

Ontology of Designing

ISSN 2223-9537 (P)
ISSN 2313-1039 (E)

ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



Научный журнал - Scientific journal

Scientific journal

Volume 10

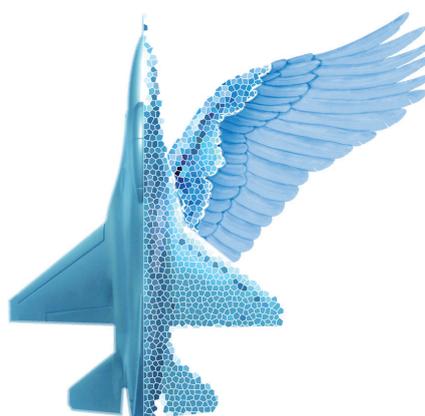
№ 3

ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

Том 10

№ 3



Editorial Board - Редакционная коллегия

Nikolay M. **Borgest***, Ph.D., Professor Samara University, Member of IAOA, Samara, Russia
 Stanislav N. **Vasiliev***, Doctor of Phys. and Math. Sciences, Professor, Academician of the RAS, ICS of the RAS, Moscow, Russia
 Tatiana A. **Gavrilova***, Doctor of Technical Sciences, Professor, GSOM SPbU, St.-Petersburg, Russia
 Vladimir G. **Gainutdinov***, Doctor of Technical Sciences, Professor, KNITU-KAI, Kazan, Russia
 Vladimir V. **Golenkov***, Doctor of Technical Sciences, Professor, BSUIR, Minsk, Belarus
 Vladimir I. **Gorodetsky***, Doctor of Technical Sciences, Professor, InfoVings LLC, St. Petersburg, Russia
 Valeriya V. **Gribova***, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, IAPU of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, Russia
 Yury A. **Zagorulko***, Ph.D., Senior Researcher, ISI of the Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia
 Anton V. **Ivaschenko***, Doctor of Technical Sciences, Professor, Samara State Technical University, Samara, Russia
 Valery A. **Komarov***, Doctor of Technical Sciences, Professor, Samara University, Samara, Russia
 Vladik **Kreinovich***, Ph.D., Professor, University of Texas at El Paso, El Paso, USA
 Victor M. **Kureichik***, Doctor of Technical Sciences, Professor, Southern Federal University, Taganrog, Russia
 Dmitry V. **Lande***, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, IPRI NASU, Kiev, Ukraine
 Paulo **Leitao***, Professor at Polytechnic Institute of Bragança, Bragança, Portugal
 Vladimir **Marik***, Professor, Scientific Director of the CIIRC of the Czech Technical University in Prague (CTU), Praha, Czech
 Lyudmila V. **Massel***, Doctor of Technical Sciences, Professor, ISEM of the Siberian Branch of RAS, Irkutsk, Russia
 Aleksandr Yu. **Nesterov***, Doctor of Philosophy, Professor, Samara University, Samara, Russia
 Dmitry A. **Novikov***, Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of RAS, ICS RAS, Moscow, Russia
 Alexander V. **Palagin***, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the NASU, Ins. of Cybernetics, Kiev, Ukraine
 Semyon A. **Piyavsky***, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow City Pedagogical University, Samara, Russia
 Yury M. **Reznik***, Doctor of Philosophy, Professor, Institute of Philosophy of the RAS, Moscow
 George **Rzevski***, Professor, Open University, London, UK
 Peter O. **Skobelev***, Doctor of Technical Sciences, «Smart solutions» Scientific Production C., Samara, Russia
 Sergey V. **Smirnov***, Doctor of Technical Sciences, ICCS RAS, member of IAOA, Samara, Russia
 Dzhavdet S. **Suleymanov***, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia
 Boris E. **Fedunov***, Doctor of Technical Sciences, Professor, State Research Institute of Aviation Systems, Moscow, Russia
 Altynbek **Sharipbay***, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Artificial Intelligence, Nur-Sultan, Kazakhstan
 Boris Ya. **Shvedin***, Ph.D., Member of IAOA, Dan Rose LLC, Rostov-on-Don, Russia

* - members of the Russian Association of Artificial Intelligence - члены Российской ассоциации искусственного интеллекта - http://www.raai.org/about/about.shtml?raai_list

Боргест Николай Михайлович*, к.т.н., профессор, Самарский университет, член IAOA, Самара, Россия
Васильев Станислав Николаевич*, д.ф.-м.н., профессор, академик РАН, ИПУ РАН, Москва, Россия
Гаврилова Татьяна Альбертовна*, д.т.н., проф. ВШМ СПбУ, Санкт-Петербург, Россия
Гайнутдинов Владимир Григорьевич, д.т.н., профессор, КНИТУ-КАИ, Казань, Россия
Голенков Владимир Васильевич*, д.т.н., профессор, БГУИР, Минск, Беларусь
Городецкий Владимир Иванович*, д.т.н., профессор, ООО «ИнфоВингс», Санкт-Петербург, Россия
Грибова Валерия Викторовна*, д.т.н., с.н.с., ИАПУ ДВО РАН, Владивосток, Россия
Загорюлько Юрий Алексеевич*, к.т.н., с.н.с., ИСИ СО РАН, Новосибирск, Россия
Иващенко Антон Владимирович, д.т.н., профессор, СамГТУ, Самара, Россия
Комаров Валерий Андреевич, д.т.н., профессор, Самарский университет, Самара, Россия
Крейнвич Владик, профессор, Техасский университет Эль Пасо, Эль Пасо, США
Курейчик Виктор Михайлович*, д.т.н., профессор, Южный федеральный университет, Таганрог, Россия
Ландэ Дмитрий Владимирович*, д.т.н., с.н.с., ИПРИ НАН Украины, Киев, Украина
Лейтао Пауло, проф., Политехнический институт, Браганса, Португалия
Марик Владимир, проф., научный директор ЧИИРК Чешского технического университета, Прага, Чехия
Массель Людмила Васильевна*, д.т.н., профессор, ИСЭМ СО РАН, Иркутск, Россия
Нестеров Александр Юрьевич, д.филос.н., профессор, Самарский университет, Самара, Россия
Новиков Дмитрий Александрович, д.т.н., проф., член-корреспондент РАН, ИПУ РАН, Москва, Россия
Палагин Александр Васильевич, д.т.н., проф., академик НАН Украины, Ин-т кибернетики, Киев, Украина
Пиявский Семён Авраамович, д.т.н., профессор, Московский город.педагог.университет, Самара, Россия
Резник Юрий Михайлович, д.филос.н., профессор, Институт философии РАН, Москва, Россия
Ржевский Георгий, профессор, Открытый университет, Лондон, Великобритания
Скобелев Петр Олегович, д.т.н., НПК «Разумные решения», Самара, Россия
Смирнов Сергей Викторович*, д.т.н., ИПУСС РАН – СамНЦ РАН, член IAOA, Самара, Россия
Сулейманов Джавдет Шевкетович*, д.т.н., профессор, академик АН РТ, Казань, Россия
Федунов Борис Евгеньевич*, д.т.н., профессор, ГосНИИ авиационных систем, Москва, Россия
Шарипбай Алтынбек*, д.т.н., профессор, Ин-т искусственного интеллекта, Нур-Султан, Казахстан
Шведин Борис Яковлевич, к.психол.н., член IAOA, ООО «Дан Роуз», Ростов-на-Дону, Россия

Executive Editorial Board - Исполнительная редакция

Chief Editor	P.O. Skobelev	Samara, Russia	Главный редактор	Скобелев П.О.	директор НПК «Разумные решения»
Deputy Chief Editor	S.V. Smirnov	Samara, Russia	Зам. главного редактора	Смирнов С.В.	зам. директора ИПУСС РАН – СамНЦ РАН
Executive Editor	N.M. Borgest	Samara, Russia	Выпускающий редактор	Боргест Н.М.	директор издательства «Новая техника»
Editor	D.M. Kozlov	Samara, Russia	Редактор	Козлов Д.М.	доцент Самарского университета
Technical Editor	D.N. Borgest	Samara, Russia	Технический редактор	Боргест Д.Н.	специалист Самарского университета
Executive Secretary	S.A. Vlasov	Samara, Russia	Ответственный секретарь	Власов С.А.	аспирант Самарского университета

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. The journal has been successfully evaluated in the evaluation procedure for the ICI Journals Master List 2014-2018 and journal received the ICV (Index Copernicus Value) of 67.46 points (2014), 67.64 (2015), 77.98 (2016), 87.78. (2017), 85.38 (2018). Журнал размещен в коллекции «Издания по естественным наукам» на платформе EastView.

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 включен в список журналов, входящих в базу данных Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science. Пятилетний импакт-фактор РИНЦ 1,00 (2013), 0,93 (2014), 1,34 (2015), 1,07 (2016), 1,00 (2017), 1,17 (2018), 0,86 (2019).

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.)

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ

«Всего самого светлого» 253-254

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

С.Ю. Боровик 255-272

Онтологии, интерсубъективное управление и эвергетика В.А. Виттиха

А.М. Фаянс, В.Ю. Кнеллер 273-295

Об онтологии видов задач и методов их решения

Б.Н. Герасимов, К.Б. Герасимов 296-306

Методологические атрибуты управления

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

К.А. Гуляева, И.Л. Артемьева 307-326

Особенности применения онтологического подхода в разработке интеллектуальных систем для некоторых задач химии

Л.В. Массель, Т.Н. Ворожцова 327-337

Онтологический подход к построению цифровых двойников объектов и систем энергетики

В.В. Антонов, З.И. Харисова, З.Р. Мансурова, Л.Е. Родионова, Н.Р. Калимуллин, Г.Г. Куликов 338-350

Системная модель интеллектуальной предметно-ориентированной профайлинг-системы

Т.В. Моисеева 351-360

Формирование понятийно-терминологического аппарата теории интерсубъективного управления

ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ

В.А. Семенова, С.В. Смирнов 361-379

Алгоритмизация формирования и прагматической трансформации ограничений существования свойств предметной области

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

А.В. Крянев, С.С. Семенов, А.Э. Калдаева 380-392

Классификация приоритетности боевых беспилотных летательных аппаратов на основе комплексной оценки

А.Л. Афанасьев, С.С. Голубев, А.В. Курицын 393-407

Онтология формирования научно-технологического прогноза в интересах обеспечения обороноспособности и безопасности государства

Программа повышения квалификации для преподавателей и специалистов IT-мира 408

Журнал ориентирован на учёных и специалистов, работающих по научным направлениям: онтологические аспекты общих вопросов формализации проектирования, прикладные онтологии проектирования, инжиниринг онтологий, методы и технологии принятия решений.

Правила подготовки рукописей статей размещены на сайте журнала «Онтология проектирования»: http://agora.guru.ru/scientific_journal/.

Контакты учредителей

ФИЦ Самарский научный центр РАН: 443020, Самара, ул. Садовая, 61, тел./факс.: +7 (846) 333 27 70, Смирнов С.В., smimov@iccs.ru.

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

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

Отпечатано в ООО «Новая техника», г. Самара, пр. К. Маркса, 24-76. Дата выхода 05.10.2020. Тираж 300 экз. Свободная цена. (6+).

CONTENTS

EDITORIAL

- «Wish you all the purest» 253-254

GENERAL ISSUES OF FORMALIZATION IN THE DESIGNING: ONTOLOGICAL ASPECTS

- S.Yu. Borovik** 255-272
Ontologies, Intersubjective Management and V.A. Vittikh's Evergetics
- A.M. Fayans, V.Yu. Kneller** 273-295
About the ontology of task types and methods of their solution
- B.N. Gerasimov, K.B. Gerasimov** 296-306
Methodological attributes of management

APPLIED ONTOLOGIES OF DESIGNING

- K.A. Gulyaeva, I.L. Artemieva** 307-326
Special aspects of the ontological approach application in intelligent system development for certain types of problems in chemistry
- L.V. Massel, T.N. Vorozhtsova** 327-337
Ontological approach to the construction of digital twins of energy objects and systems
- V.V. Antonov, Z.I. Kharisova, Z.R. Mansurova, L.E. Rodionova, N.R. Kalimullin, G.G. Kulikov** 338-350
System model of an intelligent domain-oriented profiling system
- T.V. Moiseeva** 351-360
Conceptual and terminological apparatus formation of the Intersubjective Management Theory

ONTOLOGY ENGINEERING

- V.A. Semenova, S.V. Smirnov** 361-379
Algorithms for the formation and pragmatic transformation of Existence Constraints

METHODS AND TECHNOLOGIES OF DECISION MAKING

- A.V. Kryanev, S.S. Semenov, A.E. Kaldaeva** 380-392
Priority classification of combat unmanned aerial vehicles based on a comprehensive assessment of the main indicators
- A.L. Afanasiev, S.S. Golubev, A.V. Kuritsyn** 393-407
Ontologies of scientific and technological forecasting in the interests of ensuring the defense and security of the state

- Professional development program for university professors and IT specialists** 408

The journal is aimed at scientists and specialists working in the following research areas: ontological aspects of general issues of design formalization, applied design ontologies, ontology engineering, methods and technologies of decision making.

The current version of the Rules for the preparation of manuscripts of articles for the journal «Ontology of Designing» is on the journal website: http://agora.guru.ru/scientific_journal/.

Contacts of the Founders

FIC Samara Scientific Center of the RAS: 61, Sadovaya st., Samara, 443020, Russia. Tel.: +7 (846) 333 27 70, S.V. Smirnov, smirnov@iccs.ru

Samara University: 34, Moskovskoye shosse, bldg. 10, Samara, 443086, Russia. Tel.: +7 (846) 267 46 47, N.M. Borgest, borgest@yandex.ru

New Engineering LLC (publishing house): 145, Frunze st., Samara, 443010, Russia. Tel.: +7 (846) 332 67 84, fax: +7 (846) 332 67 81



ОТ РЕДАКЦИИ

«Всего самого светлого»
«Wish you all the purest»

*По улице моей который год
звучат шаги - мои друзья уходят.
Друзей моих медлительный уход
той темноте за окнами угоден.*
Б.А. Ахмадулина, 1959 г.

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

«Медлительный уход той темноте ... угоден»...

Уход друзей, близких, учителей, коллег неизбежен и «оправдан» природой, оправдан законами её эволюции¹. Наша редакционная коллегия за 10 лет своего существования также эволюционирует, количественно и качественно изменяя свой состав, порой вынужденно.

9 июля исполнилось бы 80 лет² ушедшему от нас в 2017 году профессору Виттиху Владимиру Андреевичу³, и именно в этот день 9 июля 2020 года ушёл от нас профессор Белоусов Анатолий Иванович⁴, отметивший 15 мая свой 85-летний юбилей. Не дожил до своего 75-летия (12 июля 2020 года) профессор Соснин Петр Иванович⁵, ушедший от нас 28 января 2020 года, а профессор Клещев Александр Сергеевич, ушедший в начале прошлого года, не отметит свой 80-летний юбилей 19 декабря 2020 года. Это большая и невозполнимая утрата, как для близких наших ушедших товарищей, так и для нашего журнала. Всех этих коллег удивительным образом объединяют не только значимые результаты в науке и университетском образовании, но и их светлый, душевный, человеческий образ, их доброта, теплота и искренность в общении.

Так, в памяти многих профессор Белоусов Анатолий Иванович запомнился своей прощальной фразой: «Всего самого светлого», - которой он всегда заканчивал беседу, оставляя и озаряя светом путь тем, кому он дарил свои знания, опыт и радость общения. Вторя ему, мы также обращаемся с пожеланиями всего самого светлого к соратникам нашего журнала, к его читателям и почитателям.

Уход коллег, угодный темноте, не познанной нами, печалит нас, но оставленные нашими коллегами и учителями «лучи света в тёмном царстве» мироздания будут служить маяками, озаряющими путь для многочисленных их учеников.

Светлая память всем ушедшим нашим товарищам, посвятившим себя науке, работавшим в редакционной коллегии научного журнала «Онтология проектирования».

Но... жизнь продолжается. Другим, входящим в новую для них жизнь, надлежит брать эстафету и пример, продолжать и развивать достигнутое, стремиться и добиваться, искать и не сдаваться, открывать новые знания, приближаясь к истине, впитывать накопленное, образовывать себя, воспитывать других.

¹ Как известно, эволюция характеризует процессы изменения, протекающие в различных системах. Она может вести к повышению уровня организации системы (прогрессивная эволюция, прогресс) или же, наоборот, к понижению этого уровня (регресс). - Философская энциклопедия. - https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/3739/ЭВОЛЮЦИЯ.

² К 80-летию Владимира Виттиха - <http://www.iccs.ru/news/2020/vav80.html>.

³ От редакции. Том 7, №3, 2017. - https://www.ontology-of-designing.ru/article/2017_3%2825%29/1_Editors.pdf.

⁴ Некролог - <https://ssau.ru/news/18192-skonchalsya-professor-dtn-zasluzhennyy-deyatel-nauki-i-tehniki-rf-anatoliy-belousov>.

⁵ Наши юбиляры. Том 5, №2, 2015. - https://www.ontology-of-designing.ru/article/2015_2%2816%29/9_anniversaries.pdf.



