \in [a_z, b_z]$; $z \in [a_z, \infty)$) [10].

Если известны лишь границы интервала возможных значений случайной величины, т.е. $z \in [a_z, b_z]$, то

$$(6) \quad A^{(3)}: [a_z, b_z] \rightarrow F^{(3)}(z).$$

Здесь $A^{(3)}$ представляет собой частный случай (5), когда $k=0$. В этом случае оптимальной оценкой $F^{(3)}(z)$ является равномерный закон распределения.

Если известны ожидаемые значения $M[z]$, а интервал возможных значений случайной величины представляется в виде $[a_z, \infty)$, то построение оценки сводится к решению задачи

$$(7) \quad A^{(4)}: \{M[z], [a_z, \infty)\} \rightarrow F^{(4)}(z).$$

Здесь $A^{(4)}$ представляет собой частный случай (5) при $k=1$. Оптимальной оценкой $F^{(4)}(z)$ в этом случае является показательный закон распределения

$$(8) \quad F^{(4)}(z) = 1 - e^{-\lambda z}.$$

Параметр закона распределения определяется соотношением $\lambda = (M[z] - a_z)^{-1}$.

Если известны $M[z]$ и границы интервала $[a_z, b_z]$, то оценка закона распределения ищется в результате решения задачи

$$(9) \quad A^{(5)}: \{M(z), [a_z, b_z]\} \rightarrow F^{(5)}(z).$$

Оценка представляется в виде

$$(10) \quad F^{(5)}(z) = \int_{a_z}^z e^{\mu_0 + \mu_1 \tau} d\tau,$$

причём параметры модели μ_0, μ_1 находятся в результате решения системы уравнений

$$(11) \quad \begin{cases} \int_{a_z}^{b_z} e^{\mu_0 + \mu_1} d\tau = 1 \\ \int_{a_z}^{b_z} \tau e^{\mu_0 + \mu_1 \tau} d\tau = M[z] \end{cases}.$$

В частном случае, если дополнительно известно, что $F^{(5)}(a_z) = 0, F^{(5)}(b_z) = 1, F^{(5)}(z)$ представляет собой треугольное распределение.

Преобразование экспертных оценок к виду законов распределения непрерывных случайных величин делает возможным расширить схему (2) на случай построения одномерных непараметрических регрессионных зависимостей на основе совместного использования измерительных данных и экспертных оценок.

Вместе с тем, методы построения функциональных зависимостей на основе решения обратной задачи построения закона распределения функции случайного аргумента, в том числе на основе совместного использования измерительных данных и экспертных оценок, ориентированы на исследование одномерных зависимостей и не адаптированы к исследованию поведения многомерных систем.

2 Построение многомерных регрессионных зависимостей на основе одномерных непараметрических регрессионных моделей

К числу статических моделей, используемых для описания многомерных безынерционных многосвязных объектов относятся многомерные регрессионные зависимости

$$(12) \quad y_j = \varphi_j(x_{j1}, \dots, x_{jk_j}), j = \overline{1; N},$$

где y_j – компоненты вектора Y зависимой переменной;

$x_{jl_j}, l_j = \overline{1; k_j}$ – компоненты вектора независимой переменной;

$\varphi_j(\cdot)$ – зависимость (параметрическая либо непараметрическая) значений j -й компоненты вектора зависимой переменной от значений компонент вектора независимой переменной.

Классический подход к построению многомерных регрессионных зависимостей основан на обработке совместно наблюдаемых значений [5, 6], представленной в табличной форме (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Головка таблицы совместно наблюдаемых значений независимой и зависимой переменных

Номер измерения	Независимые переменные				Зависимая переменная y_j
	x_{j1}	x_{j2}	...	x_{jl_j}	

Многомерные уравнения регрессии ассоциируются с многомерными многосвязными объектами, модель которого представлена на рисунке 1. Построение соотношения вида (12) в зависимости от формы представления компонент вектора независимой переменной x_{jl_j} и зависимой переменной y_j (измерительные данные, экспертные оценки) сводится к использованию одного из преобразований (6), (8), (10) для построения одномерных законов распределения случайных величин с последующей оценкой непараметрических функциональных зависимостей на основе (2).

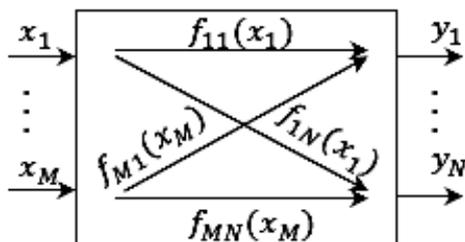


Рисунок 1 – Модель многомерного многосвязного объекта

Наличие одномерных функциональных зависимостей $y_j = f_{ij}(x_j)$ позволяет свести формирование таблицы 1 к последовательной реализации следующих шагов.

Шаг 1. Посредством датчиков равномерно распределенных случайных чисел $x_i \in [0,1]$ методом обратных преобразований [11] генерируются независимые q ($q = \overline{1; Q}$) значения случайных величин $\xi_j^{(q)}$, соответствующие оценкам законов распределения $\hat{F}(x_j)$

$$(13) \quad \xi_{ji}^{(q)} = \hat{F}^{-1}(x_{ji}), i = \overline{1; M}.$$

Шаг 2. По значениям $\xi_{ij}^{(q)}$, используя построенные одномерные параметрические зависимости $f_{ij}(x_j)$ рассчитываются значения y_j по правилам

$$(14) \quad y_j^{(q)} = \sum_i f_{ji}(\xi_{ji}^{(q)}).$$

Шаг 3. Значения $\{\xi_{ji}^{(q)}, y_j^{(q)}\}$ заносятся в виде строки в таблицу 1.

В последующем на основе сформированной таблицы, используя известные методы многомерного регрессионного анализа, строится параметрическая многомерная регрессионная зависимость.

Пример. Допустим, имеется двумерный многосвязный объект. Первому входному параметру ставится в соответствие экспертная оценка вида $x_1 \in [0; 8]$. Второму входному параметру ставится в соответствие выборка случайных величин, которая может быть аппроксимирована нормальным законом распределения $N(4,1)$. Зависимой переменной y_1 ставится в соответствие выборка случайных величин, которая может быть аппроксимирована нормальным законом распределения $N(8,2)$. Зависимой переменной y_2 ставится в соответствие экспертная оценка вида $\{2, [0, \infty)\}$.

Зависимые и независимые переменные связываются соотношениями

$$(15) \quad \begin{cases} y_1 = f_{11}(x_1) + f_{21}(x_2) \\ y_2 = f_{22}(x_2) + f_{12}(x_1) \end{cases}$$

С учётом формы представления экспертной оценки, соответствующей x_1 , в качестве $F_1(x)$ используется равномерный закон распределения $F(x_1) = \frac{1}{8} \int_0^{x_1} dt$. С учётом, что $F(y_1)$ описывается нормальным законом распределения, непараметрическая оценка $f_{11}(x_1)$ в соответствии с (2) приобретает вид, представленный на рисунке 2.

С учётом формы представления экспертной оценки, соответствующей y_2 , в соответствии с (8) в качестве $F(y_2)$ используется показательный закон распределения с параметром

$\lambda = 0,5$. Учитывая, что закон распределения $F(x_2)$ является $N(4, 1)$, непараметрическая оценка $f_{22}(x_2)$ в соответствии с (2) приобретает вид, представленный на рисунке 3.

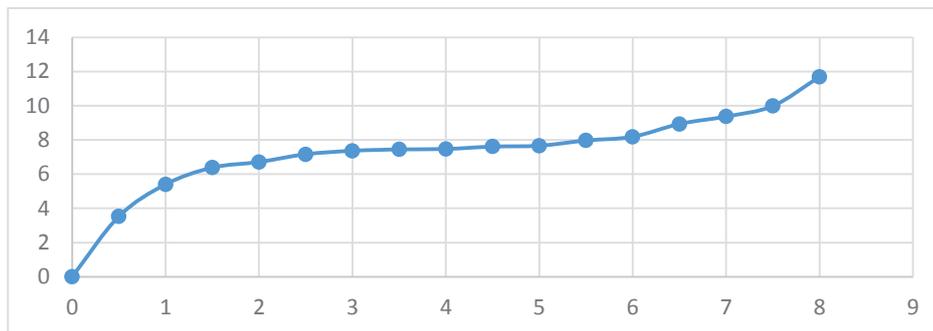


Рисунок 2 – Непараметрическая оценка $f_{11}(x_1)$

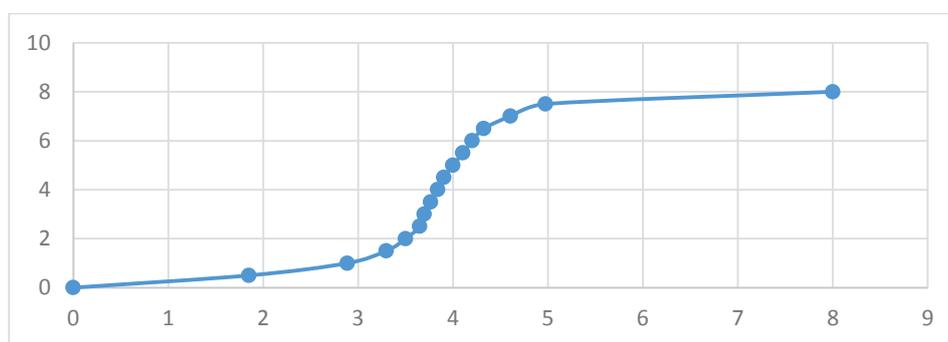


Рисунок 3 – Непараметрическая оценка $f_{22}(x_2)$

С учётом того, что закон распределения $F(x_1)$ является равномерным, а $F(y_2)$ – показательным, использование (2) позволяет получить оценку $f_{12}(x_1)$, представленную на рисунке 4. Учитывая, что $F(y_2)$ имеют одинаковый тип, использование (2) приводит к представлению $f_{21}(x_2)$ в виде линейной зависимости (рисунок 5).

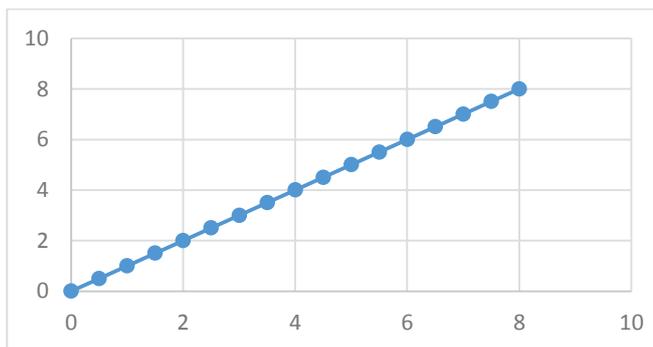


Рисунок 4 – Непараметрическая оценка $f_{12}(x_1)$

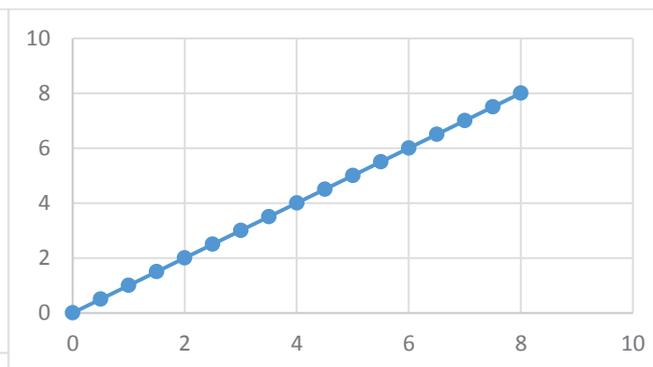


Рисунок 5 – Непараметрическая оценка $f_{21}(x_2)$

Используя описанный трёхшаговый алгоритм, сформированная таблица, содержащая значения независимых x_1 и x_2 и зависимых y_1 и y_2 переменных. Фрагмент её представлен в таблице 2. При построении таблицы значение Q принималось $Q=1000$.

На основе этой таблицы с использованием пакета *Matlab* построены двумерные регрессионные зависимости, представленные на рисунках 6 и 7.

Описанный подход может быть перенесён на случай, когда N в соотношении (12) больше двух.

Таблица 2 – Фрагмент таблицы совместно наблюдаемых значений независимых и зависимых переменных

Номер измерения	x_1	x_2	y_1	y_2
1	0	0	0	0
2	0,5	1,84	3,52	0,5
3	1	2,88	5,40	1
4	1,5	3,29	6,38	1,5

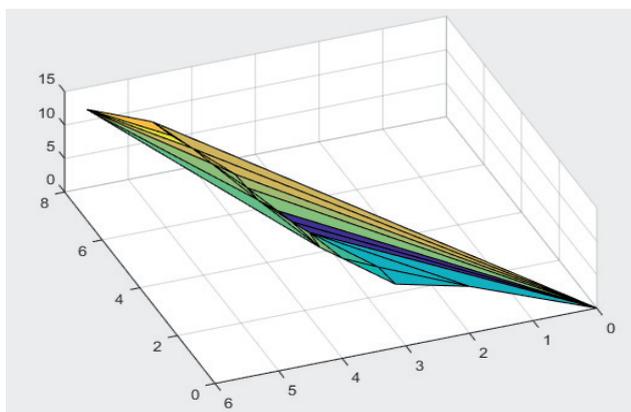


Рисунок 6 – Зависимость $y_1 = \varphi_1(x_1, x_2)$

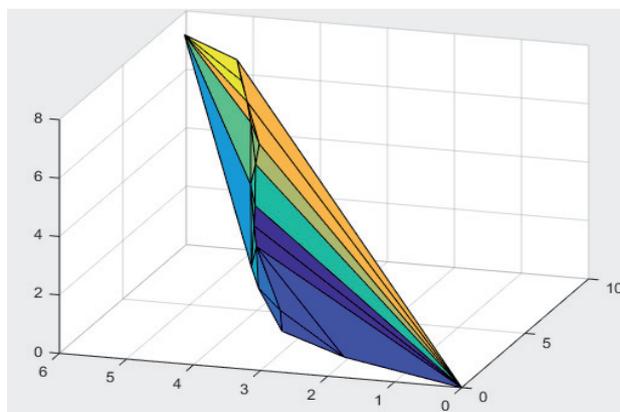


Рисунок 7 – Зависимость $y_2 = \varphi_2(x_1, x_2)$

Заключение

Предложен подход к построению многомерных регрессионных зависимостей для случая, когда исходные данные, соответствующие разным компонентам векторов независимой и зависимой переменных, представляются либо в виде результатов измерений, либо в виде разных по форме экспертных оценок. Основу метода составляет преобразование исходных данных, представляемых в разной форме, к виду закона распределения непрерывной случайной величины. Это делает возможным построение совокупности одномерных монотонных на интервале непараметрических регрессионных зависимостей на основе попарного исследования законов распределения независимых и зависимых случайных величин. Полученные регрессионные зависимости служат основой формирования таблицы совместно наблюдаемых значений независимых и зависимых случайных величин, что делает возможным строить многомерные регрессионные зависимости известными методами. Ограничением подхода является, во-первых, необходимость априорного логического обоснования наличия связи между независимыми и зависимыми переменными. Во-вторых, метод ориентирован на построение лишь монотонных на интервале регрессионных зависимостей.

Благодарности

Работа поддержана грантом 19-08-00177 Методологические, теоретические и модельные основы управления функциональной безопасностью аппаратно-программных комплексов в составе распределенных сложных технических систем.

Список источников

- [1] *Гвоздев, В.Е.* Предупреждение дефектов на ранних стадиях проектирования аппаратно-программных комплексов на основе положений теории intersubъективного управления / В.Е. Гвоздев, Д.В. Блинова, Л.Р. Черняховская // *Онтология проектирования*. – 2016. – Т. 6, №4(22). – С. 452-464. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-452-464.

- [2] **Линник, Ю.В.** Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. - Изд. 2-е, доп. и испр. - М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. - 349 с.
- [3] **Мудров, В.И.** Метод наименьших модулей / В.И. Мудров, В.Л. Кушко. - М.: Радио и связь, 1983. - 304 с.
- [4] **Гузаиров, М.Б.** Статистическое исследование территориальных систем: монография / М. Б. Гузаиров и др. - Москва: Машиностроение, 2008. - 187 с.
- [5] **Пугачев, В.С.** Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Физматлит, 2002. - 496 с.
- [6] **Смирнов, Н.В.** Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. - М.: Наука, 1969. - 512 с.
- [7] **Трайбус, М.** Термостатика и термодинамика. - М.: Энергия, 1970. - 504 с.
- [8] **Каган, А.М.** Характеризационные задачи математической статистики / А.М. Каган, Ю.В. Линник, С.Р. Рао - М.: Наука, 1972. - 656 с.
- [9] **Кузин, Л.Т.** Основы кибернетики. Т.1. - М.: Энергия, 1973. - 503 с.
- [10] **Гвоздев, В.Е.** Элементы системной инженерии. Технологии формирования требований к аппаратно-программным комплексам на основе экспертно-статистических методов / Н. К. Криони, В. Е. Гвоздев, Б. Г. Ильясов, О. Я. Бежаева, Д. В. Блинова. - М.: Инновационное машиностроение, 2017. - 295 с.
- [11] **Соболь, И.М.** Численные методы Монте-Карло. - М.: Наука, 1973. - 312 с.