Белоусов Анатолий Иванович (1935-2020), доктор технических наук, профессор, окончил Куйбышевский авиационный институт. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, Почётный работник высшего профессионального образования РФ, академик Петровской академии наук и искусств, академии наук авиации и воздухоплавания, Нью-Йоркской академии наук, профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов Самарского университета. Автор 11 монографий, 125 изобретений, более 50 учебных пособий, 400 научных статей. Подготовил 18 докторов и 44 кандидата наук. Награждён Орденом Трудового Красного Знамени, медалями «За доблестный труд», «Ветеран труда», а также медалями Федерации космонавтики: С.П. Королёва, Э.К. Циолковского, Ю.А. Гагарина. Призёр двух Олимпийских игр среди ветеранов (волейбол).



Соснина Пётр Иванович (1945-2020), доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Вычислительная техника" УлГТУ, Заслуженный работник высшей школы РФ. Разработал основы теории вопросно-ответного управления в процессах принятия решений в человеко-компьютерных средах. Автор более 500 публикаций, в том числе 16 монографий и 10 учебных пособий. Член Международной академии информатизации, Российской и Европейской ассоциаций искусственного интеллекта, член IEEE и Computer Society, член международного общества WSEAS, председатель Ульяновского отделения Российской ассоциации искусственного интеллекта. Подготовил двух докторов и 26 кандидатов наук. Ученики Петра Ивановича успешно работают во многих ИТ-компаниях, университетах, научных и производственных предприятиях, являются основателями и руководителями известных в России и за рубежом ИТ-фирм.



Клещёв Александр Сергеевич (1940-2019), доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, более 30 лет руководивший лабораторией интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, главный научный сотрудник. Окончил математико-механический факультет Ленинградского государственного университета. Опубликовал более 360 работ в области искусственного интеллекта, информатики, медицинской и биологической кибернетики. Состоял членом трёх диссертационных советов по защите докторских диссертаций, Объединённого учёного совета при Президиуме Дальневосточного отделения РАН, был председателем Научно-методического совета по образованию в области информатики и информационных систем Дальневосточного регионального учебно-методического центра. Среди его учеников шесть докторов и 15 кандидатов наук.



Виттих Владимир Андреевич (1940-2017), доктор технических наук, профессор, основатель Института проблем управления сложными системами РАН, заведующий кафедрой инженерии знаний Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Научные достижения В.А. Виттиха связаны с развитием теории принятия решений и разработкой интеллектуальных систем, использующих компьютерное представление и обработку знаний. Член редколлегии журналов «Проблемы управления», «Мехатроника, автоматизация, управление», «Вестник компьютерных и информационных технологий», член Научного совета РАН по теории управляемых процессов и автоматизации, член диссертационных советов. Автор более 300 научных работ. Подготовил трёх докторов и 20 кандидатов наук. Лауреат Губернской премии в области науки и техники, награждён орденами «Знак Почёта», «Дружбы». Джазовый музыкант.

*И вот тогда - из слез, из темноты,
из бедного невежества былого
друзей моих прекрасные черты
появятся и растворятся снова.* (Б.А. Ахмадулина, 1959 г.)

Ушедшие товарищи оставили свой след в науке, ученики и последователи продолжают и развивают их методы, теории, идеи. В память о коллегах - участниках основания журнала «Онтология проектирования», в этом номере публикуются статьи учеников профессора В.А. Виттиха и профессора А.С. Клещёва, развивающие их работы. Это статьи С.Ю. Боровика, С.В. Смирнова, Т.В. Моисеевой, И.Л. Артемьевой. В ближайшие номера журнала коллеги и ученики профессора А.И. Белоусова и профессора П.И. Соснина готовят к публикации обзорные статьи по развитию их достижений в области онтологии проектирования.

Следуя традиции и тенденции развития мировой науки, в состав нашей редколлегии приглашены ведущие учёные: из Чехии – профессор **Владимир Марик** (Vladimir Marik, директор по науке и основатель Чешского института информатики, робототехники и кибернетики (CIIRC) при Чешском техническом университете, CTU); из Португалии - профессор **Пауло Лейтао** (Paulo Leitao, Professor of Electrical Engineering, Polytechnic Institute of Bragança, Portugal, Head of IEEE Committee on Industrial Agents); из России – профессор **Татьяна Альбертовна Гаврилова** (д.т.н., профессор Высшей школы менеджмента СПбГУ, заведующая кафедрой информационных технологий в менеджменте).

Мы рады приветствовать наших коллег в журнале и надеемся на совместное плодотворное сотрудничество! *Dum spiro, spero!*

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

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

УДК 50.03.05

DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-255-272

Онтологии, интересубъективное управление и эвергетика В.А. Виттиха¹

С.Ю. Боровик

*Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия*

Аннотация

В этом году исполнилось бы 80 лет со дня рождения крупного учёного, талантливого педагога, одарённого джазового музыканта и композитора профессора ВИТТИХА Владимира Андреевича. Удачно сочетая стиль научного мышления и широту творческого полёта, Владимир Андреевич в науке, как и в музыке, ценил вдохновение, азарт, импровизацию. Он всегда был полон новых идей и вдохновлял ими своих коллег и учеников. Последние годы своей жизни учёный посвятил становлению и развитию новой науки о процессах управления – эвергетике, дополняющей и расширяющей возможности традиционного системного подхода к урегулированию проблемных ситуаций в обществе. В статье впервые предпринята попытка проанализировать теоретическое наследие В.А. Виттиха с учётом современных реалий и идей, которые закладываются в модель нового экономического уклада, более известного как суперинтеллектуальное «Общество 5.0». Показано, что В.А. Виттих предвосхитил многое из того, что только сейчас находит отражение в концепции «Общества 5.0», а его новаторские идеи могут служить теоретической основой, плацдармом для преодоления знаменитых «пяти стен» на пути к такому цифровому обществу будущего. Отмечено, что современное стремление к «цифровизации» всего и вся часто происходит в забвении того, ради чего, а точнее – для блага кого, должны создаваться и использоваться новые информационные технологии. В этом смысле эвергетика В.А. Виттиха устраняет одно из наиболее «узких мест», связанное с нередко слабой адекватностью жизненным реалиям принимаемых решений. При этом современные информационные и интеллектуальные технологии, включая онтологическое моделирование и онтологический анализ данных, составляют технологическую основу эвергетики, обеспечивая «сопряжение» точек зрения участников процесса принятия решений и определённую автоматизацию их коммуникативных действий. Приведены примеры практических попыток реализации основных идей и положений эвергетики при управлении социальными процессами в обществе.

Ключевые слова: онтология, интересубъективное управление, эвергетика, актор, проблемная ситуация, коммуникативные действия, поддержка принятия решений, Общество 5.0.

Цитирование: Боровик, С.Ю. Онтологии, интересубъективное управление и эвергетика В.А. Виттиха / С.Ю. Боровик // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №3(37). – С.255-272. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-255-272.

Введение

Всего девять лет тому назад, в 2011 году, Хеннинг Кагерман, Вольф-Дитер Лукас и Вольфганг Вальстер – три представителя бизнеса, политических и научных кругов Германии, – объявили о кардинальных изменениях в экономике, провозгласив четвёртую промышлен-

¹ К 80-летию со дня рождения учёного.

ную революцию «Индустрия 4.0»), основанную на интеграции киберфизических систем в производственные процессы и создании «умных фабрик», на которых «возникающий продукт сам контролирует своё производство... с помощью встроенных в него датчиков, принимая в случае необходимости соответствующие меры для устранения возникающих помех, становясь наблюдателем и игроком одновременно» [1]. Почти сразу с появлением понятия «Индустрия 4.0» отдельные исследователи стали отмечать «технократизм» концепции, связанный с тем, что в ней основное внимание концентрируется на технических и технологических аспектах производства, а человек, со своими потребностями, интеллектуальными, творческими и волевыми способностями, оказывается за пределами идеологии [2]. Единственное, быть может чему в «Индустрии 4.0» уделялось внимание в части человеческих ресурсов, так это вызванные ею возможные изменения на рынке труда [3-5].

Не прошло и пяти лет, как в 2016 году появляется концепция японского «суперинтеллектуального» «Общества 5.0» [6, 7], и происходит переключение с «революции» индустриальной на «революцию» общественную. Другими словами, приходит понимание того, что для любого государства «основным активом» всё-таки является *человек* и именно для его блага должны работать умные фабрики и заводы. Японцы, возможно, раньше других столкнувшись с проблемой старения и сокращения населения, наиболее остро осознали значимость человеческого фактора в экономике. Поэтому их «Общество 5.0» не ограничивается только производственным сектором, а декларируется как общество равных возможностей для всех, общество, в котором должны быть обеспечены условия для реализации потенциала каждого человека, а передовые технологии, Интернет вещей, роботы, искусственный интеллект, дополненная реальность и т.д. должны активно использоваться в повседневной жизни, промышленности, здравоохранении и других сферах жизнедеятельности не ради прогресса, а ради блага и удобства каждого человека, решать проблемы людей, снимать для них физические, административные и социальные барьеры [7, 8].

И именно в контексте «Общества 5.0» особую актуальность приобретают работы профессора В.А. Виттиха, посвящённые организации процессов управления в сложных социотехнических системах, которые учёный вёл с конца 1990-х гг. прошлого столетия [9-11]. Являясь признанным специалистом в области процессов управления и искусственного интеллекта, В.А. Виттих приходит к мысли, что, достигнув больших успехов в создании формальных моделей и в погоне за объективностью, современные науки об управлении забыли про человека [12], живущего в своём «неформальном мире» со своими потребностями, желаниями и ценностями, и поэтому, зачастую, казалось бы, хорошие идеи и намерения не приводят к улучшению жизни обычных людей. Поэтому он предлагает вернуть «простых» людей из повседневности в «мир систем». По его мнению, это даст возможность использовать персональные интеллектуальные ресурсы каждого человека и сделать среду обитания привлекательной для людей, «областью притяжения», а не зоной их временного проживания. Тогда каждый член общества будет заинтересован в преумножении производимого им наследия, влекущего за собой повышение потенциала общества в целом, а, как следствие, увеличится доля «нравственных управленческих решений» и соответствующих им благих действий в общественной жизни.

Именно ориентация на «благие действия» заложена в эвергетике В.А. Виттиха [13, 14] – постнеклассической субъектно- и ценностно-ориентированной науке об организации процессов управления в человеческом обществе, становлению и развитию которой он посвятил остаток своей жизни. По В.А. Виттиху, любая реальная жизненная проблемная ситуация (ПрС), возникающая в обществе, требует для своего разрешения не только «научного знания, приобретённого с помощью методов классической гносеологии», но и «онтологических знаний (онтологий)..., полученных не научными работниками, а людьми из повседневности,

находящимися в тех же проблемных ситуациях...» [15]. И только комбинация этих двух взаимодополняющих друг друга «знаний» позволяет получить исчерпывающее и целостное описание проблемы в жизни общества.

Особое внимание в своих работах В.А. Виттих уделяет вопросам организации управления ситуацией. Единственно приемлемым способом, по его мнению, является принятие решений на основе консенсуса, который базируется на взаимных убеждениях, компромиссах и уступках. Это должно создать «преграду проявлениям насилия, зла, агрессивности и иных пороков, поскольку в процессах переговоров и принятия решений людьми включаются ценностные факторы, если не устраняющие, то «сглаживающие» эти негативные явления» [16]. Достижение же консенсуса и сближение точек зрения субъектов, взаимодействующих в процессе принятия решений, должно, по мнению В.А. Виттиха, осуществляться на основе аргументированного диалога, который подразумевает выражение своей точки зрения, подкрепленного признанными и проверенными фактами. Осознавая сложность и высокую трудоёмкость организации такого управления, В.А. Виттих именно здесь видит широкие возможности для применения передовых информационных технологий и искусственного интеллекта. В частности, для идентификации смысла ПрС им рассматривалась возможность применения онтологического моделирования и онтологического анализа данных [17], а для ускорения и повышения эффективности процессов достижения консенсуса - мультиагентных технологий, позволяющих автоматизировать процессы разрешения конфликтов и нахождения балансов интересов [18].

Настоящая статья во многом является мемориальной и носит обзорный характер. Анализируя теоретическое наследие профессора В.А. Виттиха, автору хотелось показать его актуальность современным реалиям. Я искренне считаю, что, обладая определённым даром научного предвидения, В.А. Виттих предвосхитил многое из того, что только сейчас находит отражение в концепции «Общества 5.0». Его новаторские идеи могут служить теоретической основой, плацдармом для преодоления знаменитых «пяти стен» [19] на пути к суперинтеллектуальному обществу будущего. Особенно важным это представляется в связи с современным стремлением к «цифровизации» всего и вся, часто в забвении того, ради *чего*, а точнее – для блага *кого*, должны создаваться и использоваться современные информационные и интеллектуальные технологии.

1 Эвергетика В.А. Виттиха: история, методология, проблемы

Впервые понятие «эвергетика» В.А. Виттих ввел в 2014 г. в работе [20], где он её определяет, как междисциплинарную науку «...об организации процессов управления в развивающемся обществе, каждый член которого заинтересован в преумножении производимого им культурного наследия, влекущего за собой повышение культурного потенциала общества в целом и, как следствие, увеличение доли нравственных управленческих решений и соответствующих им благих действий в общественной жизни» (в английском варианте определение эвергетики приведено в работе [21]). За основу было взято греческое слово «*Ευεργέτης*» («эвергет»), которое обозначает «благодетель» и, по существу, задаёт ориентир в новой науке, направленной на принятие решений во благо человека и реализацию действий, позитивно воспринимаемых обществом. Это коренным образом отличает эвергетику В.А. Виттиха от классического подхода к процессам управления в обществе (*management science*), инвариантного по отношению к каким-либо ценностям [13, 16].

Справедливости ради следует упомянуть, что ещё Н. Винер в своей монографии «Кибернетика и общество», формулируя принципы организации управления в кибернетическом обществе, базирующемся на использовании средств вычислительной техники в различных сфе-

рах человеческой деятельности, писал, что необходимо заботится «о том, чтобы новые возможности использовались на благо человека, в интересах увеличения его досуга и обогащения его духовной жизни, а не только для получения прибылей и поклонения машине как новому идолу» [22] (позднее, в навигаторе по кибернетике, чл.-корр. РАН Д.А. Новиков причислит эвергетику В.А. Виттиха к кибернетике третьего порядка для взаимодействующих субъектов управления [23]). Однако, как справедливо отмечает В.А. Виттих, в итоге в кибернетике на передний план вышло широкомасштабное применение средств информатики, ставшее зачастую самоцелью и «успехи кибернетизации общества оказались в большей степени связанными не с тем, что «мир стал добрее», а с инструментальной результативностью. Кибернетический «кормчий»², таким образом, получив задание, стремится по-возможности оптимально (например, минимально расходуя ресурсы) достичь цели, но не задумывается о гуманитарно- или социально-значимых последствиях её достижения» [20]. Поэтому В.А. Виттих и приходит к пониманию потребности вернуть человека из повседневности, «наделённого сознанием, познающего и преобразующего мир во взаимоотношении с другими людьми» [20] в теорию, из которой он был исключён классической наукой.

Следует отметить, что понятие «теория» в эвергетике приобретает несколько иной смысл и строится не на «субъект-объектной» *оппозиции*, а является «интерсубъективным», основанным на принципах «субъект-объектной» *суперпозиции* «коммуницирующими неоднородными акторами³, находящимися «внутри» объекта – ситуации в обществе» [16]. Другими словами, в эвергетике «любой человек осознаёт окружающий его повседневный мир как калейдоскоп ПрС, смысл которых он стремится понять» и урегулировать совместно с другими акторами, осознающими себя в этой же ситуации и имеющими свои субъективные представления о мире и ценностных приоритетах. И именно ПрС является объектом исследования и управления в эвергетике [15].

Так как акторы имеют свои личные интересы и ценностные ориентиры, то задача урегулирования ПрС является нетривиальной и характеризуется высокой степенью неопределённости и неполноты исходных данных. На первый план выходит необходимость понимания сути проблемы, что требует от акторов сначала сфокусироваться на вопросах «*Что делать?*», а затем уже искать способы решения задач в виде ответов на вопросы «*Как делать?*» [13]. В этом, как считает В.А. Виттих, и заключается одна из ключевых проблем эвергетики (в традиционной классической теории управления обычно задача уже сформулирована и требуется найти наилучшее в смысле заданного критерия решение).

Учитывая, что при «конструировании» смысла ПрС каждый актор исходит, прежде всего, с позиций своего личного опыта и в общем случае не способен оценить всё многообразие «смыслов», то восприятие им недостающей части происходит за счёт опыта других акторов, заинтересованных в разрешении этой же ПрС. Поэтому постановка задачи, а также конструирование общего смыслового пространства (поиск ответов на вопросы «*Что и Как делать?*») должно осуществляться путём обсуждений и многосторонних групповых переговоров с использованием *аргументов* в качестве главного средства для отстаивания своих позиций. По мнению В.А. Виттиха тут скрыта очередная проблема эвергетики, которая сводится к необходимости обеспечения «взаимопонимания и консенсуса неоднородных акторов при обсуждении каких-либо спорных вопросов» [13], исключая принуждение к достижению такого согласия (В.А. Виттих использует понятие «взаимопонимание», как его трактовал Ю. Хабермас [24]). Это, в свою очередь, требует создания систем поддержки коммуникативных действий, обеспечивающих «координацию планов акторов в реальном масштабе времени, т.е. в темпе развития ситуации, поскольку в противном случае принимаемые решения по

² Термин «кибернетика» происходит от др.-греч. *Κυβερνήτης* – «кормчий, управляющий». - Прим. автора.

³ Действующими субъектами, личностями с их ценностными приоритетами и интересами. - Прим. автора.

её урегулированию потеряют смысл» [13], и именно здесь появляется широкое поле для применения современных информационных технологий и искусственного интеллекта.

Достигая договоренностей в процессе переговоров акторы признают своё знание истинным для их узкого круга лиц. Такое знание является интересубъективным (В.А. Виттих пользуется понятием «интерсубъективности» Э. Гуссерля [25]) и образует «применительно к данной конкретной ситуации, теорию интересубъективного управления, на основе которой затем будут приниматься решения о способе урегулирования этой ситуации» [16]. Другими словами, акторы, не являясь специалистами в области управления, становятся своего рода «теоретиками» (если быть более точным, то В.А. Виттих употребляет термин Э. Гидденса «практикующие социальные теоретики» [26]), и теперь профессиональные управленцы «должны создавать необходимый методологический фундамент, интерпретируя мир, который уже был интерпретирован этими самими «социальными теоретиками» [13]. В итоге акторы, с одной стороны, рассматриваются как субъекты управления, вооружённые методами и средствами принятия решений, а с другой стороны, - как объекты управления, на которые оказываются воздействия. Такая «двойственность» признаётся В.А. Виттихом ещё одной проблемной точкой эвергетики. При этом он предлагает отказаться от интерпретации актора как объекта управления, «который нормативно обязан исполнять волю других акторов, воздействующих на него», заменив в эвергетике понятие «воздействие» на «взаимодействие» (по Э. Гидденсу), предполагающее «приобретение новых знаний актором в режиме диалога и ненасильственную корректировку его действий и поведения» [13].

В противопоставлении урегулирования ПрС в «повседневном мире» управлению в «мире систем» может сложиться впечатление, что В.А. Виттих отрицает классическую науку и её достижения, предлагая взамен свою эвергетику. Однако такое утверждение в корне является неверным. Отвечая на вопрос о соотношении между классическим менеджментом и постнеклассической эвергетикой, В.А. Виттих отмечает, что только совместное использование этих двух «взаимоисключающих и одновременно дополнительных» наук даёт исчерпывающее описание процессов управления в обществе [27]. Указывая в качестве «стартовой позиции» в процессах управления в обществе осознание человеком-актором ПрС, В.А. Виттих отмечает, что в случае, когда для реализации выбранного способа урегулирования ситуации у акторов из повседневности не хватает собственных ресурсов, они обращаются в «мир систем», наделённый общественными ресурсами, а также полномочиями по принятию социально значимых решений и распределению этих ресурсов. Более того, по мнению В.А. Виттиха один и тот же человек может оказаться «одновременно и неоднородным актором, «погруженным» в переживаемую им ПрС в повседневном жизненном мире, и «функциональным» в мире систем, изучающим и решающим проблему «со стороны». Тогда в одном случае он должен опираться на эвергетику, а в другом – на классическую теорию управления, что находится в полном соответствии с принципом дополнительности» Н. Бора [27, 28].

Наконец, помимо ПрС, сформированных в сознании людей, осознающих неудовлетворительное положение дел, но пока ещё не знающих, что нужно делать для их урегулирования, В.А. Виттих отдельно выделяет *штатные ситуации*, которые характеризуются тем, что могут быть описаны априори, до их появления в текущей практике, равно как и механизмы их урегулирования, разработанные ранее на основе уже имеющихся знаний и опыта (например, ликвидация чрезвычайных ситуаций). Таким образом, штатная ситуация является объектом управления, пред-данным субъекту управления, и для неё применимы подходы, используемые в классической науке (*management science*), постулирующей объективность процессов и отделяющей субъекта от объекта управления. В такой постановке лица, принимающие решения, должны своевременно выработать управляющие воздействия, а роль «человека из повседневности» сводится к неукоснительному исполнению регламентированных функций.

2 Технологии эвергетики

2.1 Формализация знаний акторов на основе онтологий

Основу процессов управления в эвергетике составляет консенсусное урегулирование ПрС, которое достигается путём коммуникативных действий неоднородных акторов. Пытаясь понять ПрС (уловить её смысл), акторы в первую очередь задействуют совокупность своих априорных персональных знаний (верифицируемых и аксиологических), приобретённых ими ещё до появления ПрС [29]. Очевидно, что персональные знания являются достоянием конкретного актора и, в общем случае, недоступны остальным участникам коммуникативных действий. Поэтому очень важно обеспечить возможность каждому актору ознакомиться с точками зрения его коллег, тем более что такое «знакомство» может привести к изменению собственных взглядов актора на ПрС. Для этого необходимо «извлечь» персональные знания из субъекта, формализовать их и представить в форме, удобной для восприятия всеми заинтересованными лицами. При этом, с прагматических позиций, представление информации в удобной для восприятия форме может рассматриваться как задача «создания субъектно-ориентированных интерфейсов к разнородным источникам информации об актуальной для субъекта части реального мира» [30]. Решение подобной задачи В.А. Виттих видел путём разработки и размещения в компьютерных сетях персональных онтологий акторов [29].

Известно большое число работ, посвящённых «смысловому» моделированию реальности и управлению на основе формальных онтологий, наследующих «парадигму моделей и методов, разработанных в искусственном интеллекте» [31]. Обычно выделяют три основных пути разработки онтологий [30]. Первый из них, наиболее часто используемый, связан с прямой формализацией опыта и знаний либо непосредственно самими акторами с использованием соответствующих редакторов и средств поддержки онтологий [32], либо с привлечением для этих целей инженеров по знаниям [33, 34].

Второй путь предполагает синтез актуальных онтологий на основе существующих «библиотек» апробированных формальных онтологий различного уровня и направления. Построение онтологий подобным образом осуществляется, как правило, в процессе их конкретизации, композиции или декомпозиции акторами совместно с инженерами по знаниям с применением человеко-машинных процедур [30, 33, 35-37].

И, наконец, третий путь нацелен на использование методов автоматического (или полуавтоматического) построения онтологий на основе доступных данных, которые рассматриваются как результат измерений (в самом широком смысле) свойств объектов исследуемой предметной области (ПрО) [30, 31]. Сведение исходных данных в стандартизованные таблицы «объекты-свойства» и их последующий анализ позволяют выявить понятийную структуру ПрО. Роль актора меняется - он номинально исключается из числа «онтологов» и его основной задачей становится априорное выдвижение гипотез о свойствах объектов ПрО [31]. В этом смысле третий путь построения формальных онтологий представляет наибольший интерес.

Необходимо заметить, что применительно к последнему из рассмотренных способов построения онтологий, наиболее результативными считаются методы, основанные на анализе формальных понятий – одной из ветвей прикладной алгебраической теории решёток [38-42]. И здесь следует упомянуть работы С.В. Смирнова - ученика В.А. Виттиха, посвящённые созданию информационных моделей «предпонимания» и «понимания» в ситуационном управлении на основе построения онтологических моделей ситуаций и онтологий соответствующих ПрО путём выявления их понятийной структуры [43]. Отмечая, что в исходном варианте

анализ формальных понятий позволяет построить лишь «скелет» онтологии в виде множества понятий и существующих на этом множестве таксономических отношений гипонимии «IsA» [31], С.В. Смирнов обобщил стандартную модель представления объектно-признаковых данных и предложил методику выявления произвольных семантических отношений между формальными понятиями на основе интерпретации нетаксономических связей между объектами ПрО [44]. Кроме того, учитывая неполноту и противоречивость информации от акторов, им было предложено использовать аппарат многозначной векторной логики [45], что позволяет оценить истинность базовых семантических суждений и, как следствие, повысить адекватность моделей исходных данных.

Учитывая, что каждый неоднородный актор, участвующий в процессе коммуникативной деятельности, зачастую имеет свою особую точку зрения как на ПрО, так и на пути разрешения ПрС, смысловое моделирование, направленное на поддержку принятия решений акторами, принципиально является многомодельным. При этом становится неизбежной задача интеграции знаний, формализованных в персональных онтологиях акторов. В [46] такая интеграция связывается с композицией субъективных онтологий, описание методов которой можно найти в работах [47-49].

Помимо представления своих субъективных знаний, в процессе урегулирования ПрС акторы должны договориться друг с другом о разделяемых всеми взаимодействующими участниками принципах принятия решений, об общих для них «правилах игры» [29]. В этой связи создание персональных онтологий акторов, равно как и разработка методов и средств их интеграции, являются лишь первыми шагами на пути к построению модели урегулируемой ситуации. Поэтому, по мнению В.А. Виттиха, наряду с персональными знаниями акторов, необходимо также обеспечить представление интересубъективных знаний, являющихся «результатами соглашений акторов в рамках семантической, эмпирической, логической, операциональной и нормативной интересубъективностей» [29]. Эти знания он предлагает представлять с помощью соответствующих онтологий: корпоративной культуры, принятия решений, деятельности, фактов и нормативно-правовой [50].

2.2 Поддержка коммуникативных действий акторов и принятие решений на основе применения мультиагентных технологий

Достижение взаимопонимания неоднородными акторами при урегулировании ПрС можно существенно ускорить с помощью разработки и применения соответствующих систем поддержки коммуникативных действий акторов [51]. Первым шагом для этого можно считать формализацию интересубъективных знаний с помощью онтологий, характеризующих различные точки зрения акторов и их субъективное понимание ПрС. Создание такой онтологической модели ситуации позволяет дать ответ на главный вопрос, рассматриваемый в эвергетике: «Что делать?». Однако, как отмечено в [29], это не означает, что задача решена, поскольку, поняв ПрС (поставив задачу), акторы ещё не достигли взаимопонимания относительно устраивающего всех способа её урегулирования, т.е. не получили ответа на второй вопрос: «Как делать?»

В эвергетике достижение взаимопонимания и консенсуса осуществляется путём совместного аргументированного обсуждения ПрС, в процессе которого происходит столкновение различных (зачастую противоположных) точек зрения участников переговоров. Обладая моделью ПрС [30, 43], в процессе коммуникации акторы получают возможность экспериментировать с ней, отстаивая, с одной стороны, свои позиции, а с другой, учитывая интересы остальных участников процесса (например, их ограничения: финансовые, технологические и т.д.). При этом возможна трансформация как самой ситуационной модели, так и изменение позиций участников переговоров. В работе [29] со ссылкой на [52] отмечается, что выстраи-

ваемые акторами в процессе переговоров шкалы предпочтения не являются заданными априори, а зависят от характера взаимодействий между участниками переговоров. На основании этого В.А. Виттих делает вывод об ограниченности применимости классических математических методов для подобного рода модельных экспериментов и считает необходимым поиск других, альтернативных, решений, к числу которых он относил мультиагентные системы и технологии [53-55].

Трансформируя модель ПрС, акторы начинают приближать её к тому варианту, который бы разделялся всеми. Так, благодаря сближению позиций акторов, постепенно формируется консенсус, т.е. общее согласие по вопросу урегулирования ПрС, которое не означает, что все «за», а предполагает лишь, что нет никого «против» [29]. Другими словами, если решение не устраивает хотя бы одного актора, то оно не принимается.

Процесс консенсусного урегулирования ПрС, используемый в эвергетике, требует значительных затрат времени, и это очень невыгодно отличает его от традиционного «мажоритарного» подхода, предполагающего отказ от длительных обсуждений и принятие решений простым большинством голосов. Однако, как отмечается в [29], при экономии времени на принятие решения, «принцип большинства не гарантирует выражение предпочтений общества, т.е. может привести к иррациональным результатам» [56], что иногда и приходится наблюдать в нашей повседневной жизни.

В то же время задержки в принятии решения в условиях конфликта интересов акторов могут быть сокращены за счёт введения ограничений на время принятия решения и мониторинга скорости развития ПрС. Можно предположить, что осознание исчерпаемости отведённых временных ресурсов будет стимулировать акторов охотнее идти на взаимные уступки и искать компромиссы. В определённой мере автоматизировать процессы разрешения конфликтов и нахождения балансов интересов акторов возможно с помощью систем на основе мультиагентных технологий, которые будут способствовать «саморегулированию» числа трансформаций ситуационной модели, необходимых для достижения консенсуса.

Одним из удачных решений в этом направлении можно считать концепцию сетей потребностей и возможностей (ПВ-сетей), дополненную методом сопряжённых взаимодействий, описания которых можно найти в трудах В.А. Виттиха и П.О. Скобелева (эти идеи позднее были реализованные последним в прикладных мультиагентных системах, ориентированных на решение широкого круга практических задач) [54, 57, 58]. Такая ПВ-сеть состоит из агентов потребностей и возможностей, которые являются виртуальными двойниками акторов и которым доступна формализованная онтологическая модель ситуации. Так же, как и их прототипы в реальном мире, агенты потребностей и возможностей могут иметь конфликтные интересы, предпочтения и цели, продвижение к которым поддерживается виртуальными бонусами и штрафами, мотивирующими или ограничивающими возможности агентов.

Пытаясь достичь своих «эгоистичных» интересов, одни агенты наталкиваются на предпочтения и ограничения других агентов и вынуждены вступать с ними в виртуальные переговоры с целью прийти к какому-либо соглашению в интересах «общего блага» даже путём уступок или ухудшения своего собственного положения. В ходе таких «конкурентных и кооперативных» действий в виртуальном мире (в ПВ-сети) формируется вариант решения ПрС в форме согласованного плана действий, который «считается построенным и консенсус найденным, когда ни один агент не может более улучшить ситуацию, даже если он не удовлетворён решением» [59]. Зафиксированное таким образом решение транслируется из виртуального мира в реальный, где оно может быть окончательно согласовано акторами (или же отклонено ими).

3 От теории к практике

Эвергетика – наука молодая, а потому пока ещё не имеет ярких примеров своего практического использования. Тем не менее, даже сейчас можно найти работы ранних последователей этой науки, в которых рассматриваются первые попытки реализации основных идей и положений эвергетики при управлении социальными процессами в обществе. Одним из таких примеров является попытка разработать концепцию интересубъективного обучения, базирующегося на осознании и совместном урегулировании учащимися ПрС, которые могут возникнуть и возникают в реальной жизни [60].

Авторы концепции исходят из того, что современная организация процесса обучения основывается, как правило, на дисциплинарном подходе, при котором «учат предметам» и решают заранее сформулированные преподавателем задачи. Однако полученные обучающимися знания оказываются оторванными от реальной жизни и тех ситуаций, в которых может оказаться человек за стенами учебного заведения. В статье авторы даже приводят по этому поводу известное изречение Альбера Камю: «Школа готовит нас к жизни в мире, которого не существует...».

В отличие от традиционного подхода, концепция интересубъективного обучения опирается на понятие ПрС, взятой из реальной жизни, и смысловое содержание которой знакомо преподавателю. Учащиеся должны самостоятельно осознать ПрС, поставить задачу и совместно принять решение, как эту ситуацию урегулировать. Преподаватель при этом выполняет функцию координатора, определяет роль ученика в ПрС и связанную с ней систему ценностных приоритетов. По мере осознания ПрС учащиеся коммуницируют друг с другом и формируют интересубъективную систему, в рамках которой они договариваются о приемлемом для всех способе решения проблемы. Такой подход был опробован на занятиях по курсу «Введение в специальность» со студентами Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики и показал первые положительные результаты [61].

Ещё одно приложение эвергетики можно найти в работах [62-64], посвящённых интересубъективному управлению инновационными процессами. Известно, что в настоящее время в условиях агрессивной конкурентной среды значительное внимание уделяется инновационному менеджменту, который признаётся одним из важных элементов управления организациями практически любой отрасли национальной экономики. Способность новых знаний экономить необходимые затраты труда и ресурсов придаёт им особые потребительские свойства и обеспечивает повышение уровня эффективности деятельности и устойчивости организации. Однако большинство специалистов рассматривают инновационные процессы только с момента, когда кем-то уже принято решение о разработке инновации [62].