CONSTRUCTION OF A MULTI-CONNECTED OBJECT MODEL OBJECT BASED ON JOINT USE OF DATA AND EXPERT EVALUATIONS

V.E. Gvozdev¹, R.A. Munasypov², O.Y. Bezhayeva³ D.R. Akhmetova⁴

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

¹wega55@mail.ru, ²rust40@mail.ru, ³obezhaeva@gmail.com, ⁴dinara.akhmetova.92@gmail.com

Abstract

The article discusses a method for constructing statistical models of multi-connected objects in the form of multidimensional regression dependencies based on the joint use of measurement data and expert assessments. The main idea of the method is to convert independently obtained expert estimates and measurement data to a single type - the law of distribution of a continuous random variable. This makes it possible to form a correlation table based on the solution of the inverse problem of determining the distribution law of the function of a random argument. The formed correlation table serves as the basis for the construction of the regression dependence by the known methods of regression analysis. The main result of the work is the first proposed method for constructing multidimensional regressive dependencies by sharing expert estimates and measurement data.

Key words: multi-connected object, multidimensional regression dependence, law of distribution, random variable, expert evaluations.

Citation: Gvozdev VE, Munasypov RA, Bezhayeva OY, Akhmetova DR. Construction of a multi-connected object model based on joint use of data and expert evaluations [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2019; 9(3): 361-368. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-361-368.

Acknowledgments

This work was supported by grant 19-08-00177 Methodological, theoretical, and model foundations for managing the functional safety of hardware and software systems as part of distributed complex technical systems.

References

- [1] **Gvozdev VE, Blinova DV, Chernyakhovskaya LR.** Hardware-software complexes on the basis of the positions of the theory of intersubjective management [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2016; 6(4): 452-464. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-452-464.

- [2] **Linnik U.V.** The method of least squares and the basics of the mathematical-statistical theory of processing observations [In Russian]. – Moscow: State Publishing House for Physics and Mathematics; 1962.
- [3] **Mudrov VI, Kushko VL.** Method of the smallest modules [In Russian]. – Moscow: Radio and communication.; 1983.
- [4] **Guzairov MB.** Statistical research of territorial systems: monograph [In Russian]. – Moscow: Engineering.; 2008.
- [5] **Pugachev VS.** Theory of Probability and Mathematical Statistics [In Russian]. – Moscow: Fizmatlit.; 2002.
- [6] **Smirnov NV, Dunin-Barcovskiy IV.** Course of probability theory and mathematical statistics for technical applications [In Russian]. – Moscow: The science.; 1969.
- [7] **Traibus M.** Thermostatistics and thermodynamics [In Russian]. - Moscow: Energy.; 1970.
- [8] **Kagan AM, Linnik UV, Rao SR.** Characterization problems of mathematical statistics [In Russian]. - Moscow.: Science; 1972.
- [9] **Kuzin LT.** Basics of Cybernetics. V.1. [In Russian]. - Moscow: Energy; 1973.
- [10] **Gvozdev VE, Krioni NK, Il'yasov BG, Bezhayeva OY, Blinova DV.** Elements of system engineering. Technologies for the formation of requirements for hardware-software complexes based on expert-statistical methods [In Russian]. – Moscow: Innovative engineering.; 2017.
- [11] **Sobol IM.** Monte Carlo Numerical Methods [In Russian]. – Moscow: The science.; 1973.

Сведения об авторах



Гвоздев Владимир Ефимович, 1956 г. рождения. Окончил Уфимский авиационный институт им. Орджоникидзе в 1973 г., д.т.н. (2000). Заведующий кафедрой технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ). В списке научных трудов более 300 работ в области прикладного статистического анализа, информационной поддержки управления программными системами, информационной поддержки управления состоянием территориальных систем.

Vladimir Efimovich Gvozdev (b. 1956) graduated from the Ufa Aviation Institute (Ufa-city) in 1973, D. Sc. Eng. (2000). He is Head of Department at Ufa State Aviation Technical University (Department of Technical Cybernetics). He is co-author of about 300 scientific articles and abstracts in the field of applied statistical analysis, information support for managing software systems, information support for managing the state of territorial systems.

Мунасыпов Рустэм Анварович, 1960 г. рождения. Окончил Уфимский авиационный институт им. Орджоникидзе в 1977 г., д.т.н. (2004). Профессор кафедры автоматизации технологических процессов УГАТУ. В списке научных трудов более 240 работ в области адаптивных и интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами.

Rustem Anvarovich Munasypov (b. 1960) graduated from the Ufa Aviation Institute (Ufa-city) in 1977, D.Sc.Eng. (2004). He is Professor at Ufa State Aviation Technical University (Department of technological process automation). He is co-author of about 240 scientific articles and abstracts in the field of adaptive and intelligent control systems of complex technical objects.



Бежаева Оксана Яковлевна, 1977 г. рождения. Окончила УГАТУ в 2000 г., к.т.н. (2004). Доцент кафедры технической кибернетики УГАТУ. В списке научных трудов более 100 работ в области разработки моделей и программного обеспечения сложных производственных и социально-экономических систем.

Oksana Yakovlevna Bezhayeva (b. 1977) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 2000, PhD. (2004). She is Assistant professor at Ufa State Aviation Technical University (Department of Technical Cybernetics). She is co-author of about 100 scientific articles and abstracts in the field of development of models and software for complex production and socio-economic systems.

Ахметова Динара Раилевна, 1992 г. рождения. Окончила УГАТУ в 2014 г. Аспирант кафедры технической кибернетики УГАТУ. В списке научных трудов 20 работ в области программно-аппаратных комплексов технических систем.

Dinara Railevna Akhmetova (b. 1992) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 2014. She is Graduate student at Ufa State Aviation Technical University (Department of Technical Cybernetics). She is co-author of 20 scientific articles and abstracts in the field of software and hardware systems of technical systems.



УДК 025.2:519.816:004.89

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЗАКАЗЕ ВОСТРЕБОВАННОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ КОМПЛЕКТОВАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА

И.П. Болодурина¹, С.Т. Дусакаева²

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹prmat@mail.osu.ru, ²slushashdusakaeva@rambler.ru

Аннотация

В статье рассмотрена актуальная проблема комплектования библиотечного фонда в условиях роста ассортимента изданий и ограниченного финансирования. В основу формирования заказа положено максимальное удовлетворение информационных потребностей пользователей библиотечных ресурсов. Предложен обобщённый подход, основанный на формализации отношения пользователей к удовлетворению информационных потребностей. Математическая модель комплектования библиотечного фонда сформулирована в виде оптимизационной задачи, которая отличается от существующих тем, что учёт информационных потребностей пользователей осуществляется путём максимизации функции востребованности приобретаемых печатных изданий. Это позволяет повысить качество комплектования библиотечного фонда.

Ключевые слова: библиотечный фонд, востребованность книжных изданий, автоматизированная информационная система, модель Леунга, метод стратегических альтернатив.

Цитирование: Болодурина, И.П. Модели и методы принятия решений при заказе востребованной учебной литературы в процессе комплектования библиотечного фонда / И.П. Болодурина, С.Т. Дусакаева // Онтология проектирования. – 2019. – Т.9, №3(33). – С.369-381. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-369-381.

Введение

Деятельность библиотеки можно рассматривать как предоставление информационных услуг населению. Процесс обслуживания читателей предпочтительно организовать таким образом, чтобы их информационные потребности были максимально удовлетворены.

Для достижения этой цели необходимо создать математическую модель комплектования библиотечного фонда на основе информационных предпочтений пользователей библиотечных ресурсов и разработать систему поддержки принятия решений (СППР) на базе информационно-аналитического подхода.

Согласно принятой в библиотековедении методике качество библиотечного фонда оценивают степенью удовлетворения информационных потребностей пользователей, определяемой отношением количества книговыдач к объёму фонда. Однако, ни уменьшение объёма фонда, ни увеличение количества книговыдач не вполне отражает уровень удовлетворения информационных потребностей читательской аудитории. Поэтому качество книжного фонда предлагается измерять востребованностью литературы [1].

Востребованность библиотечных изданий является интегральной характеристикой, зависящей от многих параметров. К числу наиболее важных из них следует отнести: библиотечные характеристики книг; соответствие издания разделам тематического рубрикатора информационных предпочтений читательской аудитории; отношение пользователей библиотечных ресурсов к библиотеке как способу удовлетворения информационных потребностей.

Задача формализованного описания процесса комплектования библиотечного фонда литературой, удовлетворяющей информационным запросам пользователей библиотечных ресурсов, может быть представлена как многокритериальная задача оптимизации востребованности приобретаемых библиотечных изданий с ограничениями по финансированию. Поскольку функция полезности в многокритериальной задаче содержит как внутренние, так и внешние переменные, то оптимизация процесса комплектования библиотечного фонда предполагает использование комплекса математических моделей.

1 Краткий анализ предшествующих работ

Повышению эффективности комплектования фондов научных библиотек посвящены работы коллективов крупнейших библиотек нашей страны [2, 3]. Основная цель этих работ - формирование оптимального ядра библиотечного фонда. Моделированию фондов на основе изучения информационных потребностей абонентов посвящены статьи [4, 5], в которых разработан проблемный тематический рубрикатор и предложена структурная модель библиотечного фонда. Особенности комплектования национальных, профильных и региональных библиотек с учётом изменения потоков пользователей и их информационных потребностей рассмотрены в работах [6, 7]. Иерархические структуры библиотек ВУЗов как подсистем образовательных комплексов предложены в работах [8, 9], а описанные в них автоматизированные системы для принятия управленческих решений основаны на теории массового обслуживания.

Вопросы разработки и внедрения автоматизированных библиотечно-информационных систем освещены в работах [10, 11]. Библиотека ВУЗа как объект автоматизации имеет следующие особенности: комплектование фондов в соответствии с учебными планами; большой процент учебной многоэкземплярной литературы; наличие сезонных пиковых нагрузок; удалённый доступ к электронному каталогу и к информационным базам данных; защита от несанкционированного доступа; информационное обеспечение дистанционного обучения.

Разработке интегрированной информационной системы и автоматизации библиотечно-библиографических процессов, в том числе решению задач поддержки управления комплектованием библиотечного фонда, посвящены работы [11, 12]. Показано, что задачи оценивания эффективности деятельности библиотеки относятся к слабо формализуемым, и для их решения рекомендовано использование методов и моделей, построенных на основе аппарата нечёткой логики, теории нейронных сетей и технологий оперативной аналитической обработки данных. Разработка системы аналитической поддержки управления информационно-образовательным фондом библиотеки ВУЗа представлена в [13]. Показано использование бизнес-аналитики для проведения мониторинга фонда библиотеки ВУЗа на основе OLAP-технологии во взаимодействии с работой системы управления качеством ВУЗа.

Авторы полагают, что использование комплексной модели реализации информационных потребностей пользователей при управлении комплектованием библиотечного фонда нуждается в создании СППР, разработанной на основе интеллектуальных методов анализа данных востребованной учебной литературы.

2 Формализованное описание задачи

Для формализации задачи введём следующие обозначения. Пусть $\mathcal{H} = \{h_1, h_2, \dots, h_H\} = \{h_j\}$ - множество библиотек региона G , $j = \overline{1, H}$, где H - число библиотек региона G .

Каждая библиотека $h \in \mathcal{H}$ обладает библиотечным фондом. Пусть $\mathcal{A}^h = \{a_1^h, a_2^h, \dots, a_{n_\alpha}^h\} = \{a_j^h\}$ - множество книг фонда библиотеки h , $j = \overline{1, n_\alpha}$, где n_α^h - объём книжного фонда библиотеки h , а \mathcal{A} - множество книг, предлагаемых книжными издательствами.

Любое книжное издание a имеет стандартные библиотечные характеристики. Пусть $Z^a = \{z_1^a, z_2^a, \dots, z_{\lambda_\alpha}^a\} = \{z_j^a\}$ - множество библиотечных характеристик издания a книжного фонда, где $j = \overline{1, \lambda_\alpha}$, где λ_α - количество библиотечных характеристик издания a книжного фонда библиотеки h .

Книжный фонд каждой библиотеки h разбит на разделы тематического рубрикатора в соответствии с её специализацией. Пусть $\mathcal{R}^h = \{r_1^h, r_2^h, \dots, r_{m_\alpha}^h\} = \{r_j^h\}$ - множество разделов тематического рубрикатора библиотеки h , $j = \overline{1, m_\alpha}$, где m_α^h - число разделов тематического рубрикатора библиотеки h .

Каждая библиотека $h \in \mathcal{H}$ имеет свою читательскую аудиторию – пользователей библиотечных ресурсов. Пусть $S^h = \{s_1^h, s_2^h, \dots, s_{k_\alpha}^h\} = \{s_j^h\}$ - множество пользователей библиотеки h , $j = \overline{1, k_\alpha}$, где k_α^h - число пользователей библиотеки h .

Для принятия управленческого решения о комплектовании библиотечного фонда \mathcal{A}^h из множества книг, предлагаемых книжными издательствами, выберем такое издание $a^* \in \mathcal{A}$, для которого функция востребованности принимает максимальное значение:

$$(1) \quad f(a^*) = \max_{a \in \mathcal{A}} F(z^a, r^h, S),$$

где F - функция востребованности издания $a \in \mathcal{A}$, $z^a \in Z^a$, $r^h \in \mathcal{R}^h$, $S \subset S^h$.

Решение многокритериальной задачи оптимизации (1) комплектования библиотечного фонда востребованной литературой вызывает затруднения, связанные с большой размерностью пространства возможных решений и сложностью формализации отношения пользователей библиотечных ресурсов к удовлетворению информационных потребностей.

Управленческое решение о приобретении книжного издания $a^* \in \mathcal{A}$ принимается руководством библиотеки на основании читательских предпочтений, которые носят неустойчивый характер и их сложно спрогнозировать. Даже при правильной интерпретации информационных интересов пользователей для обновления библиотечного фонда существует временной лаг, связанный с финансированием закупки и подбором требуемой литературы. Ввиду размытости читательских предпочтений, сложности формализации отношения пользователей к удовлетворению своих информационных потребностей нет оснований верифицировать предлагаемую модель комплектования библиотечного фонда как замкнутую в строгом смысле [14].

Для упрощения процедуры принятия решения о комплектовании библиотечного фонда \mathcal{A}^h изданием $a^* \in \mathcal{A}$ перейдём к модельной аппроксимации поставленной задачи оптимизации (1), выявив наиболее важные признаки пространства возможных решений и сегментировав читательскую аудиторию.

Пользователи библиотечных ресурсов S^h предъявляют определённые требования к характеристикам изданий Z^a книжного фонда \mathcal{A}^h библиотеки h . Так, автор, количество экземпляров, год издания, издательство, внешний вид - имеют важное значение для читательской аудитории. В связи с этим следует выявить признаки изданий, пользующихся наибольшим спросом читательской аудитории.

Для формализации выявления наиболее значимых для читательской аудитории S^h признаков книг разобьём множество Z^a библиотечных характеристик издания a на три класса. К первому классу $Z_1^a = \{x_j\}$, $j = \overline{1, \lambda_1}$ отнесены библиотечно-библиографические признаки, характеризующие издание a (автор, издательство, год издания и др.). Ко второму классу $Z_2^a = \{x_j\}$, $j = \overline{1, \lambda_2}$ отнесены характеристики книг, связанные с соответствием издания разделам библиотечного тематического рубрикатора информационных потребностей читательской аудитории библиотеки h (количество экземпляров издания и др.). К третьему классу $Z_3^a = \{x_j\}$, $j = \overline{1, \lambda_3}$ отнесены признаки книг, характеризующие отношение пользователей библиотечных ресурсов к удовлетворению своих информационных интересов [15].

При выявлении наиболее существенных для информационных запросов признаков издания следует отметить, что большинство характеристик (автор, издание и др.) относятся к качественным признакам, что значительно усложняет применение традиционных статистических методов [16]. Локализация значимых признаков книжных изданий может быть достигнута путём применения методов интеллектуального анализа данных [17]. Для моделирования оценки наиболее значимых характеристик литературы библиотечного фонда библиотеки h воспользуемся методом решающих деревьев [18].

Применение метода решающих деревьев в задаче классификации характеристик книг позволяет выявить наиболее значимые для удовлетворения информационных потребностей признаки $Z^a = \{z_i^a\}$, $1 \leq i \leq \lambda_a$ издания $a \in \mathcal{A}$.