Между тем, зарождение инновации начинается тогда, когда люди осознают некоторую неудовлетворённость существующим положением дел или потребность в чем-то, но не обладают средствами для её удовлетворения. Тогда и появляются «инноваторы» (неоднородные акторы), которые стараются найти выход из создавшейся ПрС (урегулировать её) и подобно «центрам кристаллизации» [63] начинают формировать вокруг себя интересубъективное общество. Каждый актор обладает своим накопленным опытом и имеет собственный взгляд на мир. В поисках способа урегулирования ПрС «инноваторы» вынуждены вступать в переговоры (совершать коммуникативные действия), взаимно убеждать друг друга, аргументируя свои позиции и отыскивая определённые компромиссы. Достигнутое акторами взаимопонимание и соглашение «в среде естественного языка» относительно способа урегулирования ПрС в [63] интерпретируется как момент «рождения» инновации, в качестве которой может быть новый технологический процесс, материал, механизм управления, социальная организация, методика обучения и т.п. В реализации такого интересубъективного управления инновационными процессами ключевую роль будут играть информационно-коммуникационные

технологии и, прежде всего, системы поддержки коммуникативных действий [62-64], которые вооружат акторов эффективными инструментами, обеспечивающими быстрое и эффективное достижение консенсуса.

В работе [65] рассматривается возможность применения основных положений эвергетики для интересубъективного подхода к управлению общим имуществом многоквартирного дома. Авторы статьи отмечают, что применительно к сфере жилищно-коммунального хозяйства в обществе сложились консервативные патерналистические настроения, заключающиеся в перекладывании гражданами своих общественных проблем на государство или местную администрацию и нежелание брать на себя ответственность за общее имущество (реализовывать «кооперативный» метод управления общим имуществом [66]). Однако «администраторы» находятся не внутри ПрС, а рядом с ней и не могут в полной мере осознать суть проблемы, волнующей жильцов, и предложить приемлемое решение. Повышение эффективности управления общим имуществом многоквартирного дома авторами статьи видится в организации «управляемого самоуправления» [65], которое, с одной стороны, предполагает государственную поддержку принятых общим собранием собственников имущества решений (в терминологии эвергетики – консенсусных решений, достигнутых в процессе переговоров между неоднородными акторами – совладельцами общего имущества), а, с другой стороны, возложение этими собственниками на себя ответственности за принимаемые решения. В то же время отмечается, что, несмотря на определённую поддержку среди отдельных совладельцев имущества многоквартирных домов, приходится преодолевать сопротивление как среди рядовых собственников, так и среди администраторов имущества. А потому реализация предлагаемых технологий интересубъективного управления общим имуществом дома требует формирования соответствующей «культурной среды» среди жильцов и представителей управляющих компаний.

Попытки практического воплощения идей эвергетики не ограничиваются представленными примерами. Известны работы представителей уфимской научной школы управления (В.Е. Гвоздев, Л.Р. Черняховская), посвящённые использованию эвергетики в качестве методологической основы управления выявлением дефектов на предпроектной стадии жизненного цикла систем обработки данных [67]; труды М.Р. Арпентьевой, посвящённые интересубъективным технологиям в управлении предприятиями, организациями и сообществами [68, 69] и т.д. Отрадно отмечать, что предложенные В.А. Виттихом положения интересубъективного подхода к управлению социальными процессами в обществе получают всё больший отклик в профессиональном сообществе и переходят из теоретической в практическую плоскость.

Заключение

Возвращаясь к основным тезисам, сформулированным во вводной части статьи, хотелось бы процитировать слова У. Норицугу, руководителя департамента внешних и правительственных связей корпорации *Mitsubishi Electric*: «Преимуществами Общества 5.0 должно пользоваться всё общество в целом. Я думаю, что... [эта] рекомендация самая важная. Общество – это совокупность людей и его блага должны быть доступны всем» [19]. Но для этого необходимо, чтобы человек не исключался из процессов управления в обществе, а наоборот, был их непосредственным участником. Именно эту цель и преследует эвергетика В.А. Виттиха, в которой ключевую роль играет неоднородный актор – человек из повседневности, имеющий свою субъективную шкалу ценностей, осознающий себя вместе с другими такими же акторами «внутри» ПрС и готовый выполнять необходимые познавательные и деятельностные функции для её урегулирования.

Предпосылки, позволяющие надеяться на продвижение новой науки, существуют. Значительная часть современного общества уже осознаёт, что широко используемые бюрократические методы управления изжили себя и становятся тормозом на пути социального прогресса. Для того чтобы реализуемый в эвергетике интересубъективный подход к управлению в обществе получил более широкое распространение, необходимо «воспитание» акторов, их обучение методике поиска смысла ПрС, ведения аргументированного диалога и нахождения консенсуса (должна быть преодолена четвёртая «стена» на пути к Обществу 5.0). Это будет способствовать дальнейшему развитию информационных и интеллектуальных технологий, которые необходимы для обеспечения поддержки принятия решений акторами [70] и их восприятию обществом (будут преодолены, соответственно, третья и пятая «стены» на пути к Обществу 5.0).

Список источников

- [1] **Kagermann, H.** Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution / H. Kagermann, W. Lukas, W. Wahlster // VDI Nachrichten. - 2011. - N.13. - P. 2. https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf.
- [2] **Rada, M.** INDUSTRY 5.0 definition. <https://medium.com/@michael.rada/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48>.
- [3] **Gehrke, L.** Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. / L. Gehrke, D. Rule, C. Bellmann, et al. // VDI/ASME Industry. - 2015. - Vol. 4. - P.1-28.
- [4] **Hecklaua, F.** Holistic approach for human resource management in Industry 4.0 / F. Hecklaua, M. Galeitzkea, S. Flachsa, H. Kohlb // Procedia CIRP. - 2016. - Vol. 54. - P.1–6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308629?via%3Dihub>.
- [5] **Lorenz, M.** Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? / M. Lorenz, M. Rüßmann, R. Strack, et al. <https://www.bcg.com/publications/2015/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4.aspx>.
- [6] **Nirmala, J.** Super Smart Society: Society 5.0. / J. Nirmala // Robotics Tomorrow. - 2016. <https://www.robotictomorrow.com/article/2016/09/super-smart-society-society-50/8739>.
- [7] Society 5.0. https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html.
- [8] **Боргест, Н.М.** Онтология проектирования Super Smart Society: сущность, понятия, проблемы / Н.М. Боргест // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XXI международной конф. (3-6 сентября 2019 г., Самара, Россия). - Самара: Офорт, 2019. - Т. 2 - С.9-14.
- [9] **Bumtux, V.A.** Концепция управления открытыми организационными системами / В.А. Виттих // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. - 1999. - № 1. - С.55-76.
- [10] **Vittikh, V.A.** Towards creating of control theory for open organizational systems / V.A. Vittikh // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды II международной конф. (20-23 июня 2000 г., Самара, Россия). - Самара: Из-во СамНЦ РАН, 2000. - С.55-65.
- [11] **Bumtux, V.A.** Эволюционное управление сложными системами / В.А. Виттих // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. - 2000. - № 1. - С.53-65.
- [12] **Bumtux, V.A.** Конвергенция наук об искусственном и гуманитарных наук / В.А. Виттих // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV международной конф. (19-22 июня 2012 г., Самара, Россия). - Самара: Из-во СамНЦ РАН, 2012. - С.46-51.
- [13] **Bumtux, V.A.** Проблемы эвергетики / В.А. Виттих // Проблемы управления. - 2014. - № 4. - С.69-71.
- [14] **Vittikh, V.A.** Prolegomena to evergetics / V.A. Vittikh // Онтология проектирования. - 2015. - №5(3). - С.135-148. - DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-2-135-148.
- [15] **Bumtux, V.A.** Эвергетика: возвращение в науку о процессах управления в обществе человека из повседневности / В.А. Виттих // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVIII международной конф. (20-25 сентября 2016 г., Самара, Россия). - Самара: ООО «Офорт», 2016. - С.14-20.
- [16] **Bumtux, V.A.** Понятие интересубъективности в эвергетике / В.А. Виттих // Онтология проектирования. - 2014. - №4(14). - С.90-97.
- [17] **Bumtux, V.A.** Разработка систем поддержки коммуникативных действий / В.А. Виттих, М.В. Игнатьев, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV международной конф. (19-22 июня 2012г., Самара, Россия). – Самара: Из-во СамНЦ РАН, 2012. - С.125–130.

- [18] **Виттих, В.А.** Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий / В.А. Виттих, Т.В. Моисеева, П.О. Скобелев // Онтология проектирования. - 2013. - №2. – С.20-25.
- [19] **Норицугу, У.** Общество 5.0: взгляд Mitsubishi Electric / У. Норицугу // Экономические стратегии. - 2017. - №4. - С. 2-11. <https://www.mitsubishielectric.ru/upload/iblock/53f/53f2560073cbe2fccf6bb878481c9d0c.pdf>.
- [20] **Виттих, В.А.** Эволюция идей организации процессов управления в обществе: от кибернетики к эвергетике / В.А. Виттих // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVI международной конф. (30 июня – 03 июля 2014 г., Самара, Россия). - Самара: Из-во СамНЦ РАН, 2014. - С.13-19.
- [21] **Vittikh, V.A.** Evolution of Ideas on Management Processes in the Society: From Cybernetics to Evergetics / V.A. Vittikh // Group Decision and Negotiation - Vol. 24. - Issue 5. - P. 825–832. - DOI: 10.1007/s10726-014-9414-6.
- [22] **Винер, Н.** Кибернетика и общество / Н. Винер. – М.: Изд-во иностр. лит., 1958. - 200 с.
- [23] **Новиков, Д.А.** Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития / Д.А. Новиков. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с.
- [24] **Хабермас, Ю.** Моральное сознание и коммуникативное действие / Ю. Хабермас. - СПб.: Наука, 2001. – 380 с.
- [25] **Гуссерль, Э.** Картезианские размышления / Э. Гуссерль. - СПб: Наука, 2006. - 315 с.
- [26] **Giddens, A.** New rules of sociological method / A. Giddens. - Cambridge: Polity Press, 1994. - 196 p.
- [27] **Виттих, В.А.** Принцип дополнительности в науке о процессах управления в обществе / В.А. Виттих // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». - 2016. - №4(52). - С.15-21.
- [28] **Бор, Н.** Избранные научные труды: в 2 т. Т. II. / Н. Бор. – М.: Наука, 1971. – 674 с.
- [29] **Виттих, В.А.** Введение в теорию интересубъективного управления / В.А. Виттих. – Самара: Из-во СамНЦ РАН, 2013. – 64 с.
- [30] **Смирнов, С.В.** Онтологическое моделирование в ситуационном управлении / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. - 2012. - №2 (4). - С.16-24.
- [31] **Самойлов, Д.Е.** Анализ неполных данных в задачах построения формальных онтологий / Д.Е. Самойлов, В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Онтология проектирования. - 2016. – Т.6. - №3(21). – С.317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.
- [32] **Боргест, Н.М.** Онтологии: современное состояние, краткий обзор / Н.М. Боргест, М.Д. Коровин // Онтология проектирования. - 2013. - №2(8). – С.49-55.
- [33] **Гаврилова, Т.А.** Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы / Т.А. Гаврилова, Д.И. Муромцев. – СПб.: Из-во «Высшая школа менеджмента»; Изд. Дом СПбГУ, 2008. – 488 с.
- [34] **Константинова, Н.С.** Онтологии как системы хранения знаний / Н.С. Константинова, О.А. Митрофанова. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2009. – 54 с.
- [35] **Смирнов, А.В.** Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы построения и организации / А.В. Смирнов, М.П. Пашкин, Н.Г. Шилов и др. // Новости искусственного интеллекта. - 2002. - №1. - С.3-13 (Часть 1); - №2. - С.3-9 (Часть 2).
- [36] **Suarez-Figueroa, M.S.** The NeOn Methodology for Ontology Engineering / M.S. Suarez-Figueroa, A. Gomez-Perez, M. Fernandez-Lopez // In: Ontology Engineering in a Networked World. - Berlin-Heidelberg: Springer, 2012. - P.9-34.
- [37] **Ломов, П.А.** Автоматизация синтеза составных онтологических паттернов содержания / П.А. Ломов // Онтология проектирования. - 2016. - Т. 6. - №2(20). - С.162-172.
- [38] **Ganter, B.** Formal Concept Analysis. Mathematical foundations / B. Ganter, R. Wille. - Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. - 290 p.
- [39] **Carpineto, C.** Concept Data Analysis: Theory and Applications / C. Carpineto, G. Romano. -Wiley, 2004. - 222 p.
- [40] **Ganter, B.** Conceptual Exploration / B. Ganter, S. Obiedkov. - Springer, 2016. - 315 p.
- [41] **Ignatov, D.I.** Introduction to Formal Concept Analysis and Its Applications in Information Retrieval and Related Fields / D.I. Ignatov // In: P. Braslavski, N. Karpov, M. Worrington, Y. Volkovich, D.I. Ignatov (Eds.): Information Retrieval. Revised Selected Papers 8th Russian Summer School, RuSSIR 2014 (Nizhniy Novgorod, Russia, August 18-22, 2014). - Springer International Publishing, 2015. - P.42-141.
- [42] Formal Concept Analysis. <https://upriss.github.io/fca/fca.html>.
- [43] **Смирнов, С.В.** Формальный подход к представлению смысла проблемной ситуации в процессах коллективного принятия решений / С.В. Смирнов // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014 (16-19 июня 2014 г., Москва, Россия). – М.: ИПУ РАН, 2014. - С.6261-6270.
- [44] **Смирнов, С.В.** Построение онтологий предметных областей со структурными отношениями на основе анализа формальных понятий / С.В. Смирнов // Знания - Онтологии - Теории: Материалы Всероссийской конф. с международным участием (3-5 октября 2011 г., Новосибирск, Россия). Т. 2. - Новосибирск: Институт математики СО РАН, 2011. - С.103-112.

- [45] **Аршинский, Л.В.** Векторные логики: основания, концепции, модели / Л.В. Аршинский. - Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 2007. - 228 с.
- [46] **Смирнов, С.В.** Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. - 2013. - №2 (8). - С.12-19.
- [47] **Смирнов, С.В.** Онтологический подход к формированию гетерогенных сред моделирования / С.В. Смирнов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». - 2011. - №4(32). - С.50-61.
- [48] **Stumme, G.** FCA Merge: Bottom-Up Merging of ontologies / G. Stumme, A. Maedche // Proc. 17th Int. Conf. on Artificial Intelligence - IJCAI'01 (Seattle, WA, USA, August 4-10, 2001). - P.225-230.
- [49] **Виноградов, И.Д.** Алгоритм объединения концептуальных схем на основе реконструкции их формального контекста / И.Д. Виноградов, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды III международной конф. (4-9 сентября, 2001 г., Самара, Россия). - Самара: Из-во СамНЦ РАН, 2001. - С.213-220.
- [50] **Виттих, В.А.** Онтологии в интересующих теориях / В.А. Виттих, М.В. Игнатьев, С.В. Смирнов // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2012. - №5. - С.69-70.
- [51] **Виттих, В.А.** Разработка систем поддержки коммуникативных действий / В.А. Виттих, М.В. Игнатьев, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV международной конф. (19-22 июня 2012г., Самара, Россия). - Самара: Из-во СамНЦ РАН, 2012. - С.125-130.
- [52] **Сапир, Ж.** К экономической теории неоднородных систем (опыт исследования децентрализованной экономики) / Ж. Сапир - М.: Государственный университет - Высшая школа экономики, 2001. - 247 с.
- [53] **Тарасов, В.Б.** От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: Философия, психология, информатика / В.Б. Тарасов. - М.: Едиториал УРСС, 2002. - 352 с.
- [54] **Скобелев, П.О.** Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания Самарской научной школы мультиагентных систем / П.О. Скобелев // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2010. - №12. - С.33-46.
- [55] **Городецкий, В.И.** Современное состояние и перспективы индустриальных применений многоагентных систем / В.И. Городецкий, О.Л. Бухвалов, П.О. Скобелев П.О. и др. // Управление большими системами. - 2017. - №66. - С.94-157.
- [56] **Луман, Н.** Решения в «информационном обществе» / Н. Луман // Проблемы теоретической социологии. Вып 3. - СПб.: Издательство СПбГУ, 2000. - С.17-34.
- [57] **Виттих, В.А.** Мультиагентные модели взаимодействия для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах / В.А. Виттих, П.О. Скобелев // Автоматика и телемеханика. - 2003. - №1. - С.177-185.
- [58] **Виттих, В.А.** Метод сопряженных взаимодействий для управления распределением ресурсов в реальном масштабе времени / В.А. Виттих, П.О. Скобелев // Автометрия. - 2009. - Т. 45. - №2. - С.84-86.
- [59] **Виттих, В.А.** Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий. / В.А. Виттих, П.О. Скобелев, Т.В. Моисеева // Онтология проектирования. - 2013. - №2. - С.20-25.
- [60] **Виттих, В.А.** Концепция интересующего обучения / В.А. Виттих, Т.В. Моисеева // Образовательные ресурсы и технологии. - 2014. - №3(6). - С.4-8. <http://www.muiv.ru/vestnik/pp/chitatelnyam/poisk-postatyam/7255/34658/>.
- [61] **Виттих, В.А.** Интересующее управление: от теории к практике / В.А. Виттих, Т.В. Моисеева // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVIII международной конф. (20-25 сентября 2016 г., Самара, Россия). - Самара: ООО «Офорт», 2016. - С.53-62.
- [62] **Виттих, В.А.** Социогуманитарные и коммуникационные проблемы интересующего управления инновационными процессами / В.А. Виттих, Т.В. Моисеева, С.В. Смирнов // Проблемы социогуманитарного обеспечения инновационных процессов на евразийском пространстве / Под ред. В.Е. Лепского. - М.: «Когито-Центр», 2014. - С.214-224.
- [63] **Виттих, В.А.** Принципы интересующего управления инновационными процессами / В.А. Виттих, Д.В. Горбунов, Т.В. Моисеева и др. // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII международной конф. (22-25 июня 2015 г., Самара, Россия) - Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2015. - С.202-215.
- [64] **Moiseeva, T.V.** Principles of Managing the Process of Innovative Ideas Genesis / T.V. Moiseeva, S.V. Smirnov // Recent Research in Control Engineering and Decision Making. Eds.: O. Dolinina, A. Brovko, V. Pechenkin, A. Lvov, V. Zhmud, V. Kreinovich. - Studies in Systems, Decision and Control. - 2019. - P.15-25. DOI: 10.1007/978-3-030-12072-6_2.
- [65] **Моисеева, Т.В.** Применение интересующего подхода при управлении общим имуществом / Т.В. Моисеева, Ю.В. Мятишкин // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды

- XXI международной конф. (3-6 сентября 2019 г., Самара, Россия). – Самара: ООО «Офорт», 2019. – Т. 2. – С.475–478.
- [66] **Остром, Э.** Управление общим. Эволюция институций коллективного действия / Э. Остром. - М.: Мысль, 2010. - 447 с.
- [67] **Гвоздев, В.Е.** Эвергетика как методологическая основа управления выявлением дефектов на предпроектной стадии жизненного цикла систем обработки данных / В.Е. Гвоздев, Л.Р. Черняховская, Д.В. Блинова // Онтология проектирования. - 2018. - Т. 8. - №1(27). - С.152-166. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-152-166.
- [68] **Арпентьева, М.Р.** Эвергетические стратегии и управление развитием сообществ / М.Р. Арпентьева // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII международной конф. (22-25 июня 2015 г., Самара, Россия) – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2015. – С.174-180.
- [69] **Арпентьева, М.Р.** Междисциплинарные технологии в управлении предприятиями, организациями, сообществами, государствами / М.Р. Арпентьева // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 3. Общественные науки. - 2017. - Т. 32. - Вып. 4. - С.39-44. DOI: 10.21779/2500-1930-2017-32-4-39-44.
- [70] **Skobelev, P.O.** On the way from Industry 4.0 to Industry 5.0: from digital manufacturing to digital society / P.O. Skobelev, S.Yu. Borovik // Industry 4.0. - 2017. - Vol. 2. - Issue 6. - P.307-311.
-

Сведения об авторе



Боровик Сергей Юрьевич, 1972 г. рождения. Окончил Поволжский институт информатики, радиотехники и связи (1994), д.т.н. (2012). Директор Института проблем управления сложными системами РАН – обособленного подразделения Самарского федерального исследовательского центра РАН. Член международной ассоциации специалистов в области электротехники и электроники (IEEE). В списке научных трудов более 180 работ по теории и практике измерений, включая создание интеллектуальных систем сбора и обработки многомерной информации о состоянии объектов управления в экстремальных условиях. Лауреат губернской премии в области науки и техники (2004). Author ID (РИНЦ): 17975; Author ID (Scopus): 7801624472; ORCID: 0000-0002-6849-9026; Researcher ID (WoS): R-4662-2016. borovik@iccs.ru

Поступила в редакцию 08.08.2020, после рецензирования 17.09.2020. Принята к публикации 22.09.2020.

Ontologies, Intersubjective Management and V.A. Vittikh's Evergetics

S.Yu. Borovik

Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute for the Control of Complex Systems RAS, Samara, Russia

Abstract

This year we celebrated the 80th anniversary since the birth of the famous scientist, talented pedagogue, accomplished jazz musician and composer, professor Vittikh Vladimir Andreevitch. Successfully combining the style of scientific thinking and the breadth of creative flight, Vladimir Andreevitch in science, as well as in music, appreciated inspiration, excitement and improvisation. He was always full of new ideas and inspired his colleagues and disciples. The last years of his life the scientist dedicated to the formation and development of a new science about the management processes – evergetics that complements and expands the capabilities of the traditional systematic approach to the resolving the problem situations in the life of society. For the first time the article attempts to analyze the V.A. Vittikh's theoretical legacy, considering the modern realities and ideas that are being laid in the model of a new economic order, better known as the superintelligent "Society 5.0". It is shown, that V.A. Vittikh anticipated a lot of things that are only now being reflected in the concept of "Society 5.0" and his innovative ideas can serve as a theoretical basis, a stepping-stone for overcoming the famous "five walls" on the way to the digital society of the future. It is noted that the desire to "digitalize" everything and everyone often happens in oblivion of what, or rather for the benefit of whom, the new information technologies should be created and used. In this sense, V.A. Vittikh's evergetics eliminates one of the most "bottlenecks" associated with the often weak adequacy of the decisions made to the realities of the life. At the same time the modern information and intelligent technologies, including ontological modeling and ontological data analysis form the technological basis of evergetics, providing a "conjugation" of the points of view of the participants in the decision-making process and a certain automation of their communicative actions. Examples of the first practical attempts to implement the main ideas and provisions of evergetics in the management of social processes in society are given.

Key words: *ontology, intersubjective management, evergetics, actor, problem situation, communicative actions, decision-making support, Society 5.0.*

Citation: Borovik SYu. Ontologies, intersubjective management and V.A. Vittikh's evergetics [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(3): 255-272. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-255-272.

References

- [1] **Kagermann H, Lukas W, Wahlster W.** Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. VDI Nachrichten 2011; 13: 2. https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf.
- [2] **Rada M.** INDUSTRY 5.0 definition. <https://medium.com/@michael.rada/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48>.
- [3] **Gehrke L, Rule D, Bellmann C, et al.** Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. VDI/ASME Industry 2015. Vol. 4: 1-28.
- [4] **Hecklaua F, Galeitzkea M, Flachsa S, et al.** Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia CIRP* 2016. Vol. 54: 1–6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308629?via%3Dihub>.
- [5] **Lorenz M, Rüßmann M, Strack R, et al.** Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? <https://www.bcg.com/publications/2015/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4.aspx>.
- [6] **Nirmala J.** Super Smart Society: Society 5.0. *Robotics Tomorrow* 2016. <https://www.roboticstomorrow.com/article/2016/09/super-smart-society-society-50/8739>.
- [7] Society 5.0. Available online: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html.
- [8] **Borgest NM.** Ontology of designing of Super Smart Society: essence, concepts, problems [In Russian]. *Proceedings of the XIII International conference "Complex systems: control and modelling problems"*, Samara, Russian Federation, 2019; Vol. 2: 9-14.
- [9] **Vittikh VA.** Open organizational systems management concept [In Russian]. *Bulletin of the Samara scientific center of the Russian Academy of sciences*. 1999; 1: 55-76.

- [10] **Vittikh VA.** Towards creating of control theory for open organizational systems. Proceedings of the II International conference “Complex systems: control and modelling problems”, Samara, Russian Federation 2000: 55-65.
- [11] **Vittikh VA.** Evolutionary management of complex systems [In Russian]. *Bulletin of the Samara scientific center of the Russian Academy of sciences.* 2000; 1: 53-65.
- [12] **Vittikh VA.** Convergence of arts and humanities sciences [In Russian]. Proceedings of the XIV International conference “Complex systems: control and modelling problems”, Samara, Russian Federation 2012: 46-51.
- [13] **Vittikh VA.** Problems of evergetics [In Russian]. *Control sciences.* 2014; 4: 69-71.
- [14] **Vittikh VA.** Prolegomena to evergetics. *Ontology of designing.* 2015; 5(3): 135-148. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-2-135-148.
- [15] **Vittikh VA.** Evergetics: the return of the man from everyday life to the science of management processes in human society [In Russian]. Proceedings of the XVIII International conference “Complex systems: control and modelling problems”, Samara, Russian Federation 2016: 14-20.
- [16] **Vittikh VA.** The concept of intersubjectivity in evergetics [In Russian]. *Ontology of designing.* 2014; 4(14): 90-97.
- [17] **Vittikh VA, Ignatiev MV, Smirnov SV.** Development of support systems for communicative actions [In Russian]. Proceedings of the XIV International conference “Complex systems: control and modelling problems”, Samara, Russian Federation 2012: 125–130.
- [18] **Vittikh VA, Moiseeva TV, Skobelev PO.** Consensus decision making using multi-agent technologies [In Russian]. *Ontology of designing.* 2013; 2: 20–25.
- [19] **Noritsugu U.** Society 5.0: Mitsubishi Electric view [In Russian]. *Economic strategies.* 2017; 4: 2-11. Available online: <https://www.mitsubishielectric.ru/upload/iblock/53f/53f2560073cbe2fccf6bb878481c9d0c.pdf>.
- [20] **Vittikh VA.** The evolution of ideas for organizing management processes in society: from cybernetics to evergetics [In Russian]. Proceedings of the XVI International conference “Complex systems: control and modelling problems”, Samara, Russian Federation 2014: 13-19.
- [21] **Vittikh VA.** Evolution of Ideas on Management Processes in the Society: From Cybernetics to Evergetics. Group Decision and Negotiation. 2015; 24, Issue 5: 825–832. DOI: 10.1007/s10726-014-9414-6.
- [22] **Wiener N.** Cybernetics and society [In Russian]. Moscow: “Foreign literature publishing house”; 1958.
- [23] **Novikov DA.** Cybernetics: Navigator. History of cybernetics, current state, development prospects. Moscow: “LENAND”; 2016.
- [24] **Habermas J.** Moral consciousness and communicative action [In Russian]. Saint Petersburg: “Nauka”; 2001.
- [25] **Husserl E.** Cartesian reflections [In Russian]. Saint Petersburg: “Nauka”; 2006.
- [26] **Giddens A.** New rules of sociological method. Cambridge: Polity Press; 1994.
- [27] **Vittikh VA.** The principle of complementarity in the science of management processes in the society [In Russian]. Samara State Technical University Bulletin. Series “Technical Sciences”. 2016; 4(52): 15-21.
- [28] **Bohr N.** Selected scientific works in vol. 2 [In Russian]. Vol. II. Moscow: “Nauka”; 1971.
- [29] **Vittikh VA.** Introduction to Intersubjective Control Theory [In Russian]. Samara: Samara scientific center RAS; 2013.
- [30] **Smirnov SV.** Ontological modeling in situational management [In Russian]. *Ontology of designing.* 2012; 2(4): 16-24.
- [31] **Samoylov DE, Semenova VA, Smirnov SV.** Analysis of incomplete data in constructing formal ontologies problems [In Russian]. *Ontology of designing.* 2016; vol. 6; 3(21): 317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.
- [32] **Borgest NM, Korovin MD.** Ontologies: current state, an overview [In Russian]. *Ontology of designing.* 2013; 2(8): 49-55.
- [33] **Gavrilova TA, Muromtsev DI.** Intelligent technologies in management: tools and systems [In Russian]. Saint Petersburg: «Management High School»; Publ. house of SPbU; 2008.
- [34] **Konstantinova NS, Mitrofanova OA.** Ontologies as knowledge storage systems [In Russian]. Saint Petersburg: St Petersburg University; 2009.
- [35] **Smirnov AV, Pashkin MP, et al.** Ontologies in artificial intelligence systems: construction and organization methods [In Russian]. *Artificial Intelligence News.* 2002; 1: 3-13 (Part 1); 2: 3-9 (Part 2).
- [36] **Suarez-Figueroa MS, Gomez-Perez A, Fernandez-Lopez M.** The NeOn Methodology for Ontology Engineering. In: *Ontology Engineering in a Networked World.* Berlin-Heidelberg: Springer; 2012.
- [37] **Lomov PA.** Automation of the synthesis of compound ontological content patterns [In Russian]. *Ontology of designing.* 2016; Vol. 6; 2(20): 162-172.
- [38] **Ganter B, Wille R.** Formal Concept Analysis. Mathematical foundations. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 1999.
- [39] **Carpineto C, Romano G.** Concept Data Analysis: Theory and Applications. Wiley; 2004.
- [40] **Ganter B, Obiedkov S.** Conceptual Exploration. Springer; 2016.

- [41] **Ignatov DI**. Introduction to Formal Concept Analysis and Its Applications in Information Retrieval and Related Fields. In: P. Braslavski, N. Karpov, M. Worring, Y. Volkovich, D.I. Ignatov (Eds.): Information Retrieval. Revised Selected Papers 8th Russian Summer School, RuSSIR 2014 (Nizhny Novgorod, Russia, August 18-22, 2014). Springer International Publishing; 2015: 42-141.
- [42] Formal Concept Analysis. <https://upriss.github.io/fca/fca.html>.
- [43] **Smirnov SV**. Formal approach to presenting the meaning of a problem situation in the collective decision-making processes [In Russian]. Proceedings of the XII All-Russian meeting on control problems VSPU-2014, Moscow, Russian Federation 2014: 6261-6270.
- [44] **Smirnov SV**. Construction of the ontologies of subject areas with structural relationships based on the formal concepts analysis [In Russian]. Materials of the All-Russian conference with international participation "Knowledge, Ontologies, Theories", Novosibirsk, Russian Federation 2011; Vol. 2: 103-112.
- [45] **Arshinskiy LV**. Vector Logics: Foundations, Concepts, Models [In Russian]. Irkutsk: Irkutsk State University; 2007.
- [46] **Smirnov SV**. Ontologies as semantic models [In Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 2(8): 12-19.
- [47] **Smirnov SV**. Ontological approach to the formation of heterogeneous modeling environments [In Russian]. Samara State Technical University Bulletin. Series "Technical Sciences". 2011; 4(32): 50-61.
- [48] **Stumme G, Maedche A**. FCA Merge: Bottom-Up Merging of ontologies. Proceedings of the 17th Int. Conf. on Artificial Intelligence IJCAI'01. Seattle, WA, USA, 2001: 225-230.
- [49] **Vinogradov ID, Smirnov SV**. An algorithm for combining conceptual schemes based on the reconstruction of their formal context [In Russian]. Proceedings of the III International conference "Complex systems: control and modeling problems", Samara, Russian Federation 2001: 213-220.
- [50] **Vittikh VA, Ignatiev MV, Smirnov SV**. Ontologies in intersubjective theories [In Russian]. *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*. 2012; 5: 69-70.
- [51] **Vittikh VA, Ignatiev MV, Smirnov SV**. Development of support systems for communicative actions [In Russian]. Proceedings of the XIV International conference "Complex systems: control and modelling problems", Samara, Russian Federation 2012: 125-130.
- [52] **Sapir Zh**. Towards the economic theory of heterogeneous systems (experience of researching a decentralized economy) [In Russian]. Moscow: Higher School of Economics; 2001.
- [53] **Tarasov VB**. From multi-agent systems to intelligent organizations: Philosophy, Psychology, Informatics [In Russian]. Moscow: "Editorial URSS"; 2002.
- [54] **Skobelev PO**. Multi-agent technologies in industrial applications: to the 20th anniversary of the founding of the Samara scientific school of multi-agent systems [In Russian]. *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*. 2010; 12: 33-46.
- [55] **Gorodtskiy VI, Buhvalov OL, Skobelev PO, et al**. Current state and prospects of industrial applications of multi-agent systems [In Russian]. *Large-Scale Systems Control*. 2017; 66: 94-157.
- [56] **Luman N**. Decisions in the "information society" [In Russian]. Problems of theoretical sociology; Issue 3. Saint Petersburg: SPbU Publishing house; 2000.
- [57] **Vittikh VA, Skobelev PO**. Multiagent interaction models for constructing the Needs-and-Means Networks in open systems. *Automatic & Remote Control*. 2003; 1: 177-185.
- [58] **Vittikh VA, Skobelev PO**. Method of coupled interactions for real-time management of resource allocation. *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing* 2009; 45(2): 154-160.
- [59] **Vittikh VA, Skobelev PO, Moiseeva TV**. Consensus decision making using multi-agent technologies [In Russian]. *Ontology of designing* 2013; 2(8): 20-25.
- [60] **Vittikh VA, Moiseeva TV**. The concept of intersubjective learning [In Russian]. Educational resources and technologies 2014; 3(6): 4-8. <http://www.muiv.ru/vestnik/pp/chitatelnyam/poisk-po-statyam/7255/34658/>.
- [61] **Vittikh VA, Moiseeva TV**. Intersubjective management: from theory to practice [In Russian]. Proceedings of the XVIII International conference "Complex systems: control and modelling problems", Samara, Russian Federation 2016: 53-62.
- [62] **Vittikh VA, Moiseeva TV, Smirnov SV**. Socio-humanitarian and communication problems of intersubjective management of innovative processes [In Russian]. Ed. by Lepskiy VE. Moscow: «Cogito-Center»; 2014.
- [63] **Vittikh VA, Gorbunov DV, Moiseeva TV, Smirnov SV**. Principles of intersubjective management of innovation processes [In Russian]. Proceedings of the XVII International conference "Complex systems: control and modelling problems", Samara, Russian Federation 2015: 202-215.
- [64] **Moiseeva TV, Smirnov SV**. Principles of managing the process of innovative ideas genesis. Recent Research in Control Engineering and Decision Making. Eds.: O. Dolinina, A. Brovko, V. Pechenkin, A. Lvov, V. Zhmud, V. Kreinovich. *Studies in Systems, Decision and Control*. 2019: 15-25. DOI: 10.1007/978-3-030-12072-6_2.