Разделы тематического рубрикатора сгруппированы в соответствии с информационными предпочтениями пользователей библиотечных ресурсов. Разделение разделов тематического рубрикатора на классы является достаточно трудно решаемой задачей в связи со сложностью описания отношения человека к объектам удовлетворения информационных потребностей [19]. Для его осуществления может потребоваться указание порогового значения границ разделения на классы спроса со стороны читательской аудитории [20]. Учитывая неустойчивость и размытость читательского спроса к определённым разделам тематического рубрикатора литературы библиотеки h и нечёткость условий, по которым издание отнесено к определённому разделу, оправдано применение методов и моделей теории нечётких множеств и нечёткой логики [21]. Одним из способов решения задачи о разделении тематического рубрикатора по информационным запросам является адаптация модели Леунга деления на торговые зоны в нечётких условиях [22]. Модификация модели Леунга в задаче разделения тематического рубрикатора на группы по предпочтениям пользователей библиотечных ресурсов даёт основания объединить по степени важности информационных характеристик разделы рубрикатора библиотеки h , представив множество \mathcal{R}^h в виде:

$$\mathcal{R}^h = \{r_j^h\} = \mathcal{R}_1^h \cup \mathcal{R}_2^h \cup \dots \cup \mathcal{R}_{\mu_\alpha}^h = \cup \mathcal{R}_i^h = \cup \{r_j^i\},$$

где $j = \overline{1, m_\alpha}$, $i = \overline{1, \mu_\alpha}$, $1 \leq \mu_\alpha \leq m_\alpha$, $\mathcal{R}_i^h \cap \mathcal{R}_j^h = \emptyset$, $i \neq j$.

Количество групп μ_α зависит от структуры библиотечного фонда, конъюнктуры круга пользователей библиотечных услуг, а также отношения и способов удовлетворения информационных потребностей читательской аудитории. Каждое множество \mathcal{R}_i^h представляет собой сочетание $C_{m_\alpha}^k$ разного количества элементов ($1 \leq k \leq m_\alpha$) множества \mathcal{R}^h в зависимости от информационных предпочтений пользователей [23].

Группирование разделов тематического рубрикатора \mathcal{R}^h фонда библиотеки h позволяет агрегировать внутреннюю переменную r^h , что существенно понижает размерность области принятия решений в задаче оптимизации комплектования библиотечного фонда.

Для сохранения контингента читательской аудитории библиотеки h произведем сегментацию множества $S^h = \{s_j^h\}$ на типы пользователей, в отношении которых будет использована одинаковая стратегия комплектования библиотечного фонда в соответствии с отношением пользователей библиотеки к проблеме удовлетворения информационных интересов [24].

Учитывая конкурентный характер предоставляемых библиотекой h услуг, в задаче сегментации читательской аудитории на классы используется метод анализа стратегических альтернатив, позволяющий представить множество S^h в виде

$$S^h = \{s_j^h\} = S_1^h \cup S_2^h \cup \dots \cup S_{\gamma_\alpha}^h = \cup S_i^h, \text{ где } j = \overline{1, k_\alpha}, 1 \leq \gamma_\alpha \leq k_\alpha, S_i^h \cap S_j^h = \emptyset.$$

Класс S_j^h образуют пользователи s_j^h с j -ым способом отношения к проблеме удовлетворения информационных интересов. Количество классов γ_α может быть различным в зависимости от категории пользователей библиотечных услуг и информационной привлекательности библиотеки h , как одного из вариантов удовлетворения информационных потребностей.

Введённые классы пользователей библиотечных ресурсов S_j^h позволяют структурировать множество S^h по позиции пользователей в отношении удовлетворения своих информационных интересов за некоторый промежуток времени, что даёт возможность делать определённые выводы о потенциальной перспективности читателей в потреблении ресурсов библиотеки h .

Использование метода анализа стратегических альтернатив в задаче классификации пользователей библиотеки h в соответствии с отношением к удовлетворению информационных запросов позволяет спрогнозировать множество \check{S}^h наиболее перспективных пользователей библиотеки h .

На основании проведённого объединения по схожести признаков и последующего выявления наиболее значимых характеристик книжных изданий, влияющих на функцию востребованности F , в каждой группе факторов оставлены по одному наиболее значимому признаку. Для функции $F(z^a, r^h, S)$ в задаче (1) комплектования библиотечного фонда переход к модельной аппроксимации позволит упростить процедуру принятия решения о комплектовании библиотечного фонда книжным изданием $a \in \check{\mathcal{A}}$ и приведёт к значительному понижению размерности области принятия решений [25].

3 Постановка оптимизационной задачи

Задача комплектования библиотечного фонда литературой, удовлетворяющей информационным запросам пользователей библиотечных ресурсов, может быть сведена к задаче оптимизации востребованности книжного издания $a \in \check{\mathcal{A}}$. Модифицированная функция востребованности F зависит от наиболее значимых факторов и признаков.

Пусть \check{z} – самая значимая характеристика книжного издания $a^* \in \check{\mathcal{A}}$; $\check{\mathcal{R}}$ – группа разделов тематического рубрикатора, отражающая самые важные информационные предпочтения читательской аудитории; \check{S} – тип пользователей библиотечных ресурсов с наивысшим уровнем отношения к удовлетворению своих информационных потребностей. Тогда с учётом введённых обозначений задача комплектования библиотечного фонда может быть сведена к задаче оптимизации востребованности книжного издания $a \in \check{\mathcal{A}}$, заданной целевой функцией.

$$(2) \quad f(a^*) = \max_{a \in \mathcal{A}} F(z, \check{R}, \check{S}),$$

где F – модифицированная функция востребованности книжного издания $a \in \mathcal{A}$, $z \in Z^a$, $\check{R} \subset \mathcal{R}^h$, $\check{S} \subset S^h$.

Аппроксимируем функцию востребованности (2), зависящую от нескольких переменных, линейным полиномом функций одной переменной [25].

$$(3) \quad F(z, \check{R}, \check{S}) \approx \alpha + \alpha_1 \cdot f_1(z) + \alpha_2 \cdot f_2(\check{R}) + \alpha_3 \cdot f_3(\check{S}),$$

где $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коэффициенты, отражающие степени важности критериев, $\alpha_i \geq 0, i = \overline{1,3}, \alpha \geq 0, \sum_{i=0}^3 \alpha_i + \alpha = 1$.

Здесь функция f_1 характеризует признаки издания $a \in \mathcal{A}$, функция f_2 отражает читательские информационные предпочтения разделов тематического рубрикатора $\check{R} \subset \mathcal{R}^h$, а функция f_3 выражает нечёткое отношение читательской аудитории $\check{S} \subset S^h$ к библиотеке h , как к способу удовлетворения своих информационных потребностей.

Деятельность библиотеки опирается на нормативно-правовые документы [26]. Обновление и пополнение библиотечного фонда производится в соответствии с нормативом библиотечно-информационных ресурсов. Поэтому при аппроксимации функции востребованности (2) в форме (3) следует включить в качестве слагаемого функцию, связанную с разделами тематического рубрикатора библиотеки h , учитывающую норматив библиотечно-информационных ресурсов.

Пусть \check{R}^- – дополнение множества \check{R} разделов тематического рубрикатора, отражающего самые важные информационные предпочтения читательской аудитории, до множества всех разделов тематического рубрикатора библиотеки h , а f_0 – функция, учитывающая разделы тематического рубрикатора с малой востребованностью со стороны пользователей библиотечных ресурсов библиотеки h .

С учетом требований стандартов [26] целевая функция в оптимизационной задаче комплектования библиотечного фонда может быть представлена в виде

$$(4) \quad F(z, \check{R}, \check{S}) \approx \alpha_0 \cdot f_0(\check{R}^-) + \alpha_1 \cdot f_1(z) + \alpha_2 \cdot f_2(\check{R}) + \alpha_3 \cdot f_3(\check{S}),$$

где F – модифицированная функции востребованности литературы, учитывающая норматив библиотечно-информационных ресурсов, $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коэффициенты, выражающие степени важности критериев, $\alpha_i \geq 0, i = \overline{0,3}, \sum_{i=0}^3 \alpha_i = 1$.

Для случая, когда функции f_1, f_2, f_3 вносят одинаковый вклад в целевую функцию, можно записать $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \bar{\alpha}$, $\alpha_0 = 1 - 3\bar{\alpha}$. Для определения коэффициента α_0 необходимы дополнительные данные, так как его значение может зависеть от многих факторов [27]. К числу таковых могут быть отнесены корпоративная стратегия библиотеки h как учреждения, оказывающего информационные услуги населению, уровень бюджетирования библиотечной организации, специализация библиотеки и многие другие факторы внутренней и внешней среды библиотеки h .

Для принятия управленческого решения о комплектовании библиотечного фонда \mathcal{A}^h из множества книг, предлагаемых книжными издательствами, выбирается некоторое издание $a^* \in \mathcal{A}$, для которого модифицированная функция востребованности, учитывающая норматив библиотечно-информационных ресурсов, принимает максимальное значение:

$$(5) \quad f(a^*) = \max_{a \in \mathcal{A}} F(\check{z}, \check{\mathcal{R}}, \check{S}) \approx \max (\alpha_0 \cdot f_0(\check{\mathcal{R}}) + \alpha_1 \cdot f_1(\check{z}) + \alpha_2 \cdot f_2(\check{\mathcal{R}}) + \alpha_3 \cdot f_3(\check{S})),$$

где $\check{z} \in Z^a$, $\check{\mathcal{R}} \subset \mathcal{R}^h$, $\check{S} \subset S^h$, $\alpha_i \geq 0$, $i = \overline{0,3}$, $\sum_{i=0}^3 \alpha_i = 1$.

Для удовлетворения информационных интересов читателей процесс комплектования библиотечного фонда включает приобретение не одного, а достаточного большого количества информационных изданий. Обозначим i -ую приобретаемую книгу a_i , $a_i \in A$, где $i = \overline{1, v_\alpha}$ - количество наименований приобретаемой литературы. Экземплятность приобретаемого издания a_i , $i = \overline{1, v_\alpha}$, обозначим n_{a_i} . Построенная модель задачи оптимизации комплектования библиотечного фонда \mathcal{A}^h с позиции максимального удовлетворения информационных потребностей разных типов пользователей S^h библиотеки h востребованными изданиями a_i позволяет из множества книг \mathcal{A} , предлагаемых издательствами, выделить подмножество $A_0 \subset \mathcal{A}$, наиболее полно удовлетворяющее информационные потребности пользователей.

Выбор подмножества A_0 может быть произведен следующим образом:

- 1) производится определённое количество «пробных» выборок B^j , $j = \overline{1, M}$, где M - количество выборок. $B^j = \{b_1^j, b_2^j, \dots, b_{L_j}^j\}$, $b_k^j = a_i$, $k = \overline{1, L_j}$, где L_j - количество книг в выборке j , j - номер выборки.
- 2) среди выборок необходимо выбрать ту, которая удовлетворяет условию:

$$(6) \quad A_0 = \max_j (f(B^j)) = \max_j \left(\sum_{k=1}^{L_j} f(b_k^j) \right)$$

При нахождении множества A_0 в рассматриваемой задаче оптимизации помимо условия максимизации целевой функции востребованности книжного издания a_i требуется учесть ограничения финансирования деятельности библиотеки h в форме ограничения количества закупаемых изданий a_i , отвечающих наибольшему количеству читательских предпочтений со стороны типов пользователей с максимальной степенью удовлетворенностью их информационных потребностей S^h . Пусть P , - величина финансирования на комплектование библиотечного фонда, p_{a_i} - цена, за которую библиотека h закупает один экземпляр книги a_i , тогда ограничения примут вид:

$$(7) \quad \sum_{i=1}^{v_\alpha} n_{a_i} \cdot p_{a_i} \leq P$$

Таким образом, задача оптимизации комплектования библиотечного фонда представлена общей математической моделью (5) - (7).

4 Пример реализации модели

В качестве экспериментальной площадки для апробации построенной комплексной модели комплектования библиотечного фонда с учётом информационных предпочтений различных типов пользователей была использована научная библиотека Оренбургского государственного университета (ОГУ).

Комплексная автоматизация учебно-организационного процесса позволяет получать полную информацию обо всех сферах деятельности ВУЗа, в частности о протекании библио-

течно-библиографических процессов. К наиболее ценной информации можно отнести данные о выданной учебной литературе, количестве экземпляров того или иного учебника. Полученные данные послужили информационной базой для решения задачи по выявлению характеристик востребованного учебника методом интеллектуального анализа данных.

Для выявления наиболее значимых характеристик востребованных изданий все факторы, влияющие на востребованность учебной литературы, условно разделены на три группы: библиографические, учебно-организационные, а также на факторы, связанные с отношением пользователей к библиотеке как способу получения информации.

Было установлено, что среди сравниваемых библиографических факторов наивысшие приоритеты имеют: сведения об авторе (22%), издательство (20%), назначение учебника (15%) и место издания (13%); среди учебно-организационных факторов – рекомендация в рабочей программе (40%), наличие в рабочей программе вопросов, выносимых на самостоятельное изучение (30%) и цикл дисциплины (19%). Факторы в основном имеют количественные характеристики и для их оценки могут быть применены статистические методы. В результате построения дерева решений получено, что значимыми являются только три фактора: количество учебников, год издания учебной литературы и цикл дисциплины.

Для решения задачи по классификации информационных предпочтений пользователей библиотечных ресурсов адаптирована модель Леунга разделения торговой зоны в нечётких условиях с учётом существенных факторов [28]. В связи с постоянно изменяющимися учебными планами специальностей и направлений подготовки, а также спецификой обучения и количества студентов каждого факультета налагаются дополнительные требования к тематике и количеству экземпляров учебной литературы. Кроме того мотивы, которыми руководствуются студенты при заказе учебной литературы в библиотеке, являются размытыми. Поэтому выбор учебника студентами разных факультетов для изучения одной и той же дисциплины можно рассматривать как задачу, поставленную в нечётких условиях [29].

Для её решения в модель Леунга введены следующие обозначения: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множество студентов факультетов, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ – множество факторов, влияющих на выбор учебника, $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ – множество дисциплин, изучаемых на всех рассматриваемых факультетах, $\Phi_R : X \times Y \rightarrow [0,1]$ есть функция принадлежности нечёткого бинарного отношения R , для всех $x \in X$, и всех $y \in Y$ $\Phi_R(x, y)$ – есть степень приоритетности признака y по оценке студентов факультета x при определении важности дисциплины.

Программная реализация, выполненная в среде программирования Delphi, позволила определить уровни приоритетности изучаемых дисциплин, то есть составить рейтинг дисциплин, учебную литературу по которым следует приобретать в первую очередь.

Построение корпоративной стратегии научной библиотеки осуществлялось на основе анализа стратегических альтернатив для определения факультетов, перспективных в отношении комплектования библиотечного фонда учебной литературой в первую очередь. Активность студентов была охарактеризована приведённым количеством книговыдач на одного студента. В задаче по выявлению перспективности использования библиотечных ресурсов рассмотрены все факультеты ОГУ: факультет информационных технологий (ФИТ), математический факультет (МФ), аэрокосмический институт (АКИ), транспортный факультет (ТФ), геолого-географический факультет (ГГФ), физический факультет (ФФ), факультет филологии и журналистики (ФФЖ), архитектурно-строительный факультет (АСФ), факультет пищевых производств (ФПП), факультет экономики и управления (ФЭУ), химико-биологический факультет (ХБФ), электроэнергетический факультет (ЭЭФ), факультет гуманитарных и социальных наук (ФГСН), финансово-экономический факультет (ФЭФ), юридический факультет (ЮФ).

На рисунке 1 показана пузырьковая диаграмма сведений о выданной учебной литературе на факультетах ОГУ. Выявленные значимые признаки востребованной учебной литературы свидетельствуют о необходимости приобретения дополнительной литературы с учётом года издания и места дисциплины в учебном плане.