- [65] **Moiseeva TV, Myatishkin YuV.** Applying an intersubjective approach in common property management [In Russian]. Proceedings of the XXI International conference “Complex systems: control and modelling problems”, Samara, Russian Federation. 2019; 2: 475–478.
- [66] **Ostrom E.** Common property management. Evolution of collective action institutions [In Russian]. Moscow: Mysl'; 2013.
- [67] **Gvozdev VE, Chernyahovskaya LR, Blinova DV.** Evergetics as a methodological basis for managing the defects detection at the pre-design stage of the life cycle of data processing systems [In Russian]. *Ontology of designing*. 2018; 8(1): 152-166. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-152-166.
- [68] **Arpentieva MR.** Evergetical strategies and community property management [In Russian]. Proceedings of the XVII International conference “Complex systems: control and modelling problems”, Samara, Russian Federation 2015: 174-180.
- [69] **Arpentieva MR.** Intersubjective technologies in the management of enterprises, organizations, communities, states [In Russian]. Dagestan State University Bulletin. Series 3 “*Social Sciences*”. 2017; 32(4): 39-44. DOI: 10.21779/2500-1930-2017-32-4-39-44.
- [70] **Skobelev PO, Borovik SYu.** On the way from Industry 4.0 to Industry 5.0: from digital manufacturing to digital society. *Industry 4.0*. 2017; 2(6): 307-311.
-

About the author

Sergey Yurievich Borovik (b. 1972) graduated from the Povolzhskiy Institute of Informatics and Telecommunication in 1994, D.Sc.Eng. (2012). Head of the Institute for the Control of Complex Systems of Russian Academy of Sciences – Independent Department of Samara Federal Research Scientific Centre of Russian Academy of Sciences. Hi is a member of Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Hi is a co-author of more than 180 publications in the field of measurement science including the creation of the intelligent systems for obtaining and processing of the multi-dimensional information about the state of control objects in the extreme conditions. Laureate of the Samara Region prize in science and technology (2004). Author ID (RSCI): 17975; Author ID (Scopus): 7801624472; ORCID: 0000-0002-6849-9026; Researcher ID (WoS): R-4662-2016. borovik@iccs.ru

Received August 08, 2020. Revised September 17, 2020. Accepted September 22, 2020.

Об онтологии видов задач и методов их решения

А.М. Фаянс, В.Ю. Кнеллер

Институт проблем управления РАН, Москва, Россия

Аннотация

В статье развивается предложенный в ИПУ РАН вариант трансдисциплинарного подхода, ориентированного на выявление и систематизацию видов задач и методов их решения. Этот подход, отталкиваясь от задачи, как таковой, индуктивно восходит от понятия задачи через понятие единичного ко Всеобщему, далее позволяя дедуктивно выявить и систематизировать виды единичных, установив в этом построении место задач. Рассмотрена возможность выявления и систематизации видов задач, качественно различающихся по методам решения, исходя из порождающих эти задачи истоков. Представлена процедура выявления и систематизации ключевых видов задач, по которым разложимы любые иные задачи. В соответствии с процедурой разложения методы и свойства методов решения ключевых задач определяют методы и свойства методов решения комбинируемых на их основе задач. Согласованность предлагаемого пути систематизации с известными онтологическими построениями вытекает из индуктивно-дедуктивной процедуры отслеживания истоков происхождения понятий и положений, лежащих в основе различных онтологических построений. Это позволяет определить место этих построений в формируемой целостной картине видов единичных, видов задач и методов их решения. Раскрыты потенциальные возможности, открываемые на пути дальнейшего следования трансдисциплинарному подходу; обозначены направления дальнейших исследований, позволяющих в перспективе выработать предельно формализуемую технологию синтеза методов решения различных задач.

Ключевые слова: онтология, систематизация, виды задач, методы решения задач, целенаправленная деятельность, трансдисциплинарный подход.

Цитирование: Фаянс, А.М. Об онтологии видов задач и методов их решения / А.М. Фаянс, В.Ю. Кнеллер // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №3(37). – С.273-295. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-273-295.

Введение

Бурно растущее в процессе человеческой деятельности многообразие задач и появление новых методов их решения вызывает необходимость в систематизации задач и методов их решения. Исторически такая систематизация проводилась на основе дисциплинарного, полидисциплинарного, междисциплинарного подходов. В последнее время особое внимание уделяется трансдисциплинарному подходу, который ориентирует на систематизацию, проходящую сквозь границы многих дисциплин, допускающую выход за пределы конкретных дисциплин, и в то же время позволяющую учитывать специфику каждой области [1, 2]. Трансдисциплинарный подход опирается на факт наличия общих когнитивных схем для разных направлений деятельности, позволяя их переносить из одного направления в другое, и на их основе разрабатывать и осуществлять проекты исследований любой сложности [1]. Наглядным примером следования трансдисциплинарному подходу является *методология* [3-6], понимаемая как учение об организации деятельности.

Представленные в литературе научные построения, включая и онтологии, опираясь на положенные в их основу утверждения, как правило, в полной мере не рассматривают истоки происхождения этих утверждений (см., например, [7-10]). Отсутствие указания на такие ис-

токи нарушает строгость научного построения, предусматривающего логически обоснованный вывод возможных общих схем, исходя из упомянутых истоков. Так, например, в случае методологии, теоретическая разработка начинается с рассмотрения деятельности (целенаправленной активности) в целом, и далее, в процессе развития, рассматривает её исторически сложившиеся формы. Анализ истоков самой деятельности при этом оказывается за рамками данного научного направления.

Для выявления упомянутых истоков необходима смена взгляда на деятельность. Авторами было предложено рассматривать деятельность как область, связанную с решением задач. *Задача* при этом рассматривалась как *сформулированная субъектом (субъектами) осознанная и осмысленная необходимость удовлетворения потребности субъекта (субъектов) в чём-либо в определённых условиях при возможном действии ряда ограничений, связанных с потребностью и процессом её удовлетворения*. В качестве методической основы, обеспечивающей строгость вывода, было предложено использовать разрабатываемый в ИПУ РАН вариант индуктивно-дедуктивного подхода, который предусматривает последовательное выполнение четырёх этапов, представленных в [11] и сформулированных здесь в общем виде:

- 1) выявление сути рассматриваемой задачи и её формулировка в терминах однозначно толкуемых понятий;
- 2) родовое обобщение – неоднократный переход к более общему (родовому) уровню рассмотрения, предусматривающий абстрагирование от указанных в исходной формулировке менее существенных особенностей объектов, характеристик объектов и природы этих характеристик при условии применимости возможностей родового уровня к видовым по отношению к нему уровням;
- 3) рассмотрение возможностей на высшем из достигнутых уровней обобщения;
- 4) движение «вниз» вплоть до исходной задачи – перенос возможностей более общего уровня на подчинённые ему по иерархии уровни с добавлением возможностей, обусловленных спецификой подчинённых уровней.

Важным элементом при следовании представленному подходу является логическая прозрачность всех выполняемых суждений. Это приводит к необходимости отказаться от способов получения результатов на основе принципов «очевидности», «прозрения», а ограничиться исключительно последовательными логическими обоснованными шагами.

Следствием предлагаемого подхода является первичное выявление содержания понятий и только потом установление терминологии, однозначно указывающей на выявленное содержание. В силу этого для обозначения определённого смыслового содержания авторы старались подбирать термины, наиболее близкие по устоявшемуся толкованию к выявленному содержанию, освобождая их при этом от исторически сложившейся неоднозначности толкования. При таком способе обозначения становится допустимой любая (желательно общепонятная) замена терминов при условии однозначного указания на одно и то же содержание. Этот способ используется в настоящей статье; для того, чтобы исключить подмену понятий, в необходимых случаях в тексте приводится предлагаемое авторами краткое однозначное толкование используемых терминов.

Приведённое определение задачи предусматривает наличие у неё следующих отличительных особенностей: указание потребности и необходимости её удовлетворения; осознанного и осмысленного описания ситуаций, в которых имеет место потребность (соответствующая информация образует исходные данные задачи); указание ограничений на допустимый процесс удовлетворения потребности; указание требований к качеству решения.

Представленный подход первоначально был опробован для выявления и систематизации методов решения ряда крупных задач: создания преобразования, обеспечения инвариантности преобразования к влиянию мешающих факторов, аналого-цифрового преобразования

[11, 12]. Последующее применение подхода к задаче, как таковой, позволило, выполнив первые два этапа подхода, установить цепочку логических связей от задачи к философским понятиям *Всеобщего* и *единичного*. В результате обобщения было предложено трактовать Всеобщее как *способное к внутренним изменениям целостное, отличное от которого отсутствует*. При этом для Всеобщего были отмечены и постулированы принципы возникновения возможностей, реализуемости этих возможностей и предпочтительности менее энергоёмких вариантов их реализации [12]. С этих же позиций единичное трактуется, как *целостное, отличное от остального*. Выполнение начальных шагов третьего этапа позволило сформировать иерархию видов единичных, а именно: единичное, как таковое, этапы его жизненного пути, наличие отличных друг от друга единичных, виды отношений и связей единичных и т.д. [12, 13]. Эта иерархия позднее была расширена за счёт включения в неё видов характеристик единичных (признаков, показателей, величин и констант) и природы этих характеристик: реальной (физической, духовной), псевдореальной (нефизической), и псевдодуховной, а также фантомной (не имеющей отношения к реальности) [13].

Выполненное дедуктивное построение позволило указать место задачи, как таковой, в общей картине видов единичных. Рассмотрение задачи в её предельно общем определении позволило детализировать этапы, связанные с решением задачи: постановка, выработка метода решения, формирование и эксплуатация (поддержание в состоянии пригодности для использования) средств выполнения действий метода, собственно выполнение действий метода, сбор результатов, их анализ и выводы из результатов анализа [13].

Выполненные исследования позволили сформировать «фундамент» целостного родовидового построения, которое носит трансдисциплинарный характер, поскольку не привязано к какой-либо дисциплине или группе дисциплин. Первоначальное выявление видов задач должно проводиться на высшем уровне обобщения, а полученные при этом результаты следует рассматривать как родовые для прочих видов задач. Соответственно, и методы решения задач, выявленные на высшем уровне рассмотрения, становятся родовыми для методов решения задач прочих видов.

Представленные здесь основы предлагаемого трансдисциплинарного подхода позволяют стереть границы между онтологией в её философском толковании (учение о сущем) и прикладными онтологиями (предметных областей, конкретных задач и сетей). Одной из центральных компонент прикладных онтологий является онтология проектирования, важной особенностью которой является «совместное исследование объекта, субъекта и среды проектирования, стремление к поиску формализмов и построению содержательных семантических моделей исследуемых процессов» [14].

Цель настоящей работы: выявление истоков, порождающих многообразие видов задач на высшем уровне рассмотрения и, как следствие, выявление и систематизация видов задач, непосредственно вытекающих из этих истоков (раздел 1). Рассмотрению основных методов решения задачи, как таковой, посвящён раздел 2. В разделе 3 рассмотрены ключевые виды задач, а в разделе 4 - методы решения ряда ключевых задач. Под ключевыми задачами понимаются простейшие задачи, комбинирование которых образует множество остальных задач, или иначе, совокупность задач, по которым может быть разложена любая задача.

1 Истоки многообразия задач.

Виды задач и их прототипы на высшем уровне обобщения

Из принятого определения задачи следует, что искомую систематизацию необходимо строить, исходя из понятия *потребности* – неотъемлемой характеристики субъекта (способного к творчеству активного единичного). Здесь творчество – это выход активного единич-

ного за пределы априори регламентированных правил поведения. Именно наличие потребности мотивирует субъекта к деятельности.

При рассмотрении истоков многообразия видов задач следует рассматривать в неразрывном единстве и задачи, и методы их решения. Действительно, выявление видов задач на каждом этапе систематизации является только первым шагом, за которым следует выявление и систематизация методов решения каждого из выявленных видов задач. Не детализированные ранее шаги методов порождают присущие этим шагам виды задач. Для новых видов задач выявляются методы их решения. Указанный цикл многократно повторяется, пока обнаруживаются ранее не рассмотренные (новые) виды задач.

Из того, что в роли потребности потенциально может выступать любой вид единичного, следует, что первичным истоком многообразия потребностей (а значит и видов задач) является многообразие видов единичных. Но тривиальный путь выявления и систематизации видов задач посредством примитивной конкретизации вида потребности не конструктивен в силу множественности видов единичных. Конструктивизм в соответствующий процесс вносит следование по пути генезиса, определяемого, как «рассмотрение процесса зарождения и последующего процесса развития»¹. Соответствующее теоретическое построение базируется на выявлении открывающихся возможностей и путей их реализации, тогда как традиционный путь в основном предусматривает обобщение накопленного опыта.

С позиций генезиса процесс выявления видов задач следует начинать с высших уровней, рассматривая последовательно открывающиеся на них возможности исчезновения потребности, при этом первоначально абстрагируясь от многообразия видов потребности, видов исходных данных, действующих видов условий решения и требований к их качеству. Такое абстрагирование отвечает переходу от конкретных задач к их обобщению, характеризующему только потребностью (результат такого обобщения обозначим как прототип).

Используемый здесь термин «исчезновение потребности» не случаен. Нетрудно заметить, что потребность может носить как желательный, так и нежелательный характер. В первом случае принято говорить об удовлетворении потребности, во втором – о необходимости избавления от нежелательного. Термин «исчезновение» объединяет оба случая.

Высший уровень проводимого рассмотрения, с позиций присущей субъекту степени осознания и осмысления, условно можно разбить на три слоя, связанных между собой родовидовыми отношениями. Первый слой характерен для любого субъекта, второй – для осознющего (способного к различению единичных) субъекта, третий – для мыслящего (способного к логическим выводам) субъекта. Очевидно, что потребности, проявляемые на первых двух слоях, могут быть положены в основу прототипов задач, и только на третьем слое – в основу собственно задач. При этом все прототипы предшествующих слоев автоматически преобразуются в соответствующие виды задач. В последующем тексте для наглядности виды потребностей, отвечающих видам прототипов задач и самим задачам, обозначены курсивом.

На первом слое субъекту, в общем случае, ещё не доступны возможности осознания и осмысления. Для удовлетворения потребности он способен только выполнять *действия*, а именно: осуществлять *сбор информации* (первично путём непосредственного *восприятия*), выполнять *преобразование* информации и реализовывать возможности активных действий, а именно: *использовать* другие единичные или *воздействовать* на них. Поскольку результатом активных действий может оказаться изменение (в том числе и исчезновение) потребности, то результат *обнаружения* (восприятия факта наличия единичного) событий, относящихся к потребности, становится указанием на необходимость или отсутствие дальнейшего выполнения активных действий. На данном слое многократное повторение пары потребность-действие отвечает слепому *поиску* (каждая подобная пара образует шаг поиска). Ре-

¹ *Генезис* - https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/2049/ГЕНЕЗИС.

зультат выполнения такой пары и/или последовательности таких пар образует опыт субъекта, порождая потребность в *сохранении* информации о полученном опыте (вне зависимости от его положительного или отрицательного результата). Наличие сохранённой информации открывает новый путь её сбора путём *извлечения* из накопленного опыта. Использование сохранённой и доступной (априорной) информации позволяет субъекту в дальнейшем существенно сократить энергозатраты, требуемые для исчезновения потребности.

Доступность извлечения сохранённой информации открывает возможность *передачи* и *обмена* опытом (на данном слое в основном генетическим путём). Возможность обмена дополнительно открывает возможность осуществлять *согласование* опыта разных субъектов, а также *передачу* опыта (в частности, *обучение*). Получение информации, в том числе и в результате обмена, позволяет проверить объективность (независимость от особенностей сбора информации конкретным субъектом) опытных данных. Возможности обмена порождают и метод *запроса*, предусматривающего отклик на запрос от единичного и, возможно, установление с ним связи.

Процедура извлечения информации на первом слое предусматривает *выбор* (выделение нужного единичного среди элементов множества) выполняемых активных действий, определяемых потребностью в изменениях состояния субъекта и его среды (единичных, находящихся в существенных связях с субъектом). Характер этих действий в первую очередь определяется отношением субъекта к этапам жизненного пути рассматриваемых единичных, а именно: их *появлению*, *существованию* или *исчезновению*. Указанное разделение на этапы впервые проявляется на родовых (по отношению к рассматриваемым слоям) уровнях обобщения. Значимость такого разделения иллюстрирует тот факт, что единство потребности в ослаблении (вплоть до исчезновения) единичных, препятствующих существованию данного единичного, и потребности в обеспечении существования этого единичного порождает *задачу обеспечения инвариантности* единичного к влиянию мешающих факторов.