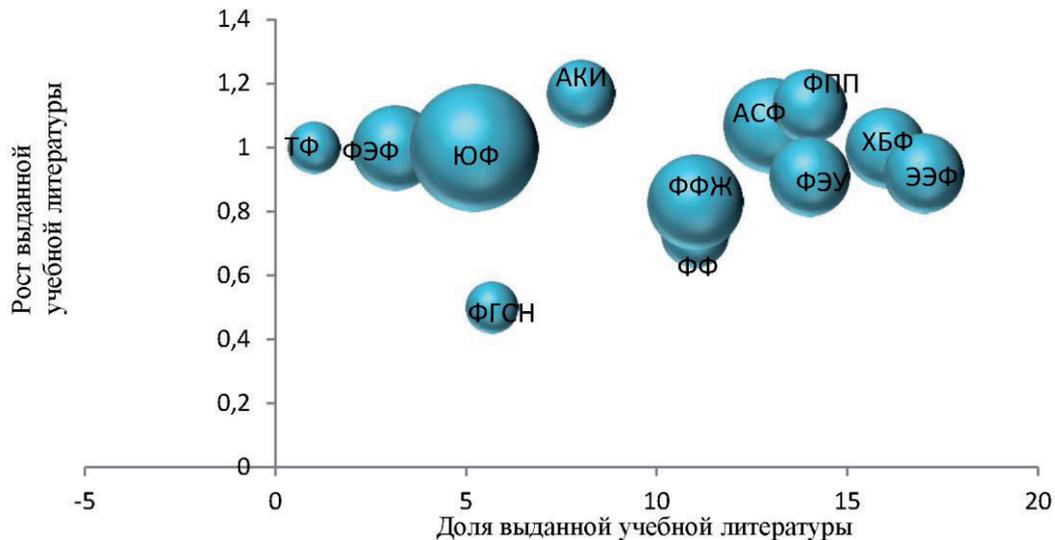


Рисунок 1 – Пузырьковая диаграмма сведений о выданной литературе на факультетах ОГУ

Проведённый анализ позволяет сделать вывод, что ФГСН занимает малую долю выданной литературы и имеет низкие темпы роста использования библиотечных ресурсов. То есть данный факультет является неперспективным направлением деятельности библиотеки, в отношении него наиболее актуальная стратегия – приобретение учебной литературы в последнюю очередь. Факультеты ТФ, ФЭФ, ЮФ, МФ, ГГФ и АКИ характеризуются низкой долей «рынка» на быстро растущих «рынках» востребованной учебной литературы. Они требуют поддержки по приобретению дополнительной литературы и являются перспективным направлением развития в вопросах комплектования библиотечного фонда. Остальные факультеты относятся к числу лидеров на быстро растущем рынке. Приобретенная для этих факультетов учебная литература будет гарантированно востребована. Это означает, что приобретение учебной литературы по заявкам преподавателей указанных факультетов должно осуществляться в первую очередь.

Разработанный для получения актуальных данных построенной модели комплектования библиотечного фонда программный модуль «Востребованность учебной литературы» внедрён в ОГУ и используется для решения комплекса задач «Анализ библиотечно-библиографических процессов».

Для комплектования библиотечного фонда в научной библиотеке ОГУ успешно реализована программная система «Учёт и обработка заявок на закупку литературы». Для комплектования библиотечного фонда востребованными печатными изданиями при решении задачи оптимизации заказа учебной литературы разработан комплекс алгоритмов, позволяющий производить генерацию и отбор формируемых заказов до тех пор, пока не будет построен оптимальный список заказа учебной литературы. Структура комплекса алгоритмов формирования заказа учебной литературы приведена на рисунке 2.

Предложенная СППР при комплектовании библиотечного фонда позволяет рационально использовать ресурсы библиотеки – время на обработку заявок на приобретение учебной литературы и материально-техническую базу. Эффективность разработанной методики подтверждена улучшением показателей деятельности ВУЗовской библиотеки, выражающимся в

повышении степени удовлетворения информационных потребностей студентов: посещаемость на 41%, обращаемость на 72%, читаемость на 80%, обновляемость фонда на 12%, книгообеспеченность на 2%.



Рисунок 2 – Структура комплекса алгоритмов формирования заказа учебной литературы

Заключение

Разработан новый подход к процессу комплектования библиотечного фонда, базирующийся на анализе информационных предпочтений пользователей и учитывающий ограниченность в финансировании приобретения новых изданий. Построена модель задачи оптимизации востребованности приобретаемых библиотечных изданий, сформированы методы и алгоритмы по выявлению наиболее значимых характеристик изданий, групп информационных предпочтений читательской аудитории. Предложена методика поддержки принятия решений при управлении комплектованием библиотечного фонда, позволяющая наиболее полно использовать информационные ресурсы библиотеки и максимально полно удовлетворять информационные предпочтения различных типов пользователей библиотечных ресурсов. Разработано программное обеспечение интеллектуальной поддержки принятия решений по комплектованию библиотечного фонда в научной библиотеке ОГУ. Результаты исследования используются в отделах комплектования библиотечного фонда ОГУ.

Список источников

- [1] *Болодурина, И.П.* Методы нечёткой логики при исследовании востребованности учебной литературы / И.П. Болодурина, П.А. Болдырев, С.Т. Дусакаева // Научное обозрение. – 2015. – №8470; 14. – С.224-231.
- [2] *Коваленко, Н.И.* Обновление фонда. Методы оценки и расчёта / Н.И. Коваленко // Науч. и техн. б-ки. – 2005. – № 5. – С.17-25.
- [3] *Столяров, Ю.Н.* Библиотечный фонд / Ю. Н. Столяров. М.: Кн. палата. 1991. – 271 с.

- [4] **Маркина, А.** Моделирование фонда как способ управления комплектованием / А. Маркина // Библиотека. – 1997. – № 1. – С.20-23.
- [5] **Анисимов, Г.А.** Связность равнозначных документов электронного каталога как способ улучшения качества комплектования учебной литературой / Г.А. Анисимов, Л.С. Тимонина // Проблемы полиграфии и издательского дела. – 2008. – № 6. – С.102-117.
- [6] **Васильченко, Н.П.** Формирование библиотечного фонда / Н.П. Васильченко // Науч. и техн. б-ки. – 1996. – № 5. – С.22-28.
- [7] **Зорина, С.Ю.** Комплектование библиотечных фондов. Пути эффективности интеграции библиотеки и издателей / С.Ю. Зорина // Науч. и техн. б-ки. – 2004. – № 2. – С.72-77.
- [8] **Полл, Р.** Измерение качества работы: междунар. рук. по измерению эффективности работы университетских и др. науч. б-к / Р. Полл, П. те Бокхорст. – М.: Логос. – 2001. – 152 с.
- [9] **Стукалов, Т.Н.** Карточка книгообеспеченности в системе управления учебным процессом вуза / Т.Н. Стукалов // Библиотеки учебных заведений. – 2008. – № 27. – С.47-53.
- [10] **Воройский, Ф.С.** Основы проектирования автоматизированных библиотечно-информационных систем / Ф.С. Воройский. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2008. – 456 с.
- [11] **Шрайберг, Я.Л.** Библиотека как объект автоматизации: схема формального описания, структуризация и моделирование на этапе предпроектного исследования: препринт / Я.Л. Шрайберг. – М.: ГПНТБ России. – 1998. – 33 с.
- [12] **Болдырев, П.А.** Разработка интегрированной информационной системы поддержки управления комплектованием библиотеки вуза / П.А. Болдырев // Актуальные проблемы реализации образовательных стандартов нового поколения в условиях университетского комплекса : материалы науч.-метод. конф. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. – 2011. – С.1718–1724.
- [13] **Куровский, В.Л.** Управление качеством информационной обеспеченности вузовской библиотеки / В.Л. Куровский, А.А. Попкова // Педагогическое образование и наука. – 2009. – № 3. – С.38-42.
- [14] **Duboi, D.** Possibility theory and formal concept analysis: Characterizing independent sub-contexts / D. Duboi, H.M. Prade // Fuzzy Sets and Systems, 2012. – 196 p.
- [15] **Болодурина, И.П.** Комплексная модель реализации информационных потребностей пользователей в процессе комплектования библиотечного фонда / И.П. Болодурина, С.Т. Дусакаева // Вестник Южно-уральского государственного университета. – 2018. – № 3, Том 18. – С.59-67.
- [16] **Moore, A.W.** X-means: Extending k-means with efficient estimation of the number of clusters. In P. Langley, editor, Proceedings of the Seventeenth International Conference on Machine Learning, Stanford / A. W Moore and D. Pelleg. CA. San Francisco: Morgan Kaufmann. 2000. - P.727–734.
- [17] **Паклин, Н.Б.** Бизнес-аналитика: от данных к знаниям: 2-е изд., перераб. и доп. / Н.Б. Паклин, В.И. Орешков. СПб: Питер. – 2010. – 624 с.
- [18] Knowledge Discovery Through Data Mining: What Is Knowledge Discovery/ Tandem Computers Inc. 1996.
- [19] **Zimmermann, H.–J.** Fuzzy Set Theorie and ist Applications / H. –J. Zimmermann // Kluwer Academic Publishers, Boston / Dordrecht / London. – 2001. – 544p.
- [20] **Зак, Ю.А.** Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-технологии / Ю.А. Зак. – М.: Книжный дом «ЛИБКОРМ». – 2013. – 352 с.
- [21] **Friedrich, A.** Logik und Fuzzy-Logik / A Friedrich // Expert Verlag, Stuttgart. – 2006. – 319 p.
- [22] **Ягер, Р.** Нечёткие множества и теория возможностей: Пер. с англ. – М.: Радио и связь. 1986. – 408 с.
- [23] **Frank, H.** Fuzzy Methoden in der Wirtschaftsmathematik / H Frank // Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig Wiesbaden. – 2002. – 242 p.
- [24] **Зорина, С.Ю.** Комплектование библиотечных фондов. Пути эффективности интеграции библиотеки и издателей / С. Ю. Зорина // Науч. и техн. б-ки. – 2004. – № 2. – С.72-77.
- [25] **Токарев, В.В.** Методы оптимальных решений. В 2 т. Т.2 Многокритериальность. Динамика. Неопределённость. – 3-е изд., испр. и доп. / В.В. Токарев. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2012. – 420 с.
- [26] ГОСТ 7.76-96 Комплектование фонда документов. Библиографирование. Каталогизация. Термины и определения // Стандарты по библиотечному делу. – СПб. – 2000. – 56 с.
- [27] **Duboi, D.** The role of fuzzy sets in decision sciences: Old techniques and new directions / D. Duboi // Fuzzy Sets and Systems. 2011. Vol. 184 (1), P. 3-28.
- [28] **Rommelfanger, H.J.** Fuzzy-Optimierungs modelle in praktischen Anwendungen. – in Habenicht W., Scheubrein B. (Hrsg.) «Multi-Criteria- und Fuzzy-Systeme in Theorie und Praxis» / H.J. Rommelfanger // Deutscher Universitäts-Verlag, Witsbaden. – 2003. – 325 p.
- [29] **Zimmermann, H.J.** Fuzzy Engineering Economics with Applications (Studies in Fuzziness and Soft Computing) / H.–J. Zimmermann // Springer Berlin Heidelberg. 2008. – 390p.

MODELS AND METHODS OF DECISION-MAKING WHEN ORDERING POPULAR EDUCATIONAL LITERATURE IN THE PROCESS OF ACQUISITION OF LIBRARY FUND

I.P. Bolodurina¹, S.T. Dusakaeva²

Orenburg state University, Orenburg, Russia

¹prmat@mail.osu.ru, ²slushashdusakaeva@rambler.ru

Abstract

The article deals with the actual problem of acquisition of the Library Fund since the ever-increasing range of literature of different genres and directions offered by book publishers. This creates a problem of choice for the libraries in the purchase of new publications, which is complicated by the limited funding of libraries. In this regard, issues related to the formation of the order of purchased literature are of paramount importance. The generalized approach based on the formalization of users' attitude to the satisfaction of their information needs is proposed. The novelty of the developed mathematical model of acquisition of the Library Fund is that it is formulated in the form of optimization problems, different from the existing ones that take into account the information needs of different types of users is carried out by maximizing the demand function of purchased publications. This makes it possible to improve the quality of acquisition of the Library Fund.

Key words: library Fund, demand for books, automated information system, Leung model, method of strategic alternatives.

Citation: Bolodurina IP, Dusakaeva ST. Models and methods of decision-making when ordering popular educational literature in the process of acquisition of library fund [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(3): 369-381. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-369-381.

References

- [1] **Bolodurina IP, Boldyrev PA, Dusakaeva ST.** Methods of fuzzy logic in the study of the demand for educational literature [In Russian]. *Scientific review*. – 2015; 14: 224-231.
- [2] **Kovalenko NI.** Fund Update. Methods of evaluation and calculation [In Russian]. *Scientific. and tech. b-Ki*. – 2005; 5: 17-25.
- [3] **Stolyarov YuN.** Library Fund [In Russian]. M: Books chamber. 1991. – 271 p.
- [4] **Markina A.** Modeling of the Fund as a method of acquisition management [In Russian]. *Library*. – 1997; 1: 20-23.
- [5] **Anisimov GA, Timonina LS.** Connectivity equivalent documents of the electronic catalog as a way to improve the quality of acquisition of educational literature [In Russian]. *Problems of printing and publishing*. – 2008; 6: 102-117.
- [6] **Vasilchenko NP.** Formation of the library Fund [In Russian]. *Scientific. and tech. library*. – 1996; 5: 22-28.
- [7] **Zorina SYu.** Acquisition of library funds. The way of the effectiveness of the integration of the library and publishers [In Russian]. *Scientific. and tech. library*. – 2004; 2: 72-77.
- [8] **Poll R, Boekhorst P.** Measuring Quality: Performance Measurement in Libraries 2nd revised edition. – Munich: K.G. Saur, 2007 (IFLA Publications; 127).
- [9] **Stukalov TN.** Card index of book supply in the management system of the educational process of the University [In Russian]. *Libraries of educational institutions*. – 2008; 27: 47-53.
- [10] **Voroysky FS.** Fundamentals of design of automated library and information systems [In Russian]. – M.: FIZMATLIT. – 2008. – 456 p.
- [11] **Shriberg JL.** The Library as an automation object: schema formal description, structuring and modeling for feasibility studies: [In Russian]. – M.: GPNTB Russia. – 1998. – 33 p.
- [12] **Boldyrev PA.** Development of an integrated information system to support management of the acquisition of the library of the University [In Russian]. *Actual problems of implementation of educational standards of new generation in conditions of a University complex : materials of the research.-method. Conf.* – Orenburg: IPK GOU OGU. – 2011. – P.1718-1724.
- [13] **Kurovsky VL, Popkova AA.** Quality Management of information security of the University library [In Russian]. *Pedagogical education and science*. – 2009; 3: 38-42.

- [14] **Duboi D, Prade HM.** Possibility theory and formal concept analysis: Characterizing independent sub-contexts / Fuzzy Sets and Systems, 2012. – 196 p.
- [15] **Bolodurina IP, Duskaeva ST.** Comprehensive model of implementation of information users' needs in the process of acquisition of library Fund [In Russian]. Bulletin of the South Ural state University. – 2018; 18(3): 59-67.
- [16] **Moore AW.** X-means: Extending k-means with efficient estimation of the number of clusters. In P. Langley, editor, Proceedings of the Seventeenth International Conference on Machine Learning, Stanford / A. W Moore and D. Pelleg. CA. San Francisco: Morgan Kaufmann. 2000. - P.727–734.
- [17] **Paklin NB, Oreskov VI.** Business Analytics: from data to knowledge [In Russian]. SPb: Piter. – 2010. – 624 p.
- [18] Knowledge Discovery Through Data Mining: What Is Knowledge Discovery/ Tandem Computers Inc. 1996. – 234 p.
- [19] **Zimmermann HJ.** Fuzzy Set Theorie and ist Applications // Kluwer Academic Publishers, Boston / Dordrecht / London. 2001. – 544 p.
- [20] **Zack J.** And decision-Making in a fuzzy and blurry data: Fuzzy technologies [In Russian]. – M.: Book house "LIBROKOM". 2013. – 352 p.
- [21] **Friedrich A.** Logik und Fuzzy-Logik // Expert Verlag, Stuttgart. – 2006. - 319 p.
- [22] **Yager RR,** Fuzzy Set and Possibility Theory: Recent Developments, Pergamon Press: New York, 1982 (Russian Translation, 1986).
- [23] **Frank H.** Fuzzy Methoden in der Wirtschaftsmathematik // Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig Wiesbaden. – 2002. – 242 p.
- [24] **Zorina SYu.** Acquisition of library funds. The way of the effectiveness of the integration of the library and publishers [In Russian]. Scientific. and tech. library. 2004; 2: 72-77.
- [25] **Tokarev VV.** Methods of optimal solutions [In Russian]. Vol. 2 Multicriteria. Dynamics. Uncertainty. – 3rd ed., Rev. and DOP. M.: FIZMATLIT. 2012. - 420 p.
- [26] GOST 7.76-96 Acquisition of the Fund of documents. Bibliography. Cataloguing. Terms and definitions [In Russian]. Library standards. – SPb. – 2000. – 56 p
- [27] **Duboi D, Prade HM.** Fuzzy sets and systems: theory and applications / Academic Press, New York – London – Toronto, 1980. – 393 p.
- [28] **Rommelfanger HJ.** Fuzzy Linear Programming with single or multiple Objective Functions. – In: R. Slowinski (Ed), Fuzzy Sets in Decision Analsys, Operations Research and Statistics // Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts. – 1998. – P.179-213.
- [29] **Zimmermann HJ.** Fuzzy Engineering Economics with Applications (Studies in Fuzziness and Soft Computing) // Springer Berlin Heidelberg. 2008. – 390 p.

Сведения об авторах



Болодурина Ирина Павловна, 1971 г. рождения. Окончила Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского в 1993 году по специальности «Прикладная математика». Заведующая кафедрой прикладной математики Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор. В списке научных трудов более 175 работ в области оптимального управления, системного анализа, управления и обработки информации, поддержки принятия управленческих решений.

Irina Pavlovna Bolodurina (b. 1971). Graduated from Saratov state University. N.D. Chernyshevsky in 1993 on a speciality "Applied mathematics". Head of the Department of applied mathematics of Orenburg state University, doctor of technical Sciences, Professor. The list of scientific works includes more than 175 works in the field of optimal control, system analysis, management and information processing.



Дусакаева Слушаи Тугайбаевна, 1977 г. рождения. Окончила Оренбургский государственный педагогический университет в 1999 году по специальности «Математика и физика». Старший преподаватель кафедры прикладной математики Оренбургского государственного университета. В списке научных трудов более 20 работ в интеллектуального анализа данных, поддержки принятия управленческих решений,

Slushash Tygaibaevna Dusakaeva (b. 1977) She graduated from Orenburg state pedagogical University in 1999 with a degree in Mathematics and physics. Senior lecturer of the Department of applied mathematics of Orenburg state University. In the list of scientific works more than 20 works in data mining, support of management decisions,

УДК 004.83+005.336.4: 004.9

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ РИСКОВ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА

Н.О. Никулина^{1,a}, А.И. Малахова^{1,b}, И.Ф. Иванова^{2,c}

¹Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

^anikulinano@outlook.com, ^baimalakhova@gmail.com

²Объединённая двигателестроительная корпорация - Уфимское моторостроительное производственное объединение (ПАО «ОДК-УМПО»), Уфа, Россия

^civanovaif@yandex.ru

Аннотация

Рассмотрены вопросы управления инновационными проектами, реализуемыми на производственных предприятиях. Актуальной задачей является своевременное оказание поддержки в принятии решений всем участникам проекта. Целью исследования является изучение возможностей использования интеллектуальных технологий управления знаниями для поддержки принятия решений при выполнении инновационных проектов, разработка методологических и теоретических основ управления инновационными проектами в условиях неопределённости и риска на основе онтологического анализа и обработки знаний. По результатам анализа рисков сформированы уровни проблемных ситуаций, возникающих в ходе реализации инновационных проектов в среде производственных предприятий. Выделены основные проблемные ситуации, для решения которых участники инновационного проекта обращаются к онтологии. Предложен подход к управлению инновационными проектами, основанный на системной интеграции онтологии управления инновационными проектами и онтологии поддержки принятия решений. Построены интегрированная онтология поддержки принятия решений при управлении инновационными проектами. Новизна предложенной онтологии заключается в отображении понятий процессов управления проектами для формирования описаний различных ситуаций, требующих принятия решений.

Ключевые слова: интеллектуальные технологии, инновационный проект, поддержка принятия решений, проблемная ситуация, онтология, прецедент, анализ рисков.

Цитирование: Никулина, Н.О. Интеллектуальная поддержка принятия решений при анализе рисков инновационного проекта / Н.О. Никулина, А.И. Малахова, И.Ф. Иванова // Онтология проектирования. – 2019. – Т.9, №3(33). – С.382-397. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-382-397.

Введение

На данный момент действует ряд законодательных и нормативных актов, направленных на стимулирование инновационной деятельности, на реализацию инновационных проектов, на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение её деятельности [1, 2]. Практика показывает, что они недостаточно согласованы между собой, а использованные инструменты инновационной политики применимы в других социально-экономических условиях. Заимствованные механизмы действуют в иной институциональной, организационной, управленческой, инфраструктурной и ментальной среде и не всегда применимы в российских сложившихся традициях [2].

Основными целями государственного стимулирования инновационной деятельности в Российской Федерации является «...обеспечение долгосрочного устойчивого развития государства, формирование экономики знаний в Российской Федерации, развитие и эффективное использование инновационного потенциала, а также материальных и финансовых ресурсов, направляемых на создание наукоёмких технологий, товаров (работ, услуг), выпуск наукоём-

кой, конкурентоспособной продукции» [3]. Активная инновационная деятельность необходима и для успешного выполнения программ импортозамещения [4].

Для повышения эффективности выполнения проектов разработаны и успешно применяются методы проектного менеджмента, математического моделирования и принятия решений [5]. Тем не менее, лишь около половины всех проектов завершаются в срок, с заданным качеством и в рамках согласованного бюджета [6, 7]. Около 60% организаций в полной мере осознают ценность проектного менеджмента, а более 90% организаций уже используют стандартные практики в управлении проектами. Судя по результатам выполнения проектов, использования только лишь стандартов и методов проектного управления недостаточно для достижения поставленных целей. Необходимо искать причинно-следственные связи, приводящие к неудачам проектов на различных стадиях их жизненного цикла, и устранять вероятные проблемы ещё до их возникновения.

1 Основные особенности и проблемы инновационных проектов, реализуемых в среде производственных предприятий

Статистика свидетельствует о росте количества организаций, имеющих в своём составе научно-исследовательские, проектные и конструкторские подразделения, а также об увеличении доли инновационных товаров и услуг (рисунок 1) [7]. В основном инновационные проекты выполняются в городах, где высока доля наукоёмких производств. Так, в Республике Башкортостан на столицу, г. Уфу, приходится более половины всех инновационных проектов, при этом доля проектов, выполняемых на базе промышленных предприятий, составляет более трети (рисунок 2).



Рисунок 1 – Инновационная деятельность промышленных предприятий РФ

Промышленные предприятия, расположенные в городской черте, имеют необходимую производственно-техническую базу и доступ к развитой инфраструктуре, что позволяет обеспечить техническую, технологическую и организационную поддержку выполняемых ими инновационных проектов.

Другой особенностью таких проектов является возможное включение в число его участников представителей государственных структур – министерств и ведомств, органов государственной власти и управления, государственных контролирующих организаций. Инновационные проекты, особенно выполняющиеся на базе различных государственных корпораций, обычно являются составными частями государственной программы.

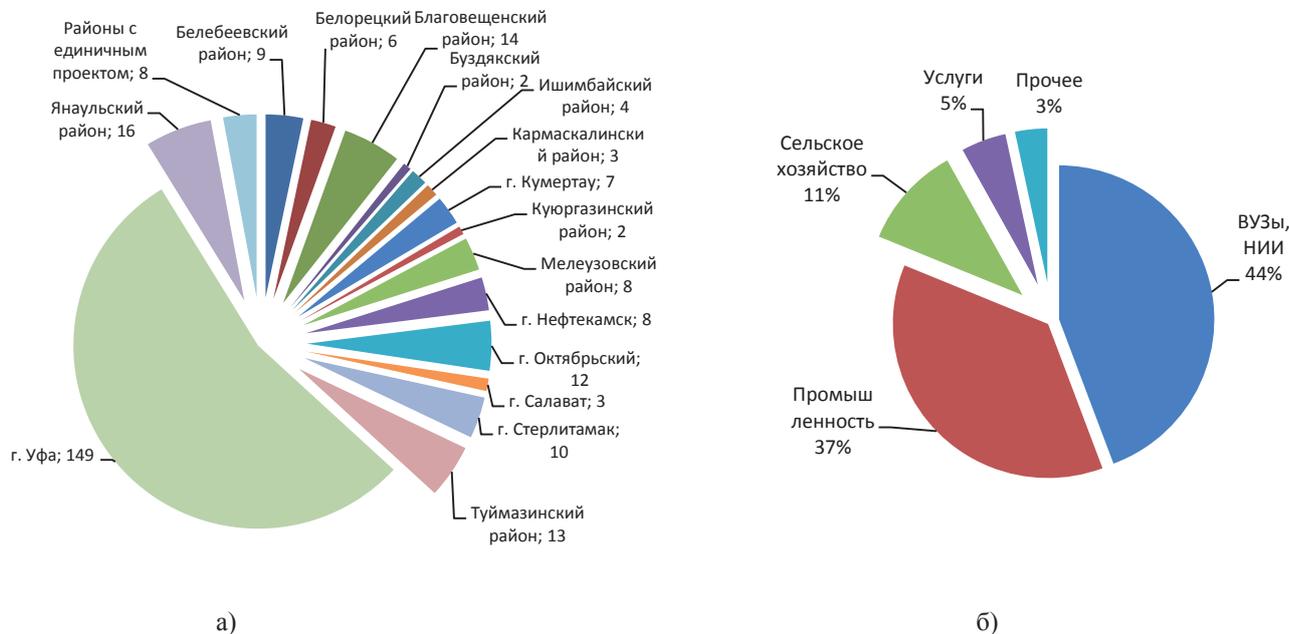


Рисунок 2 – Распределение инновационных проектов в Республике Башкортостан: а) – по административным единицам; б) – по отраслям

Одним из примеров инновационных проектов, реализуемых в производственной среде, может служить проект «Реконструкция и техническое перевооружение производственной базы ПАО «ОДК-УМПО» для производства компонентов и агрегатов вертолётных двигателей типа ТВ3-117 и ВК-2500», который является одним из этапов Программы по организации серийного производства вертолётных двигателей [8].

Целью Программы является организация серийного производства компонентов вертолётных двигателей ВК-2500 исключительно из отечественных комплектующих в обеспечение реализации государственной программы импортозамещения, а также создание ресурсной базы и технологической платформы для организации конкурентоспособного серийного производства, ориентированного на выпуск перспективных вертолётных двигателей. Программой предусмотрена реконструкция существующих зданий и сооружений, прокладка новых и модернизация существующих инженерных сетей, замена и приобретение нового высокопроизводительного оборудования, формирование производственно-технологических центров (ПТЦ) с инженерно-техническим обеспечением и освоение на новых площадях производства компонентов вертолётных двигателей ВК-2500.

Программа предполагает создание четырёх ПТЦ, где будет сосредоточена основная работа по изготовлению узлов двигателей ВК-2500. Совокупный объём инвестиций в создание ПТЦ составляет более 7 млрд. рублей. ПТЦ спроектированы с учётом лучших мировых стандартов и практик, в том числе с применением принципов бережливого производства [9].

Всё это позволяет отнести выполняющуюся в течение пяти лет Программу по созданию серийного производства вертолётных двигателей к крупному инновационному проекту.

Решению проблем, возникающих при управлении инновационными проектами, обычно помогает их классификация, когда каждому классу проблемных ситуаций поставлен в соот-

ветствие класс типовых решений. Таким образом, одной из задач организации поддержки принятия решений является классификация проблемных ситуаций, возникающих в ходе реализации инновационного проекта в заданной предметной области (ПрО).

Для инновационных проектов характерна высокая степень неопределённости как в оценке текущей ситуации, так и в прогнозировании последствий принимаемых решений. Инновационные проекты, входящие в состав долгосрочной государственной программы, часто имеют более высокую степень неопределённости, чем индивидуальные проекты, чем протяжённее проект во времени, тем более труднопредсказуемой становится его реализация. Это связано с высокой изменчивостью внешней среды проекта, обусловленной возможным изменением государственной политики, внешнеполитической ситуации, приоритетов финансирования, а также появлением новых технологий. При этом сжатые сроки, устанавливаемые заказчиком, зависимость от множества смежных участников вынуждают руководителя проекта принимать решения, основанные лишь на собственном опыте реализации предыдущих проектов (не всегда схожих по своей сути) и приводящие к серьёзным нежелательным последствиям. При включении в число участников проекта представителей государственных структур существенно удлиняется цепочка лиц, принимающих решения (ЛПР), а взаимодействие между участниками усложняется.

Для инновационных проектов особенно остро стоит проблема подбора и назначения исполнителей, обладающих не только определёнными профессиональными знаниями и навыками, но и качествами, необходимыми для работы в команде. Наиболее сложной ситуацией представляется для ЛПР, который одновременно является исполнителем, ответственным за получение одного из результатов проекта, и руководителем, который должен определить состав исполнителей проекта. Далеко не всегда в одном человеке сочетаются качества хорошего руководителя и профессионала в ПрО. В этом случае обобщённые знания и опыт помогут избежать ошибок или хотя бы снизить негативные последствия от неверных решений.

И наконец, проблема доступа к информации о ходе выполнения смежных проектов. Взаимодействие ЛПР смежных проектов ограничено, во-первых, рамками существующих организационных структур как самих проектов, так и предприятия в целом, а во-вторых, субординацией, когда руководители смежных проектов находятся на разных уровнях иерархии, хотя и не в прямом подчинении друг у друга. Кроме того, часто смежные проекты конкурируют за доступ к одним и тем же ресурсам производственно-технической базы и персонала.

Поэтому следует обратить внимание на оказание поддержки принятия решений для лиц, находящихся на различных уровнях организационной структуры проекта.

2 Анализ рисков и проблемных ситуаций в инновационных проектах, реализуемых в среде производственных предприятий

Информационная поддержка ЛПР направлена на снижение неопределённости при принятии решений, что влечёт за собой уменьшение вероятности наступления рисков событий и сокращение количества проблемных ситуаций. Прежде всего, для организации информационной поддержки необходимо обеспечить сбор и классификацию данных о проблемных ситуациях, возникновение которых связано с организационными, производственными и финансово-экономическими рисками. Риски, наиболее сильно влияющие на выполнение работ по проекту, имеют наивысший приоритет при выделении ресурсов на мероприятия по их предупреждению и предотвращению. Например, на стадии инициации инновационного проекта рассматривается около 20 часто идентифицируемых рисков [10].

Описание части рисков представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификация и количественная оценка рисков проекта (начало)

Риск	Возможная причина отказа	Возможное последствие отказа	K_n	Меры по обнаружению	K_n	Меры по предупреждению	K_o	K_p
Производственные риски								
Задержка выполнения этапов	Нарушение сроков конкретных работ, в том числе по вине поставщиков и подрядчиков, несвоевременное финансирование	Ухудшение показателей эффективности проекта, срыв сроков реализации проекта и неисполнение обязательств перед потребителями	8	Мониторинг плана-графика реализации проекта	4	Применение внутренней системы организационного контроля	5	160
Отсутствие необходимого оборудования	Недостаточная проработка потребности в оборудовании: неверная оценка пропускной способности оборудования	Рост затрат на реализацию программы за счет необходимости закупки дополнительного оборудования	5	Проверка наличия всей номенклатуры и количества оборудования с учетом пропускной способности после расщепки деталей и узлов	5	Предпроектный анализ потребных производственных мощностей и определение номенклатуры оборудования	5	125
Организационные риски								
Отсутствие необходимых квалифицированных кадров	Ошибки в расчетах потребности в персонале, его квалификации	Невозможность выполнения или выполнение с худшим качеством отдельных операций	8	Анализ наличия квалифицированных кадров	3	Предпроектная оценка требуемой квалификации и численности персонала, организация работ с учебными заведениями	5	120
Ошибки в стратегии производства	Недостаточный уровень проработки технологии и логистики производства	Нарушение логистики производства (локальное и внутрикооперационное), как следствие рост затрат на производство, приводящий к росту цены на продукцию или снижению рентабельности производства	8	Анализ объемов, сроков производства и текущего уровня затрат на единицу продукции	3	Привлечение инжиниринговых компаний для оценки технологии и логистики серийного производства	4	96
Несогласование и неисполнение договорных отношений с разработчиком конструкторской документации	Несогласование сроков и стоимости работ	Увеличение стоимости и сроков выполняемых работ	7	Мониторинг исполнения договорных обязательств	3	Юридическое сопровождение и контроль вышестоящих организаций	6	126

Таблица 1 – Идентификация и количественная оценка рисков проекта (окончание)

Риск	Возможная причина отказа	Возможное последствие отказа	K_n	Меры по обнаружению	K_n	Меры по предупреждению	K_o	K_p
Финансово-экономические риски								
Увеличение затрат на проект	Неверная оценка объёмов и структуры инвестиций	Увеличение периода окупаемости, уменьшение доходности проекта	6	Мониторинг бюджета проекта	4	Стоимостной контроль выполнения программы	6	144
Изменение цен на комплектующие и материалы	Недостаточная проработка договоров с поставщиками, изменение внутренней и/или внешней экономической обстановки в стране	Рост себестоимости производства, как следствие снижение рентабельности или рост цены продукции	5	Анализ и прогноз состояния рынка по всей номенклатуре материалов и комплектующих	4	Поиск альтернативных поставщиков	4	80

Каждый риск получает количественную экспертную оценку по методу анализа причин и последствий отказов (*Failure Mode and Effect Analysis – FMEA*) в соответствии с формулой

$$(1) \quad K_p = K_n * K_n * K_o,$$

где K_p – коэффициент риска; K_n – коэффициент тяжести последствий отказов (степень влияния возможного последствия отказа, связанного с риском, на ход проекта); K_n – коэффициент, учитывающий вероятность, с которой отказ или его причина не могут быть обнаружены до возникновения его последствий; K_o – коэффициент, учитывающий вероятность отказа.