Существование уже на первом слое различных прототипов открывает возможность их *комбинирования*, формируя очередной исток, порождающий виды потребностей, в дальнейшем преобразуемого в исток, порождающий виды задач.

Переход на слой осознающих субъектов открывает возможность *выявления* субъектом *связей*, имеющих место между потребностью и действиями, а способность оперировать образами порождает потребность в их *обозначениях* для повышения оперативности извлечения требуемой информации и обмена ею. Возможность различения субъектом единичных открывает возможность их *сравнения*, *разбиения* единичного на составляющие и *группировки* (выделение подмножеств в совокупности). Группировка также позволяет повысить энергетическую эффективность процесса выбора нужного единичного из совокупности. В свою очередь наличие групп позволяет осуществить *опознание* (отнесение обнаруженного единичного к одной из выделенных групп), а возможность выявления связей – *идентификацию* (установление тождественности обнаруженного единичного известному единичному) и *упорядочивание* (ранжирование) единичных. На первом слое единство задач обнаружения, опознания, идентификации, группировки, разбиения и выбора образует задачу *выявления* (установления ранее неизвестных субъекту фактов). По мере перехода на следующие слои открывающиеся возможности естественным образом позволяют пополнять перечень подзадач, входящих в задачу выявления.

Комбинирование группировки и обозначения открывает возможность *построения шкал*; шкалы с возможностью упорядочивания открывают возможность *оценивания*.

Использование на данном слое субъектом осознанных связей между потребностью и действиями в ряде случаев позволяет либо вовсе обойтись без процедуры поиска, либо существенно сократить число её шагов.

Осознание также позволяет субъекту разделять прошлое, настоящее и будущее и в соответствии с этим разделением организовывать свои действия.

Упомянутая потребность в *организации действий* (установление и координация энергетически эффективного порядка следования действий, в совокупности ориентированных на исчезновение потребности) на втором слое является прямым следствием комбинирования. Координация действий может, в частности, открывать возможность формирования синергетических свойств у совокупности действий и результата их выполнения.

Третий слой отвечает мыслящим субъектам, на котором, собственно, и возникает задача, а также потребность в её решении. При этом возникает задача *познания* (осмысление не отражённых в предшествующем опыте характеристик единичного). Научному познанию отвечает осмысление объективных характеристик единичного. На этом слое рассмотрение разделяемого на предыдущем слое прошлого, настоящего и будущего трансформируется в задачи *истории, получения текущей информации и прогноза*, соответственно. Наличие обозначений, возможность формирования на их основе связанных суждений на данном слое открывают путь формирования *описаний*. Разбиение, группировка и оценивание, кроме соответствующих им видов задач, порождают задачи *систематизации* (выявление логически обоснованных, упорядоченных связей между единичными) и *измерения* (в широком смысле – установление количественных значений, отвечающих упорядочиваемым характеристикам).

Предусмотренная проводимой процедурой независимость выявляемых видов прототипов (а впоследствии и задач) не является абсолютной, допуская для определённой потребности как рекурсивность процессов её исчезновения, так и использование для исчезновения одной потребности способов исчезновения другой потребности, не говоря уже об использовании существующих между отдельными потребностями иерархических и сетевых связей.

Решение задачи предусматривает выполнение ряда последовательных этапов, логически вытекающих из предшествующих этапов, начиная с потребности, как таковой: *сбор информации* о потребности и ситуации, в которой имеет место потребность, осмысление потребности и упомянутой ситуации, *формирование постановки задачи* на основе описания связанных с задачей единичных (потребности, исходных данных, условий решения и требований к его качеству), их характеристик и природы последних, *выявление метода* решения задачи, *формирование и эксплуатация средств выполнения действий* метода, *выполнение действий* метода, *сбор информации о результатах применения метода*, её *анализ и выводы*. Выводы включают в себя выявление новых задач, а также определение необходимости *сохранения* полученных сведений о решении задачи. Приведённый перечень этапов решения задачи также выступает в качестве истока, порождающего виды задач.

Из сказанного следует, что на уровне мыслящих субъектов задачи выработки и выполнения действий метода вытекают из прототипа «действие», задача получения первичной информации и сбора информации – из прототипа «восприятие», задачи анализа и вывода – из прототипа «выявление», задачи комбинирования, включая и организацию действий – из прототипа «комбинирование». Восприятие представляет собой единство получения первичной информации (в частности, из сенсорного сигнала), осознания и осмысления этой информации и формирования на этой основе образа (модельного, в частности эмоционального, представления) единичного.

Таким образом, первоначальным истоком видов задач является Всеобщее; именно конкретизация видов единичных, их характеристик и природы этих характеристик порождает множественные виды задач. Первоначальный исток порождает три ключевых истока: этапы жизненного пути единичного (появление, существование, исчезновение), отвечающие характеру потребности; комбинирование задач; этапы решения задачи. Значимость прототипов и видов задач тем выше, чем выше слой, на котором они впервые проявляются. Осмысление

возможностей, порождаемых этими истоками, позволяет определить сначала прототипы видов задач, а затем ключевые виды задач и методы их решения.

Каждый из видов задач, происхождение которых отражено в разделе, обладает собственной спецификой, наряду с общими моментами, относящимися к задаче, как таковой.

Результаты систематизации, выполненной в данном разделе, представлены на рисунке 1. На рисунке пунктирными линиями разделены слои, наименование которых приведено справа в графе «слои рассмотрения». Прототипы задач отвечают слоям 1 и 2, задачи – слою 3. Для ряда прототипов и задач введены краткие обозначения, выделенные жирным шрифтом. Эти обозначения позволяют указать связь между порождающими и порождёнными прототипами и задачами.

2 Основные методы решения задачи, как таковой

Особенностью методов решения задачи, как таковой, на высшем уровне рассмотрения является их независимость от вида потребности, вида исходных данных, условий решения и требований к его качеству. В данном разделе методы решения рассматриваются только исходя из истоков их происхождения, а не из обобщения накопленного опыта. Выявляемые в разделе методы для наглядности выделяются подчёркиванием.

Применительно к задаче, как таковой, использование при выявлении метода решения логических суждений открывает два пути. Первый путь состоит в использовании доступного опыта, реализуемого методом выбора (поиска либо запроса).

Нахождение путём выбора задачи, идентичной по потребности (эквивалентной) исходной и обладающей известным решением, допускает как использование результатов решения этой задачи, так и повторения действий метода решения найденной задачи. Выбор задачи, аналогичной исходной (т.е. обладающей рядом сходных характеристик), позволяет решать задачи, отталкиваясь от известного из опыта метода решения задачи-аналога (задачи-прототипа).

В качестве источника информации и для выбора, и для запроса могут выступать и характеристики потребности, и характеристики ситуации, в которой имеет место потребность.

В случае выбора по характеристикам потребности может открыться ряд ситуаций, некоторые из которых могут быть использованы либо в качестве приемлемых, либо в качестве аналогов для решения исходной задачи.

Альтернативным использованию опыта является путь решения «с чистого листа», предусматривающий выявление решения, непосредственно опирающегося на данные, имеющие отношение к задаче и, как правило, представленные в постановке.

Этот путь обозначим, как метод непосредственного решения задачи в целом. Непосредственный характер решения и целостность рассмотрения задачи указывают на две альтернативные возможности. Первая – косвенное, опосредствованное решение, предусматривающее решение другой задачи (с другими составляющими постановки, возможно и с другой потребностью), способствующее решению исходной задачи. Вторая возможность – решение по частям, предусматривающее разбиение (декомпозицию) исходной задачи (в понятиях исходной постановки) на частные задачи, совместное решение которых автоматически приводит к решению исходной задачи. Частным, энергетически эффективным случаем решения по частям является возможность такого разбиения задачи, при котором решение одной и той же частной задачи неоднократно используется при решении исходной задачи.

Решение с использованием задачи-аналога приводит к одному из разновидностей метода решения задачи по частям, при котором вторая часть состоит либо в решении задачи, из по-

требности которой исключены характеристики, исчезнувшие в результате решения аналогичной задачи, либо в модификации известного метода решения выбранной задачи-аналога.

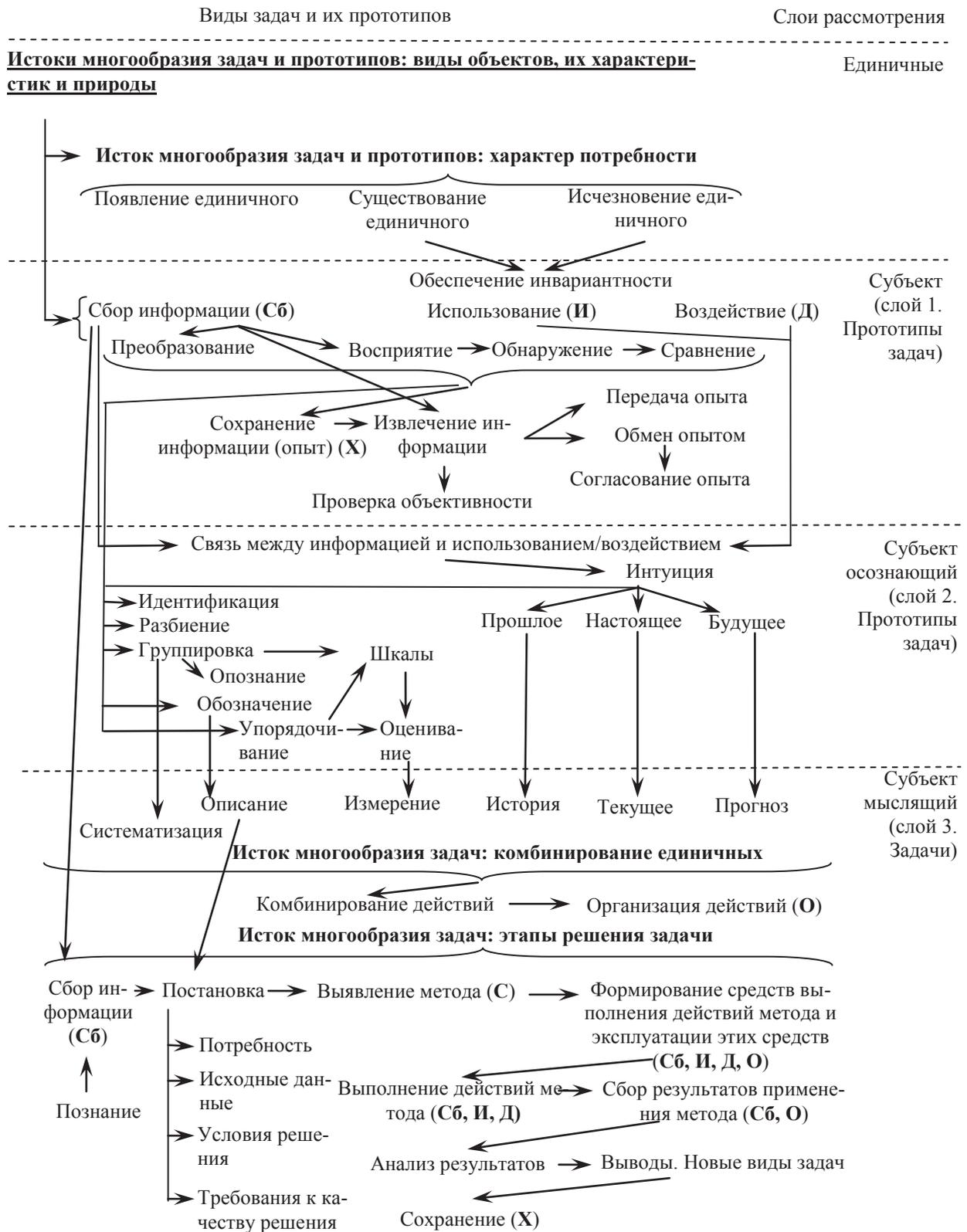


Рисунок 1 – Систематизация видов прототипов и видов задач на высшем уровне обобщения

Путь опосредствованного решения и путь декомпозиции приводят к непосредственному решению в целом, но уже применительно к задаче, отличающейся от исходной. Отсюда следует особая значимость методов непосредственного решения задачи в целом.

Стоит отметить важный момент, обусловленный возможностью распределения этапов решения задачи, как таковой, между разными субъектами. Каждый из этих этапов, равно как и использование на них различных методов, может выполняться разными субъектами (при условии согласования как выполняемых действий, так и использования результатов этих действий). Также допустимо и выполнение ряда подобных действий одним и тем же субъектом; если один субъект в состоянии выполнить все необходимые действия, то он вынужден, как правило, нести значительные энергетические и временные затраты, что целесообразно только в том случае, когда эти затраты не перекрываются затратами на связи субъектов и процессы согласования. Поэтому определение наилучшего варианта осуществляется в результате решения ранее не рассматриваемых задач *распределения решения задачи* между субъектами, *стимулирования субъектов на решение распределённых задач* и *согласования процессов решения этих задач*.

Схематично описанные возможности представлены на рисунке 2.

Рассматриваемые в работе методы, непосредственно происходящие из одного истока, независимы друг от друга. Это позволяет относиться к их совокупности, как к своеобразному базису, позволяющему комбинировать методы в непротиворечивых сочетаниях, определяемых особенностями путей исчезновения той или иной потребности.

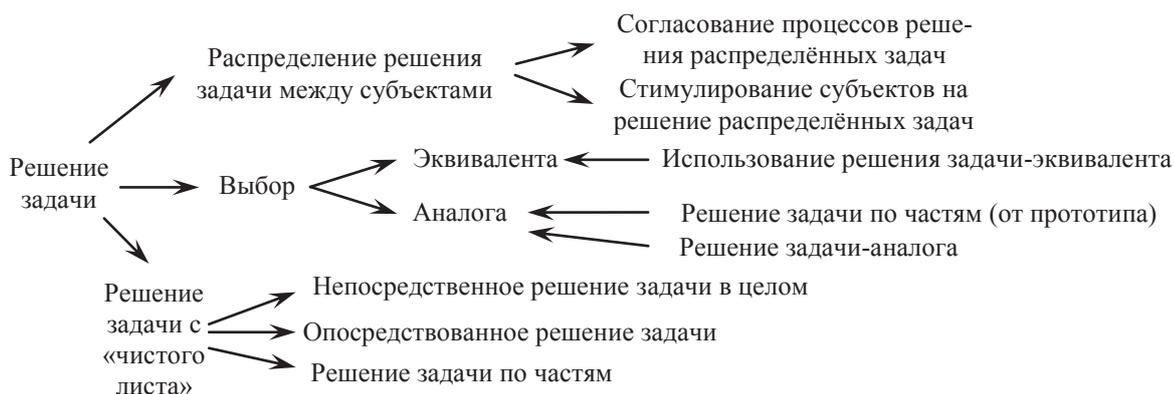


Рисунок 2 – Методы решения задачи, как таковой

2.1 Методы непосредственного решения задачи в целом

В общем случае при появлении потребности у субъекта отсутствуют гарантии реализации возможности её исчезновения. И перед решающим задачу субъектом открываются следующие пути: изменить самого себя до состояния, в котором исходная потребность перестанет восприниматься им, как потребность (путь адаптации к потребности); не изменяя себя, предварительно найти необходимые и/или достаточные условия существования решения (решить задачу существования); попытаться найти решение задачи в имеющихся условиях, не имея гарантии достижимости решения.

Решение задачи существования приводит либо к частному варианту решения обуславливающей задачи (обеспечение выполнения выявленных условий существования, дающих определённые гарантии исчезновения потребности или её ослабления) либо к разновидности метода решения задачи по частям. Решение задачи по частям в данной ситуации сводится к решению двух последовательных задач, первая из которых обеспечивает выполнение выяв-

ленных условий существования, которые в данном случае не дают гарантии полного исчезновения потребности, но позволяют уменьшить область рассматриваемых при решении ситуаций; вторая задача предусматривает включение в постановку новой задачи обязательность выполнения выявленных условий.

Решение задачи в исходной формулировке может опираться только на информацию, непосредственно относящуюся к задаче. Эта информация либо содержится в исходных данных постановки (априорная информация), либо определяется непосредственно в процессе решения задачи (апостериорная информация). Первое направление обозначим как естественное решение, второе – как искусственное.

Опора только на априорную информацию открывает два независимых метода выявления связанной совокупности допустимых действий, приводящих к исчезновению потребности: выбор (поиск или запрос) и логический вывод. Определение и выполнение метода решения только на основе априорной информации целесообразно при допущении о достоверности этой информации в течение всего процесса решения. Это допущение является весьма сильным ограничением.

Путь искусственного решения открывает новые возможности в силу того, что получаемая апостериорная информация позволяет конкретизировать текущую обстановку и действовать в соответствии с ней. Привязка осмысленных действий к текущей ситуации для обеспечения желаемого функционирования объекта позволяет обозначить соответствующие методы как методы управления. В качестве источника апостериорной информации может выступать как информация, непосредственно предшествующая действию (группе действий), так и информация, полученная после выполнения каждого действия.