Каждый коэффициент в формуле (1) оценивается по десятибалльной шкале, поэтому коэффициент риска K_p по каждой строке может принимать значение от 1 до 1000. Уровень риска L_p определяется как отношение величины суммарного риска по всем строкам к максимально возможной величине суммарного риска по этим строкам, выраженное в процентах

$$(2) \quad L_p = K_p / K_{p \max} * 100.$$

Для приведённого в таблице 1 перечня рисков уровень риска в соответствии с (2) составил 12,2%, что по оценкам авторов укладывается в диапазон допустимых значений уровня риска инновационных проектов для России.

Количественные оценки позволяют ранжировать риски по степени их негативного воздействия на проект. Риски с наивысшим приоритетом регулярно отслеживаются с целью своевременного реагирования при изменении степени угрозы, и проводятся мероприятия, которые приводят к предотвращению причин отказов, снижению вероятности появления отказа, повышению вероятности обнаружения отказа.

Риски могут быть типовыми для группы проектов (проекты по созданию центров специализации, проекты реконструкции и технического перевооружения, проекты в сфере информационных технологий и др.), что даёт возможность распространить методы их анализа на другие инновационные проекты.

В ходе исследований в «ОДК-УМПО» проведена работа по упорядочению информации о возможных рисках и о проблемных ситуациях, которые могут возникать в результате наступления рискованных событий. В таблице 2 определены три уровня проблемных ситуаций, соответствующих уровням ЛПП в организационной структуре проекта.

Таблица 2 – Уровни проблемных ситуаций инновационного проекта

Уровень проблемной ситуации	Место возникновения	Характеристика уровня проблемной ситуации	Уровень ЛПП
1	Локальная	Управляемая (не требует эскалации)	Руководитель проекта
2	Затрагивает смежные проекты или подразделения предприятия	Мешает оперативной работе	Руководство предприятия
3	Глобальная	Критическая (возможна полная остановка проекта)	Руководство корпорации

Уровень проблемы, которую оценивает руководитель проекта, свидетельствует о необходимой срочности принимаемых мер. Фиксируется и статус решения проблемной ситуации, благодаря чему можно отслеживать её жизненный цикл. Определено четыре возможных статуса решения проблемной ситуации:

- 1 – проблемная ситуация находится на стадии обсуждения;
- 2 – определены задачи по решению проблемной ситуации, назначены исполнители;
- 3 – выявлена задержка решения проблемной ситуации;
- 4 – проблемная ситуация решена.

Описание возникающих проблемных ситуаций и фиксация решений, принимаемых на проектных комитетах или координационных совещаниях на уровне куратора проекта, управляющего директора или генерального директора корпорации, может выполняться в слабоструктурированном неформализованном виде, например, может представлять собой таблицу, ячейки которой заполняются администратором проекта и согласовываются руководителем проекта. Пример такого описания приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Описание проблемных ситуаций инновационного проекта

Уровень проблемы	Описание проблемы	Дата регистрации	Предложение по решению	Должностное лицо, помощь или решение которого требуется	Срок решения	Статус решения
2	Отсутствие уточнённого плана производства, что не позволяет запланировать приобретение материалов и покупных полуфабрикатов для запуска материальной части в производства	20.01.19	Уточнить план производства на год и текущий квартал.	Директор по производству, Директор по продажам	31.01.19	2
2	Риск срыва сроков поставки оборудования со стороны поставщика, что может повлиять на срок ввода объекта в эксплуатацию	20.01.19	Направление специалистов на завод-изготовитель оборудования для инспектирования его производства	Технический директор	15.02.19	1

Подобная таблица формируется в рамках презентации для проектного комитета или совещания. К ней имеет доступ ограниченное число лиц: команда проекта и участники проектного комитета или координационного совета, на котором рассматривается проблема. Члены проектной команды, непосредственно не принимающие участия в совещании, не имеют доступа к этой информации, что затрудняет взаимодействие участников проекта и мешает давать адекватную оценку сложившейся ситуации. Руководителям других проектов и их ко-

мандам, в случае возникновения похожей проблемы, данная информация также была бы очень полезной, если бы они имели к ней доступ. Обеспечение слаженного взаимодействия множества участников проекта представляет собой отдельную задачу.

В ходе выполнения инновационного проекта ЛПР необходимо оказывать все виды поддержки принятия решений – информационную, вычислительно-аналитическую, интеллектуальную. С первыми двумя видами поддержки успешно справляются системы управления проектами, предоставляя в наглядном виде графики и отчёты, отражающие ход выполнения работ. Для принятия решений в проблемных ситуациях необходимо использование алгоритмов, основанных на знаниях и опыте не только ЛПР, ведущих текущий проект, но и ЛПР других проектов.

3 Интеграция онтологии поддержки принятия решений и онтологии управления инновационным проектом

Знания – это закономерности ПрО (принципы, связи, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области [11]. Одной из ключевых задач при формировании баз знаний (БЗ) является структурирование и представление знаний. Знания могут быть извлечены из множества разнородных источников: нормативных и регламентирующих документов различного уровня, проектной документации, баз данных, а также получены вербально от лиц, имеющих достаточный опыт практической деятельности в области инновационного и проектного менеджмента и выступающих в качестве экспертов ПрО. Эффективным средством интеграции знаний является онтологический инжиниринг, который позволяет создать абстрактную модель ПрО, описывающую систему понятий ПрО и отношений между ними. При этом для более точной формализации ПрО можно использовать модели процессов управления инновационными проектами, разработанные в различных нотациях [12]. Разработанная в результате онтология является удобным способом создания унифицированной, детальной и непротиворечивой терминологии с учётом контекста ПрО [13].

Специфика реализации инновационного проекта требует представления различных областей знаний, необходимых для успешного управления проектом, что подразумевает возможность существования нескольких онтологий, представляющих концептуализацию содержания конкретного проекта, а также областей знаний проектного менеджмента (управление расписанием проекта, стоимостью, сроками выполнения, качеством, ресурсами и др.). При построении онтологии управления инновационными проектами за основу приняты понятия из Руководства к своду знаний по управлению проектами [14]. В зависимости от специфики конкретного инновационного проекта и ПрО онтология подлежит последующему наполнению и корректировке.

Так, область знаний по управлению рисками проекта включает в себя [14]:

- процессы, связанные с осуществлением планирования управления рисками, их идентификацией и анализом, планированием реагирования на риски, а также контролем рисков в проекте;
- методы и инструменты, применяемые в ходе выполнения каждого процесса;
- перечень входных и выходных данных, необходимых для успешного выполнения процессов.

Целями управления рисками проекта являются повышение вероятности возникновения и усиление воздействия благоприятных событий, снижение вероятности возникновения и ослабление воздействия неблагоприятных событий в ходе реализации проекта.

Описание онтологии производится на языке *OWL DL (Web Ontology Language based on Description Logic)*. Разработка онтологий ведется в онтологическом редакторе *Protégé 5.2.0* [15]. Фрагмент онтологии управления инновационным проектом представлен на рисунке 3.

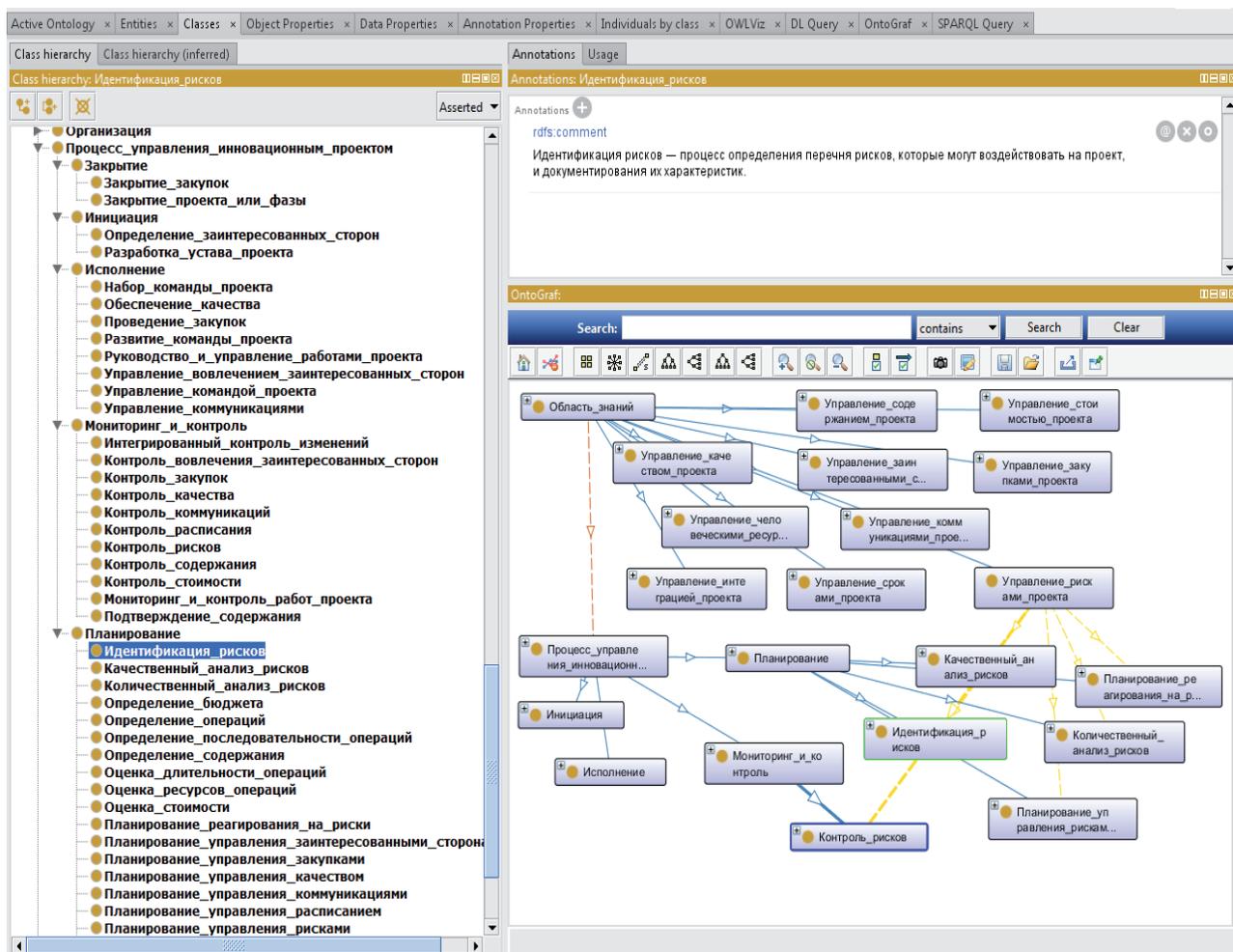


Рисунок 3 – Фрагмент онтологии управления инновационным проектом

С целью обеспечения объективного представления знаний, а также отображения понятий из одной области знаний в другую при формировании правил принятия решений, выполняется объединение онтологий задач, моделей и методов поддержки принятия решений и онтологий проектного менеджмента в интегрированную онтологию. Объединение онтологий осуществляется с применением встроенной функции объединения онтологий *merge ontologies*, которая предусматривает реализацию операции объединения эквивалентных классов, сущностей и синонимов (в рассматриваемом контексте ПрО) с участием экспертов. В результате в семантической сети интегрированной онтологии отображаются объектные отношения между классами объектов из онтологии управления разрабатываемым инновационным проектом и онтологией задач, моделей и методов принятия решений. Фрагмент предложенной интегрированной онтологии представлен на рисунке 4.

Исходя из предложенного подхода интегрированная онтология управления знаниями *Onto* может быть описана как набор объединённых онтологий в соответствии с формулой

$$(3) \quad \text{Onto} = \langle O^{PM}, O^{DM}, Inf^F \rangle,$$

где O^{PM} – онтология управления инновационным проектом; O^{DM} – онтология поддержки принятия решений; Inf^F – модель машины логического вывода.

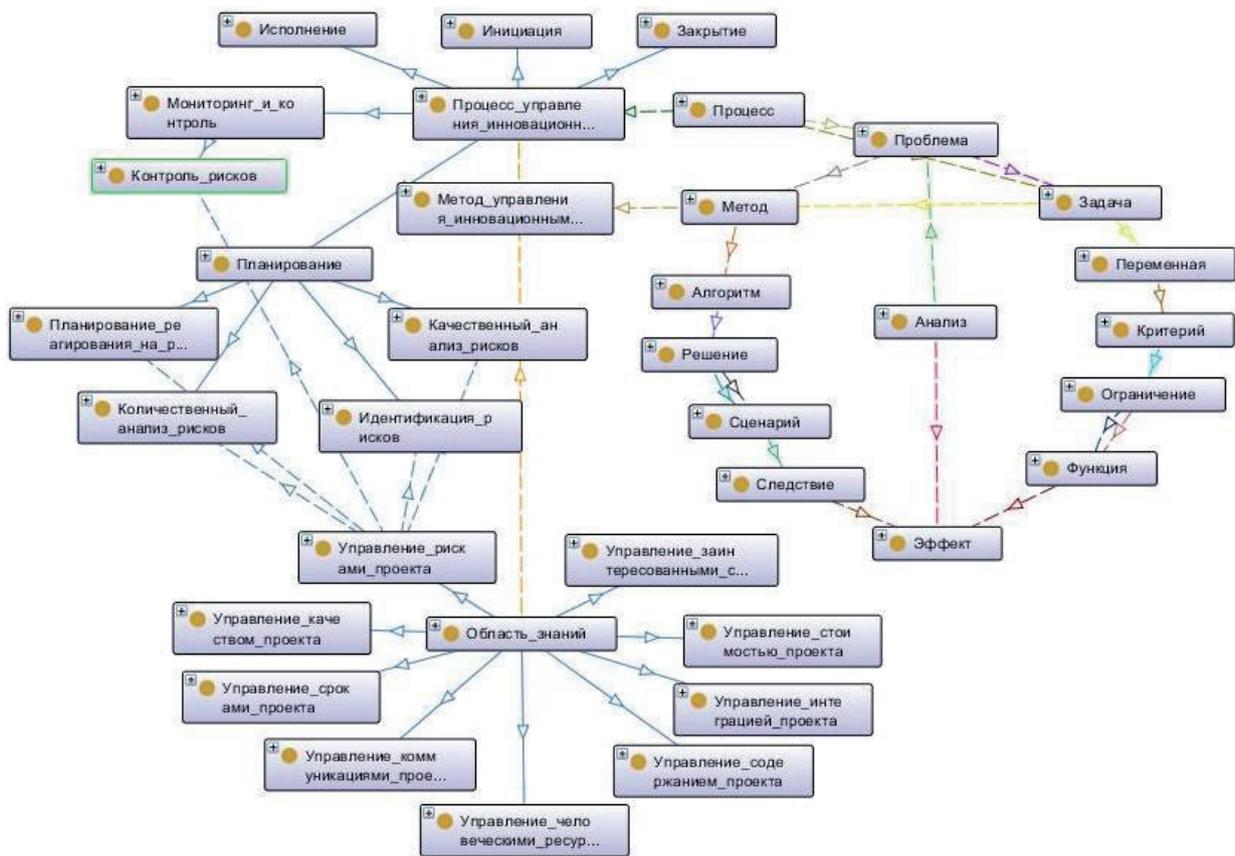


Рисунок 4 – Фрагмент интегрированной онтологии

Модель машины вывода выполняет функцию активации сущностей и отношений, описывающих конкретную задачу, то есть организации динамической компоненты БЗ. Схема использования онтологии заинтересованными сторонами инновационного проекта представлена на рисунке 5.

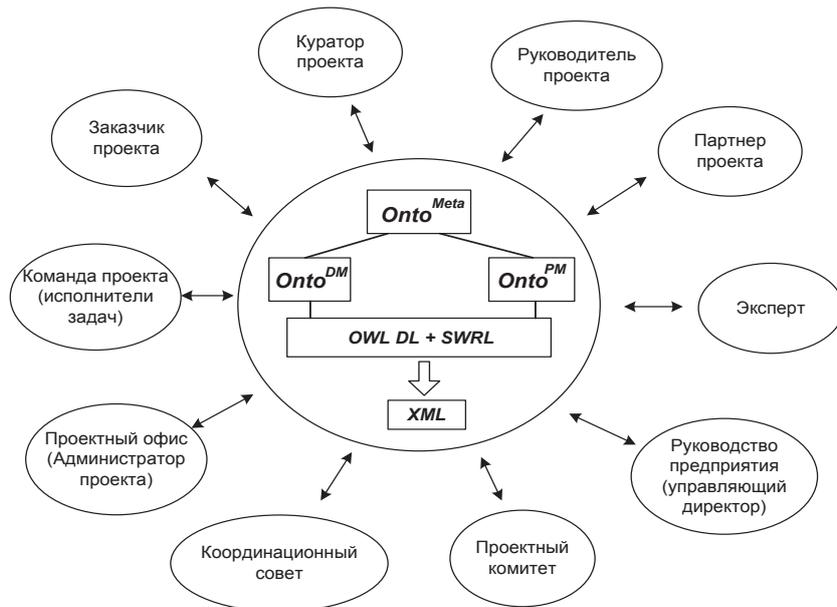


Рисунок 5 – Схема использования онтологии заинтересованными сторонами инновационного проекта

Потенциальными пользователями интегрированной онтологии являются заинтересованные стороны разрабатываемого инновационного проекта, такие как заказчики, спонсоры, партнёры проекта, руководство предприятия с одной стороны, а также участники команды проекта, пользователи проекта, проектный офис, эксперты ПрО и области инженерии знаний с другой. У каждой из представленных на рисунке 5 заинтересованных сторон в ходе выполнения проекта возникают определённые вопросы или проблемы, особенно это касается ЛПР, участвующих одновременно в нескольких проектах [16]. Своевременная и точная оценка сложившейся ситуации позволяет правильно организовать процедуры проектного управления, связанные с принятием решений и их фиксацией в проектной документации.

В таблице 4 представлены потребности в информации, которая запрашивается заинтересованными сторонами проекта чаще всего [17].

Онтология может быть представлена в качестве центрального компонента информационных систем и приложений предприятия для совместного использования персоналом организации и аннотирования информации. При этом онтология выполняет две основные функции: определяет общую терминологическую базу для всех ЛПР и позволяет формулировать правила и прецеденты, используя одни и те же понятия ПрО.

Семантический подход к анализу ситуаций позволяет эксперту или группе экспертов описать при помощи единого стандартизованного языка общую модель исследуемой ПрО, а также задать способ обработки исходных данных, поступающих в онтологическую модель, в виде используемого системой набора продукционных правил. Таким образом, на основе полученной интегрированной онтологии управления знаниями строятся модели представления знаний в виде правил и прецедентов принятия решений в проблемных ситуациях, которые вместе с онтологией составляют основу БЗ. Использование БЗ позволяет её пользователям получать ответы на вопросы, подобные сформулированным в таблице 4.

Для формирования правил в онтологии используется стандартизованный язык описания продукционных правил для машин вывода на онтологиях *Semantic Web Rule Language (SWRL)* [15]. Язык *SWRL* является расширением языка *OWL DL* и поддерживает разработку правил в соответствии с принципами дескриптивной логики. При разработке правил применяются предикаты, определённые в онтологии в части формирования аксиом иерархии классов, описания отношений ассоциации и аксиомы, накладываемые на свойства. Полученные правила записываются на языке формализации онтологических правил *SWRL*.

Правила, сформулированные в онтологии выражают причинно-следственные отношения между определёнными классами событий, являющихся причинами возникновения проблемных ситуаций, решениями, принимаемыми ЛПР, проблемными ситуациями и действиями, выполняемыми для разрешения проблемных ситуаций. Таким образом, приведённые в таблице 1 типовые риски проекта, принадлежащие к различным группам рисков, последствия и причины отказа, меры по обнаружению и предотвращению данных рисков могут быть представлены в онтологии в виде набора правил (рисунок 6).

В рамках предложенного подхода к оказанию поддержки принятия решений предлагается фиксировать в интегрированной онтологии имеющие место проблемные ситуации и принятые по ним решения, приведённые в таблице 3, в виде прецедентов принятия решений, что позволит руководителям и членам команд последующих проектов обращаться к ним в случае возникновения схожих проблем. Выбор наиболее подходящего в конкретной ситуации прецедента либо позволит сформировать на его основе решение, либо потребует адаптации к текущей ситуации с учётом различий в признаках и контекстах текущей ситуации и ситуации, имевшей место в прошлом.

Таблица 4 – Потребности заинтересованных сторон в информации

Заинтересованная сторона	Потребности в информации
Заказчик, куратор, партнёр проекта	<p>Как получить общую информацию о ходе выполнения работ проекта? Как определить, не нарушены ли ограничения проекта (стоимость, сроки, качество)? Какие проблемы в настоящее время есть у проекта (срывы сроков поставки оборудования и материалов или выполнения работ, задержка согласования платежей, внутренние нестыковки в бизнес-процессах, препятствующие реализации проекта и т.п.) ?</p>
Проектный комитет, координационный совет	<p>Как организовать взаимодействие между участниками проекта? Какие проблемные ситуации эскалировать на вышестоящий уровень принятия решений? Как распределить ресурсы между проектами? Как определить область реализации проекта? Как сопоставить цели проекта со стратегией развития предприятия? Кого назначить руководителем проекта? На каких стадиях проекта информировать руководство предприятия? Каковы сроки утверждения проектной документации?</p>
Руководство предприятия	<p>Как планировать и контролировать ресурсы портфеля проектов? Какие критерии и KPI (Key Performance Indicator) задать с целью оценки эффективности реализации проекта и мотивации проектной команды? Как распределить накладные расходы между проектами? Как распределить оборудование между проектами и учесть его амортизацию при закрытии проекта? Как организовать конкурсные процедуры по проекту без увеличения сроков выполнения проекта? Как выбрать поставщиков? Все ли сертификаты есть у предприятия для выполнения проекта?</p>
Руководитель проекта	<p>Какая последовательность инициации проекта и разработки базовых документов, распределение ответственности между подразделениями? Какие проблемы и ограничения в настоящее время есть у проекта? Какие риски срыва сроков проекта существуют и как их минимизировать? Какими способами можно ускорить реализацию проекта? Каков механизм защиты проекта и утверждения/ корректировки бюджета? Какие современные средства применимы для мониторинга команды проекта? Как устранить противоречия между командой проекта и его пользователями? Как организовать обучение персонала? Как оптимально подобрать кадры проекта? Как часто проводить координационные совещания? Как предупредить отставание от сроков выполнения проекта? Какую методологию выбрать для выполнения проекта? Как разработать смету трудозатрат проекта? Из чего складывается и в какой форме описывается бюджет проекта? Как переводить трудозатраты в финансы и наоборот? Как управлять стоимостью проекта, какие показатели отслеживать? Что делать в случае возникновения конфликта ресурсов? Как рассчитать прибыль проекта и премии сотрудников?</p>
Команда проекта (исполнители задач)	<p>От кого и в какой форме получать задания? Что делать, если задания накладываются по срокам? Как выстроить приоритеты выполнения заданий? В какой форме и кому отчитываться о выполнении заданий? Что считать проблемой и кому сообщать об их возникновении? Перед кем и в какой форме ставить вопрос о необходимости пересмотра объёма и/или сроков выполнения работ? Как рассчитать свой бонус от участия в проекте?</p>
Проектный офис	<p>Как открыть/закрыть проект? Какие базовые документы необходимо оформить? Есть ли шаблоны? Как составить сводный и оперативный план проекта, есть ли шаблоны? Как сформировать плановый фонд рабочего времени? Как фиксировать в учётной системе проектные затраты и процент выполнения работ? Какова процедура начисления премии по проектам? Как и какие отчёты формировать по проектам?</p>

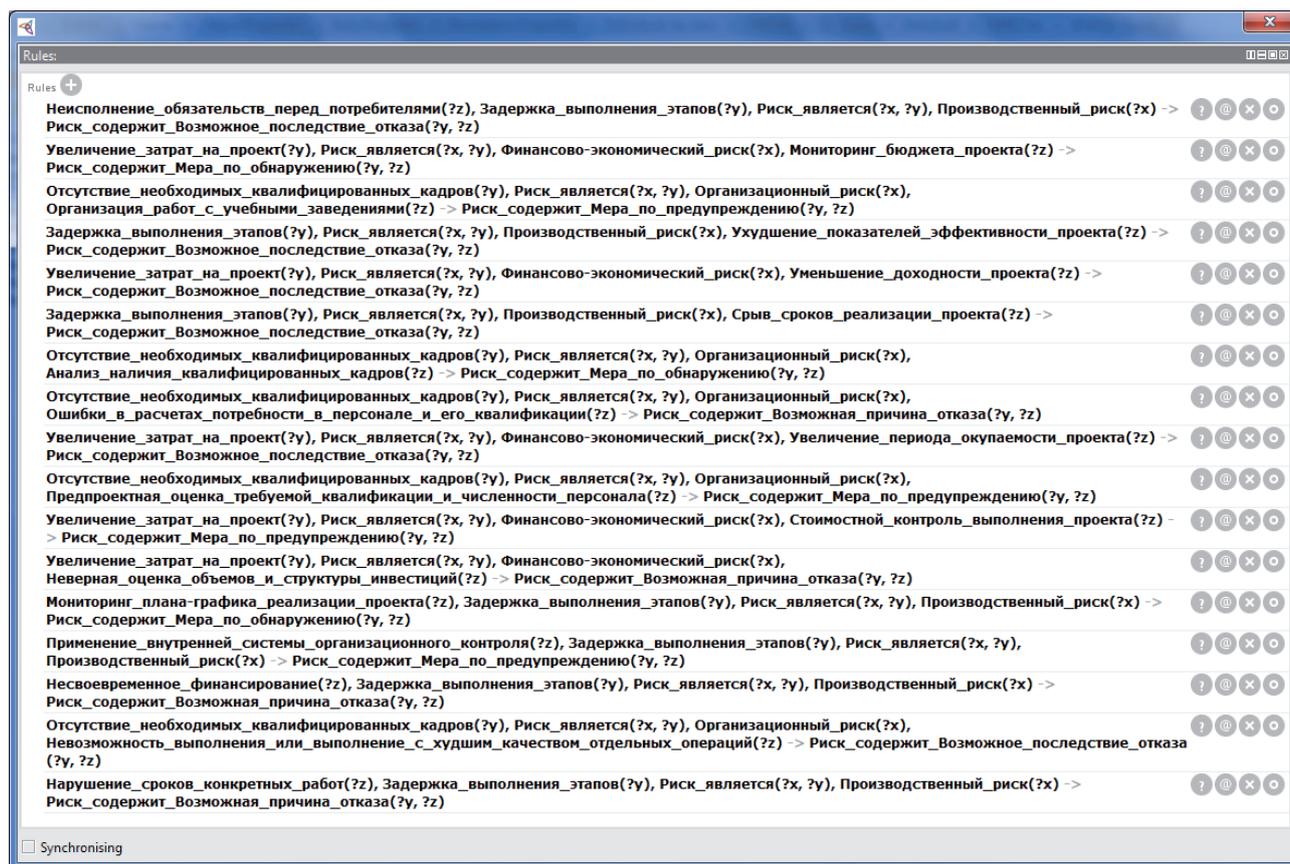


Рисунок 6 – Правила поддержки принятия решений в интегрированной онтологии (здесь x, y, z – переменные или экземпляры)

Заключение

Разработка БЗ как средства интеллектуальной и информационной поддержки принятия решений при выполнении инновационных проектов является актуальной. Использование онтологической БЗ позволит осуществлять поиск способов решения проблем на основе описания сложившейся ситуации. При этом БЗ должна содержать детальную и хорошо структурированную информацию о ресурсах, параметрах задач и других свойствах проекта.

Практическая ценность представленных результатов состоит в разработке и использовании компонентов системы управления знаниями для обнаружения и прогнозирования проблемных ситуаций в инновационном проекте. Предлагаемая интегрированная онтология может быть использована при управлении инновационными проектами в различных ПрО, поскольку содержит в себе классы понятий, закреплённых в РМВоК, имеющего (де-факто) статус стандарта проектной деятельности.

Другая часть интегрированной онтологии – онтология поддержки принятия решений – включает классы понятий, отражающие известные задачи принятия решений на соответствующие им модели и методы поиска решений. Объединение онтологии управления инновационным проектом и онтологии поддержки принятия решений позволяет на основе собранного опыта принятия решений в рамках управления инновационным проектированием находить решения в проблемных ситуациях конкретного проекта.

Благодарности

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-00-00345 (18-00-00238) «Методы и модели поддержки принятия решений при управлении инновационными проектами на основе инженерии знаний».

Список источников

- [1] Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» (ред. от 23.05.2016) - <https://минобрнауки.рф/документы/817/файл/8375/127-фз.pdf>.
- [2] Закон об инновационной деятельности // Журнал «Аккредитация в образовании», №44, декабрь 2010 г. - http://akvobr.ru/journal_akkreditacia_v_obrazovanii_44.htm.
- [3] Проект Федерального закона «О научной, научно-технической и инновационной деятельности в Российской Федерации» (от 28.03.2018) - <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/53106.html>.
- [4] Указ Президента РФ № 899 от 07.07.2011 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» (с изменениями на 16.12.2015) - <http://docs.cntd.ru/document/902287707>.
- [5] **Новиков, Д.А.** Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы / Д.А. Новиков, А.А. Иващенко. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 336 с.
- [6] Pulse of the Profession®: Success in disruptive times. Expanding the value delivery landscape to address the high cost of low performance, February 2018. - <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018>.
- [7] Индикаторы инновационной деятельности: 2018: статистический сборник / Н.В. Городникова, Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский и др. - М.: НИУ ВШЭ, 2018. - 344 с.
- [8] Организация производства компонентов вертолетных двигателей ВК-2500 в ОДК-УМПО. Официальный сайт ПАО «ОДК-УМПО». - <http://umpo.ru/products/perspektivnye-izdeliya/vk-2500>.
- [9] Узлы стремятся к серии // Отраслевое информационно-аналитическое агентство «АвиаПорт». - <https://www.aviaport.ru/news/2018/02/06/522101.html>.
- [10] **Никулина, Н.О.** Проектный менеджмент в управлении бизнес-процессами / Н.О. Никулина, И.Ф. Иванова, О.В. Бармина // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: РИК УГАТУ, 2017. - 260 с.
- [11] Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
- [12] Поддержка принятия решений при стратегическом управлении предприятием на основе инженерии знаний / под редакцией Черняховской Л. Р. – Уфа: Гилем, 2010. – 180 с.
- [13] **Черняховская, Л.Р.** Разработка моделей и методов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе онтологии организационного управления программными проектами / Л.Р. Черняховская, А.И. Малахова // Онтология проектирования, 2014. – № 4 (10). - С.42–50.
- [14] A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Project Management Institute. 2017. Pennsylvania: Sixth Edition. PMI Publications, 2017.
- [15] Официальная документация по Protégé. - <http://protrgrwiki.stanford.edu/index.php/ProtegeUserDocs>.
- [16] **Черняховская, Л.Р.** Оценка эффективности поддержки принятия решений при реализации проекта по разработке программного обеспечения / Л.Р. Черняховская, Н.О. Никулина, О.В. Бармина // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: труды 6 Всеросс. конф. (с междунар. участием) ITIDS'2018, Т.2. Уфа-Ставрополь, Россия, 28-31 мая 2018. - С.16-22.
- [17] **Товб, А.С.** Управление проектами: стандарты, методы, опыт / А.С. Товб, Г.Л. Ципес. – М.: ЗАО «Олимп – Бизнес», 2003. – 240 с.

DECISION-MAKING INTELLIGENT SUPPORT IN THE RISK ANALYSIS OF INNOVATIVE PROJECT

N.O. Nikulina^{1,a}, A.I. Malakhova^{1,b}, I.F. Ivanova^{2,c}

¹Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

^anikulinano@outlook.com, ^baimalakhova@gmail.com

²PJSC "UEK - Ufa Motor-building Production Association", Ufa, Russia

^civanovaijf@yandex.ru

Abstract

The article deals with the innovative project management aspects, implemented at industrial enterprises. An actual task is to provide decision-making support timely to all its participants. A purpose of the research is to explore possibilities to use the intelligent knowledge management technologies in innovative projects, as well as to develop methodological and theoretical principals of innovative project management in conditions of uncertainty and risk based on ontological analysis and knowledge processing. The levels of problem situations during the implementation of the innovative project in industrial environment are formed based on the results of project risk analysis. The main problem situations in which the innovative project participants appeal to the ontology are identified. A unified approach to innovative projects management is proposed based on system integration of innovative project management ontology and decision-making support ontology. The integrated decision-making support ontology in innovative project management is the result of the research. A novelty of the proposed integrated ontology lies in displaying the concepts of project management processes and its individuals for forming the various situations descriptions which require decision-making.

Key words: *intelligent technologies, innovative project, decision making support, problem situation, ontology.*

Citation: *Nikulina NO, Malakhova AI, Ivanova IF. Decision-making intelligent support in the risk analysis of innovative project [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(3): 382-397. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-382-397.*

Acknowledgments

The work is supported by RFBR grant № 18-00-00345 (18-00-00238) "Methods and models of decision making support in innovative projects management based on knowledge engineering".

References

- [1] Federal law № 127-FL dated 23.08.1996 "On science and state scientific and technical policy" (ed. dated 23.05.2016) [in Russian]. - <https://минобрнауки.рф/документы/817/файл/8375/127-фз.pdf>.
- [2] Law on innovation activity [in Russian]. Journal "Accreditation in education", № 44, December 2010. - http://akvobr.ru/journal_akkreditacia_v_obrazovanii_44.htm.
- [3] Draft Federal law "On scientific, technical and innovative activity in Russian Federation" (28.03.2018) [in Russian]. - <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/53106.html>.
- [4] Decree of the President of Russian Federation № 899 dated 07.07.2011 "On approving the priority directions of science, technologies and techniques progress in Russian Federation and the list of critical technologies in Russian Federation" (with amendments dated 16.12.2015) [in Russian]. Electronic Fund of legal, regulatory and technical documentation. - <http://docs.cntd.ru/document/902287707>.
- [5] *Novikov DA, Ivashchenko AA. Models and methods of organization management of the firm innovative development [in Russian]. – M.: LENAND, 2006. – 336 p.*
- [6] Pulse of the Profession®: Success in disruptive times. Expanding the value delivery landscape to address the high cost of low performance, February 2018. - <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018>.
- [7] Indicators of Innovation in Russian Federation: 2018: Data book [in Russian]. N. Gorodnikova, L. Gokhberg, K. Ditkovskiy et al.; National Research University Higher School of Economics. – Moscow: HSE, 2018. – 369 p.
- [8] Organization of the helicopter engine components production VK-2500 in UEK-UMPA [in Russian]. Official website of the PJSC "UEK - UMPA". - <http://umpo.ru/products/perspektivnye-izdeliya/vk-2500>.

- [9] The unites are committed to the series [in Russian]. Sectorial informational-analytical agency "AviaPort". - <https://www.aviaport.ru/news/2018/02/06/522101.html>.
- [10] **Nikulina NO, Ivanova IF, Barmina OV**. Project management in business process management [in Russian]. Ufa State Aviation Technical University. – Ufa: USATU RPC, 2017. – 260 p.
- [11] **Gavrilova TA, Khoroshevsky VF**. Knowledge bases of the intellectual systems [in Russian].– St. Petersburg: Piter, 2000. – 384 p.
- [12] **Chernyakhovskaya LR**. Decision-making support at strategic business management on the basis of knowledge engineering [in Russian]. – Ufa: ANRB, Gilem, 2010. – 128 p.
- [13] **Chernyakhovskaya LR, Malakhova AI**. Developing the methods and models of intellectual decision making support on the base of software projects organization management ontology [in Russian]. *Ontology of Designing*. 2014; 4(10): 42-50.
- [14] A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBok Guide) / Project Management Institute. 2017. – Pennsylvania: Sixth Edition, PMI Publications, 2017.
- [15] Official documentation on Protégé. - <http://protrgrwiki.stanford.edu/index.php/ProtegeUserDocs>.
- [16] **Chernyakhovskaya LR, Nikulina NO, Barmina OV**. Decision making support effectiveness evaluation in software project realization [in Russian]. Information Technologies of Intellectual Decision Support: Proceedings of the 6th national conference (with international participation) ITIDS'2018, Ufa-Stavropol, Russia, May 28-31, 2018. – Ufa: USATU RPC, 2018. – V. 2, p.16-22.
- [17] **Tovb AS, Scipes GL**. Project Management: standards, methods, experience [in Russian]. – M.: CJSC "Olympus-Business", 2003. – 240 p.

Сведения об авторах



Никулина Наталья Олеговна, 1971 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет в 1994 г., к.т.н. (1998). Доцент кафедры автоматизированных систем управления. Научные интересы: управление проектами, системное моделирование и проектирование информационных систем в организационном управлении. В списке трудов более 40 работ в указанных областях.

Natalya Olegovna Nikulina (b. 1971) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 1994, PhD (1998). She is an associate professor at Ufa State Aviation Technical University (Department of automated and management systems). Researching fields are project management, system modeling and designing information-systems in organizational management. She is co-author more 40 scientific articles and abstracts.



Малахова Анна Ивановна, 1987 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет (2009), к.т.н. (2013). Доцент кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов около 30 работ в области построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Anna Ivanovna Malakhova (b. 1987) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 2009, Ph.D. (2013). Associate professor of Ufa State Aviation Technical University (Department of automated and management systems). Co-author of about 30 scientific publications in the field of intellectual decision support systems development.



Иванова Ирина Фанилевна, 1981 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет в 2002 г., к.т.н. (2012). Начальник отдела проекта вертолётных двигателей Уфимского моторостроительного производственного объединения. Научные интересы: управление проектами в машиностроительной отрасли, анализ бизнес-процессов промышленного предприятия и системное моделирование. В списке трудов более 20 работ в указанных областях.

Irina Fanilevna Ivanova (b. 1981) graduated from the Ufa State Aviation Technical University in 2002, PhD (2012). She is a Head of the project Department of helicopter engines at Ufa engine-building production association. Researching fields are project management in the engineering industry, analysis of business processes and system modeling. She is co-author more 20 scientific articles and abstracts.



Научно-образовательный центр Самарской области Первая инжиниринговая конференция в Самарской области «Инжиниринг. Новые инструменты экономического роста»

В основу Научно-образовательного центра (НОЦ) заложен прогрессивный подход к организации взаимодействия науки, образования, производства и политической воли, способный создать благоприятную среду для раскрытия экономического потенциала территории. Именно с НОЦ Самарской области связаны надежды экспертов, производителей и учёных на дальнейшее обеспечение технологического развития региона. Первая инжиниринговая конференция в Самарской области «Инжиниринг. Новые инструменты экономического роста» стала знаменательным событием как в масштабах региона, так и за его пределами.

Андрей Рудской, ректор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, академик РАН: *«В 2019 году создано пять НОЦ мирового уровня - Кузбасс, Пермь, Тюмень, Нижний Новгород, Белгород. Существующий задел, команда, а главное желание, которое есть у руководства региона, включенность в работу промышленных предприятий, университетов, а также здоровая амбициозность поставленных задач позволяют говорить о том, что у Самарской области есть все шансы попасть в пятёрку научно-образовательных центров-2020!»*

Высокую оценку самарского НОЦ академик подкрепил действием, поставив подпись на Соглашении о вступлении Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого в консорциум НОЦ Самарской области. Упор в сотрудничестве автономной некоммерческой организации «Институт регионального развития» (АНО «ИРР»), управляющей компании НОЦ Самарской области, с одним из самых авторитетных ВУЗов страны, сделан на развитие научно-проектных групп в составе учёных Самарской области, курируемых питерским ВУЗом. Стороны объединят свои усилия для максимально выгодного взаимодействия в части организации исследований и разработок мирового уровня для получения новых конкурентоспособных технологий и продуктов, содействия подготовке кадров под реальные запросы индустриальных партнёров.

Подписано Соглашение между АНО «ИРР» и компанией ООО «Рус М» – резидентом Сколково, партнёром АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей». В рамках сотрудничества стороны будут осуществлять взаимодействие по направлениям: научные исследования и разработки; производство машин специального назначения (роторно-лопастные машины - РЛМ); подготовка и переподготовка специалистов в соответствующих областях научно-производственной деятельности; программа «Техническое перевооружение здания компрессии Самарского университета для центра компетенции по РЛМ – «Центр РЛМ»»; комплексная программа «Цифровая «Фабрика будущего» Самарского университета роторно-лопастные машины – «Центр РЛМ». Стороны намерены создавать условия участникам НОЦ Самарской области для реализации совместных проектов, в том числе инвестиционных, с привлечением организаций реального сектора экономики (индустриальных партнёров) в целях формирования и исполнения программы деятельности регионального НОЦ.

«Значимость подписанных соглашений нам сейчас трудно даже оценить, поскольку это, безусловно, взгляд на длительную перспективу. Понятно, что эта перспектива закладывается сегодня как основа технологического развития. Но совершенно очевидно, что для того, чтобы экономика региона, его основные кластеры, в которых мы сегодня лидируем, развивались опережающими темпами, мы должны выстраивать очень серьёзную инжиниринговую платформу. На это ориентированы и ведущие университеты Самарской области. Но для нас крайне важно привлечь к этой работе лидеров. Без создания инжиниринговой платформы невозможно опережающее техническое развитие. Мы привлекаем лидеров в наш Научно-образовательный центр, для того чтобы со временем он стал НОЦ мирового уровня», - отметил Губернатор Самарской области Дмитрий Азаров.

Гендиректор Академии Ростеха Елена Романова в рамках пленарного заседания подчеркнула, что одна из основных задач, стоящих перед российским оборонно-промышленным комплексом – не только исполнение гособоронзаказа, но и создание новой гражданской продукции: *«Для нас самарский НОЦ – это надежда, пример площадки, где такое взаимодействие выстроено на достойном уровне. У нас прекрасное сотрудничество с Самарской областью, сейчас задача перейти на новый качественный уровень. Мне кажется, эта конференция нам поможет определить, какие направления должны быть в НОЦ, как мы по этим направлениям организуем работу. А итогом должны быть те новые продукты, которые будут конкурировать не только на российском рынке, но и на мировом».*

В ходе круглого стола «Стратегия развития НОЦ Самарской области» Елена Романова рассказала о комплексной программе «Вектор». Соглашение, предусматривающее объединение усилий и совместную реализацию программы развития гражданской продукции «Вектор», было подписано между АНО «ИРР» и Академией Ростеха в конце августа 2019 года на международном авиационно-космическом салоне «МАКС-2019». Стороны объединили усилия в рамках проведения комплексной программы по выявлению и обучению технологических лидеров «Вектор». В рамках соглашения с Академией Ростеха АНО «ИРР» получил возможность воспользоваться существующим акселератором, а с 2020 года запустить проект «Вектор», позволяющий подключить к взаимодействию ученых, инноваторов, которые могут и не являться сотрудниками предприятий Ростеха, но чьи научные проекты представляют интерес для внедрения как в Самарской области, так и в других регионах. Эксперты АНО «ИРР» также примут участие в отборе проектных идей участников и выступят в качестве членов экспертного совета в финальной части программы в июле 2020 года. *«Для нас сотрудничество с Академией имеет стратегическое значение. Это большая честь и уникальная возможность наполнить программу НОЦ идеями и проектами, нужными якорному индустриальному партнеру»*, – подчеркнула **Ольга Михеева, генеральный директор АНО «ИРР», советник Губернатора Самарской области.**

В завершение двухдневной программы конференции Ольга Михеева подвела её принципиальные итоги: *«На инжиниринговой конференции звучало очень много слов про НОЦ как принципиально новый формат организации взаимодействия науки, образования, кадровых ресурсов и предприятий реального сектора. Мы видим, что многие авторитетные люди поверили в НОЦ и связывают с ним большие надежды на прорыв в экономике и в целом на улучшение жизни в регионе, в стране. Сегодня мы находимся только в начале пути и встречаем немало вопросов и вызовов. Но поддержка уважаемых экспертов, представителей бизнеса, учёных, политиков и общественности сегодня очень заряжает! Это вдохновляет двигаться дальше и искать прорывные решения, чтобы создавать чёткие, уникальные концепции сетевого взаимодействия».*

Для справки

В мае 2019 года Губернатор Самарской области Дмитрий Азаров и генеральный директор Госкорпорации «Ростех» Сергей Чемезов подписали Соглашение о сотрудничестве между Правительством Самарской области и Государственной корпорацией по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех» в сфере создания и развития деятельности Научно-образовательного центра мирового уровня в Самарской области.

В августе 2019 года НОЦ Самарской области расширил список ключевых партнёров. В рамках проведения Международного авиационно-космического салона МАКС-2019 Губернатор Самарской области Дмитрий Азаров и Генеральный директор «Роскосмоса» Дмитрий Рогозин подписали Соглашение о сотрудничестве между Правительством региона и Госкорпорацией. На основе документа «Роскосмос» будет оказывать содействие в развитии деятельности НОЦ региона. Благодаря взаимодействию с Ростехом и Роскосмосом, НОЦ Самарской области будет способствовать успешному развитию регионального аэрокосмического сегмента, становясь центром компетенций, стимулирующим реализацию инновационных проектов.



На сегодняшний день ключевыми направлениями деятельности НОЦ Самарской области являются:

- передовые разработки в сфере двигателестроения;
- проекты для аэрокосмической и авиационной техники;
- медицинские технологии, а также биотехнологии;
- новые производственные технологии в части цифрового проектирования и моделирования.

АНО «Институт регионального развития» 443045, г. Самара, ул. Корабельная, 15, Телефон: (846) 203-15-00.

E-mail: pot@rdi.samregion.ru, Твиттер: @RECSamoblast,

Фейсбук: ИРР – Институт регионального развития Самарской области



OSTIS-2020

Х международная научно-техническая конференция **Open Semantic Technologies for Intelligent Systems** 19 – 22 февраля 2020 года, Минск, Республика Беларусь

ОРГАНИЗАТОРЫ

- Министерство связи и информатизации Республики Беларусь, Министерство образования Республики Беларусь
- Администрация Парка высоких технологий (Республика Беларусь)
- Российская ассоциация искусственного интеллекта
- Белорусское общественное объединение специалистов в области искусственного интеллекта
- Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники и Брестский государственный технический университет

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- *Принципы, лежащие в основе семантического представления знаний, и их унификация*
- *Языки программирования, ориентированные на обработку семантического представления баз знаний*
- *Модели решения задач, в основе которых лежит обработка знаний*
- *Семантические модели мультимодальных пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем*
- *Семантические модели естественно-языковых пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем*
- *Средства и методы, основанные на семантическом представлении знаний*
- *Прикладные интеллектуальные системы, основанные на семантическом представлении знаний*

Официальный сайт конференции: <http://conf.ostis.net>. E-mail: ostisconf@gmail.com.



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

Научная конференция «**Пятые Лемовские чтения**» 25-28 марта 2020 года, Самара, Россия

ОРГАНИЗАТОРЫ:

- Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва
- ФИЦ Самарский научный центр РАН
- Научный совет по методологии искусственного интеллекта РАН
- Ассоциация исследователей фантастики

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- *Теоретические основания научной фантастики: теоретико-литературные и философские подходы*
- *Модели будущего в научной фантастике: нечеловек и альтернативные социальные модели*
- *Научная фантастика и война идеологий*
- *Этика искусственного интеллекта и машинное творчество*
- *Научная фантастика и научно-технологический прогресс: прогностические модели реальной науки*
- *Педагогический потенциал научной фантастики*

Заявки на участие принимаются по адресу lemovskiye.org@gmail.com или phil@ssau.ru.

8-ая Российско-Германская конференция **«Электроракетные двигатели: развитие и применение в космосе»** 20 - 25 сентября 2020, Калининград, Россия

ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ОКБ «Факел» (<https://fakel-russia.com/index.php/ru/>), Россия
- Гиссенский университет им. Юстуса Либиха (<http://www.uni-giessen.de/welcome>), Германия
- Институт модификации поверхности им. Лейбница (<https://www.iom-leipzig.de/>), Германия

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- *Ионные двигатели, стационарные плазменные двигатели, магнитоплазодинамические двигатели*
- *Проблемы интеграции электроракетных двигателей (ЭРД) с системами космических аппаратов (КА)*
- *Проблемы динамики полета, управления движением и проектирования КА с ЭРД*
- *Проблемы применения ЭРД на малых, микро-и наноспутниках*
- *Использование ЭРД в исследовательских миссиях к планетам и астероидам*
- *Применение ЭРД для утилизации космического мусора*

Официальный сайт конференции: <http://rgcep.fakel-russia.com/index.php/ru/>

E-mail: rgcep@fakel-russia.com



ООО «Новое качество» (г. Самара) проводит семинары, тренинги, оказывает консультационные услуги научно-производственным предприятиям, а также организациям и учреждениям сферы услуг. Предлагаются совместные семинары с заинтересованными лицами.

Темы семинаров:

- онтология проектирования системы качества организации в цифровой экономике;
- онтология проектирования и база знаний организации в системах менеджмента;
- онтологии и базы знаний как нематериальный актив финансовых организаций;
- проектирование системы управления организацией в соответствии с международными требованиями (ISO 9001, IATF 16969, ISO 14001, ISO 15189, ISO 45001, ISO 17025, ISO 22000, ISO 27001 и др.);
- проектирование качества, верификации и валидации программного продукта;
- Agile и современные подходы к управлению проектами и жизненному циклу программного обеспечения;
- анализ голоса потребителя и маркетинговые исследования на основе метода QFD;
- реформирование высших учебных заведений и образовательных процессов на основе международных стандартов;
- качество, инжиниринг, конкурентоспособность на зарубежном рынке;
- разработка системы управления лабораторией для аккредитации (ISO 17025, ISO 15189);
- оценка мотивации персонала, формирование и развитие команд, формирование мотивационных паспортов персонала;
- реформирование и запуск проектов улучшений на основе методик Lean Six Sigma, робастное проектирование, «решение проблем»;
- внедрение методов управления качеством ТРИЗ, FMEA, QFD, SPC, MSA, 8D, 5S, Taguchi, ФСА и других.

Специалисты компании «Новое качество» являются членами Всероссийской организации качества и принимают активное участие в международных форумах и конференциях по вопросам качества в здравоохранении, сфере услуг и производственной сфере.

www.new-quality.ru | dmitriev57@rambler.ru | +79277021155

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