Использование информации, предшествующей действию, идентично рассмотренному случаю решения на основе априорной информации. Но в данном случае достоверность этой информации относится только к отдельному действию или компактной группе действий, снимая жёсткое требование достоверности априорной информации на протяжении всего процесса решения. Соответствующий путь решения обозначен как путь управления с однократным получением апостериорной информации (путь прямого управления).

Использование информации, полученной после выполнения действия, открывает возможность определения факта исчезновения потребности или, при наличии количественных характеристик потребности, – степени её исчезновения. Именно эта возможность позволяет определить и предпочтительное направление действий, и момент окончания действий. Единство указанных возможностей позволяет действовать даже в условиях полного первоначального отсутствия информации, получая её в процессе выполнения отдельных шагов решения задачи. При этом началом каждого шага становится либо начало решения задачи, либо момент получения апостериорной информации, а окончанием – момент получения апостериорной информации, включая и окончание процесса решения. Соответствующий путь решения обозначен как путь управления с многократным получением апостериорной информации (путь многошагового управления).

Важным моментом управления с позиций энергетической эффективности является необходимость выполнения действий только при наличии потребности, которая может снова появляться после своего исчезновения. Соответствующая задача обозначена как задача *контроля* (обнаружения событий, определяющих необходимость управляющих действий, т.е. контролируемых событий); обнаружение событий, являющихся причиной появления контролируемых событий – как задача *диагностики*.

С позиций экономии энергетических ресурсов при выработке действий решения задачи выгодны методы, использующие повторяющиеся однотипные действия или группы действий, опирающиеся на информацию, известную к их началу; это приводит к итерационным

структурам. Стремление к экономии средств реализации действий итерационных методов приводит либо структуре с переключателями, либо к структуре с обратными связями.

Методы непосредственного решения задачи в целом представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Методы непосредственного решения задачи в целом

2.2 Методы опосредствованного решения задачи

При следовании по пути опосредствованного решения задачи открываются две возможности. Первая соответствует случаю, когда решение другой задачи автоматически приводит к решению исходной задачи. Это достижимо, когда другая задача либо эквивалентна (по потребности) первой, либо исходная задача является частным случаем другой задачи. Вторая возможность – осуществление перехода к другой задаче с необходимостью после её решения выполнения обратного перехода к исходной задаче. Первый путь обозначен, как решение обуславливающей задачи, второй – как опосредствованное решение с переходом и возвратом.

2.2.1 Методы перехода к обуславливающей задаче

Возможности перехода к обуславливающей задаче открываются при рассмотрении альтернатив описания потребности и ситуации, в которой она имеет место быть. При этом возникают следующие варианты.

Первый вариант предусматривает идентичность смыслового содержания потребности, лежащей в основе как исходной, так и обуславливающей задачи. В рамках этого варианта, который целесообразно обозначить как переход к задаче с идентичной потребностью, открываются следующие пути: а) переход к описанию потребности (в частности, ряда её характеристик) в других понятиях, что отвечает взгляду на потребность с новой стороны (эмпатия), и б) переход к ситуации с другими исходными данными, при которых исходная потребность исчезает или ослабевает. Вторая возможность в реальных условиях идентична обнаружению условий существования, упомянутому в разделе 2.1, при описании методов непосредственного решения задачи в целом. Но учёт специфики осознающего субъекта указывает также и на не рассмотренную ранее возможность выдвижения условий существования фантомной, вымышленной природы (продукта фантазии), включая и совокупность вымышленных действий по исчезновению потребности. При следовании по пути фантазии возникают новые

потребности – выработка *метода, реализующего вымышленные условия существования, либо средств реализации первоначально вымышленных действий по решению задачи.*

Второй вариант предусматривает рассмотрение потребности, существенно отличной от исходной. Обязательным требованием при следовании по второму варианту является наличие связи между двумя упомянутыми потребностями, действующими при тех или иных ограничениях или же вовсе без них. Основанием для выявления такой опосредствованной потребности является рассмотрение альтернативных возможностей, вытекающих из упомянутого во введении мировоззренческого «фундамента». Так, факт существования дополнения единичного до целого указывает на возможность перехода к задаче, потребность которой состоит в отрицании исходной потребности,

Факт единства в задаче исходных данных и потребности указывает на возможность перехода к опосредствованной задаче, для которой потребность выступает в роли исходных данных, а исходные данные в роли потребности (инверсия задачи), т.е. задача исходит из ситуации, в которой первоначальная потребность выступает в роли исходных данных. Условием действенности метода инверсии является требование обратимости действий решения инверсной задачи хотя бы по одной последовательной совокупности используемых действий.

Осознание субъектом потребности, как единичного, открывает возможность рассмотрения состояния текущей ситуации, обусловленной исходными данными задачи и действиями субъекта, с позиций отличия этого состояния от осмысленного состояния, отвечающего исчезновению потребности. Опосредствованная потребность при этом описывается как отклонение от желаемого результата решения задачи.

Рассмотрение исходной потребности, как результат наличия другой потребности, указывает ещё одно направление выявления опосредствованной задачи. Если рассматриваемая связь потребностей носит двусторонний характер, то речь идёт либо об опосредствованной потребности, отвечающей обобщённой формулировке (выявление опосредствованной задачи путём обобщения исходной задачи), либо о потребности, находящейся с исходной в необходимой и достаточной связи (выявление другой задачи путём выявления взаимообуславливающих связей). Иной способ выявления обуславливающей задачи проявляется в случае, когда связь обуславливающей и исходной потребностей носит односторонний, причинно-следственный характер. Этот способ сводится к задаче *выявления причин появления исходной потребности.*

Методы перехода к обуславливающей задаче представлены на рисунке 4.

2.2.2 Методы решения задачи с переходом и возвратом

Рассматриваемые здесь методы предусматривают переход к способу описания ситуации, качественно отличному от способа описания, характерного для исходной задачи, решения задачи в новых условиях и последующему возврату к описанию результата решения в исходных понятиях.

Эффективность метода определяется наличием обратимого перехода к новому способу описания в сочетании со сравнительной простотой решения задачи при новом способе её описания. Таким образом, ключевой задачей при следовании этому методу является выявление такого перехода вместе со строгим обоснованием его правил.

На высшем уровне обобщения просматриваются две возможности решения с переходом и возвратом.

Первая возможность использует допустимость существования описания задачи в других понятиях, взаимно однозначно связанных с исходным описанием задачи. Такой переход целесообразен, когда решение задачи в новом описании проще или энергетически эффективней решения исходной задачи. Важный частный случай этой возможности состоит в переходе от

описания исходной ситуации к её имитации (модели), касающейся как самой потребности, так и ситуации, отвечающей исходной задаче. При этом существенным отличием исходной задачи от имитации является допустимость наличия у последней характеристик, природа которых качественно отлична от природы соответствующих характеристик исходной задачи.

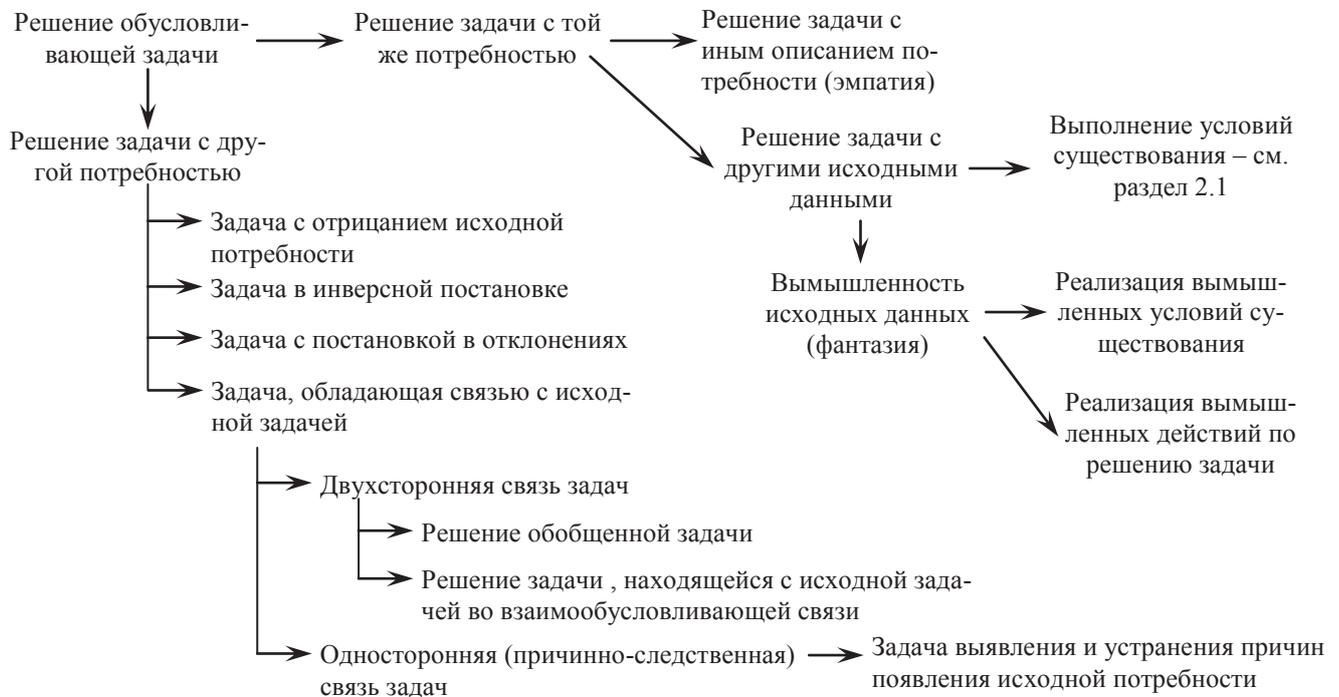


Рисунок 4 – Методы перехода к обуславливающей задаче

Вторая возможность предоставляется при переходе к задаче более высокого уровня обобщения, её решения, а затем конкретизации результатов выполненного решения на основе специфики исходной задачи. Примером использования второй возможности является последовательность процедуры обобщения, выявления методов решения на высшем уровне из достигнутых уровней обобщения с последующим переходом на нижерасположенные уровни.

Использование модели позволяет до получения решения исходной задачи не только предварительно оценивать результаты планируемых действий по степени исчезновения потребности, но и выявлять наиболее эффективную совокупность действий в каждой текущей ситуации.

Процесс систематизации видов моделей приобретает следующий вид.

«Фундамент» построения и результаты выполненной ранее систематизации видов задач указывают на два независимых источника получения сведений для построения модели.

Первый источник – результаты предшествующего познания характеристик потребности и описанной в задаче ситуации, включая и связи этих характеристик. Модели, отвечающие первому источнику, опираются на фундаментальные закономерности и фундаментальные константы, имеющие отношение к задаче.

Второй источник – результаты восприятия характеристик множества ранее возникших ситуаций, имеющих отношение к задаче, но без их предварительного осмысления. Особенность использования второго источника - необходимость допущения о возможности вынесения суждения о состоянии потребности по совокупности ближайших к ней ситуаций из множества ситуаций, встречавшихся ранее. В частности, для такого суждения могут использо-

ваться как возможности интер- и экстраполирования опытных данных на текущую ситуацию либо допустимость считать характеристики рассматриваемой ситуации идентичными характеристикам ближайшей ситуации (по совокупности характеристик) из известных ситуаций.

Особо следует отметить возможность повышения энергетической эффективности моделей, формируемых в рамках второго источника, за счёт типизации групп действий.

Только следование путям, вытекающим из второго источника, допускает использование адаптивных моделей, которые опираются на расширение по мере решения задачи множества известных ситуаций и состояний потребности в новых ситуациях. Задача в данном случае состоит в выявлении наиболее эффективной в энергетическом смысле процедуры адаптации модели к изменяющимся обстоятельствам решения. Если используемая модель характеризуется определённой структурой (совокупностью характеристик и связей между ними), то открывается возможность как структурной, так и параметрической адаптации (здесь параметр – количественная псевдореальная характеристика описания, позволяющая путём её варьирования осуществлять переход между описаниями разных ситуаций).

При следовании по путям, исходящим из обоих источников, просматриваются возможности, открывающиеся при группировке (разбиение множества допустимых ситуаций на подмножества). Естественно, что с уменьшением объёма множества следует ожидать снижения сложности формируемого модельного описания, что делает построение каждого из таких описаний зачастую энергетически более выгодным. Трудности, возникающие на пути разбиения, обусловлены необходимостью решения задачи, связанной со стыковкой результатов моделирования на границах областей, а также задачи опознания (определения подмножества, к которому относится текущая ситуация).

Возможности иерархической систематизации влияния различных характеристик ситуации на состояние потребности открывают путь построения моделей, обладающих иерархической структурой, когда влияние одних факторов на потребность осуществляется косвенно, через другие факторы, стоящие выше по иерархии. Иерархические модели могут порождаться как первым, так и вторым источником.

Средства реализации моделей могут обладать как реальной, так и псевдореальной природой. В первом случае принято говорить об аналоговых моделях, во втором – об информационных моделях.

Методы моделирования представлены на рисунке 5.

Методы моделирования

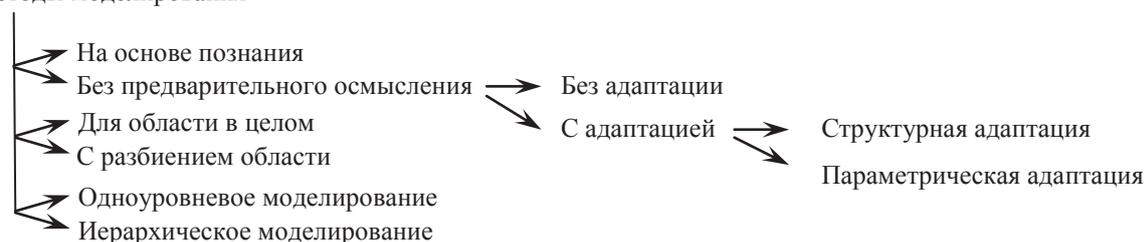


Рисунок 5 – Методы моделирования

Методы опосредствованного решения задач отвечают обобщению до высших уровней методов теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) (см., например, [15]), суть которых состоит в переформулировке исходной задачи таким образом, чтобы новая формулировка отсекала бесперспективные и неэффективные пути решения.

3 Ключевые виды задач

Перечень ключевых задач включает: получение первичной информации, преобразование, сравнение, использование, воздействие, обнаружение, познание, обозначение, сохранение, извлечение, группировку, разбиение, поиск, запрос, комбинирование, выбор, опознание, описание, сбор информации, выработку метода решения, формирование средств реализации метода, организацию функционирования средств метода, распределение между субъектами действий по решению задачи, выполнение действий метода, анализ результатов решения задачи, появление единичного, обеспечение исчезновения единичного, обеспечение существования единичного. Приведённый порядок перечисления ключевых задач определяется по следующему принципу: хотя бы один из возможных методов решения данной задачи ограничивается решением только предшествующих задач (если таковые существуют).

В общем случае под понятие «комбинирование» теоретически подпадают формирование любой целостной совокупности как связанных задач, так и связанных действий, образующих любые методы решения. Но при таком толковании теряется конструктивная значимость комбинирования, как истока, порождающего виды задач. Чтобы преодолеть избыточность этого понятия, целесообразно рассматривать *комбинирование в узком смысле*, имея в виду комбинирование *ключевых* задач или совокупности действий, связанных с решением *ключевых* задач. Введённое в определение дополнительное требование позволяет в первую очередь ориентироваться на рассмотрении исключительно методов связи ключевых задач, чтобы в дальнейшем рассматривать эти методы в качестве родовых методов комбинирования в общем случае.

Пути решения, найденные интуитивно, в подавляющем большинстве случаев впоследствии могут быть логически обоснованы, и, следовательно, эти пути должны обладать собственным местом в рамках выполняемого построения.

Методы решения ряда указанных ключевых задач представлены в литературе (см., например, [16-18]), другие нуждаются в выполнении соответствующих исследований. Важно переосмыслить методы решения этих задач с позиции целостности Всеобщего, сведя тем самым теоретические построения в логически прозрачную систему знаний, базирующуюся на едином «фундаменте».

При этом необходимо генетически отслеживать процесс зарождения и пути развития возможных методов решения каждого ключевого вида задачи. Значимость такого построения следует из того, что любые возникающие задачи при своём решении в том или ином виде используют ключевые задачи и их комбинации. Генетически выстроенная (естественная) систематизация методов решения ключевых задач позволяет, выходя за пределы известных из опыта путей, проследить все открывающиеся при этом возможности.

Ключевые задачи в силу их независимости образуют своеобразную систему координат, по которой раскладывается любая из возможных задач. При этом отслеживаются возможные пути решения исходной задачи и, следовательно, открывается возможность поиска и выбора наиболее эффективных путей решения.

4 Методы решения ключевых задач

Намеченный путь требует выявления и систематизации специфических методов решения ключевых задач. В настоящей статье рассмотрены только методы решения задачи поиска – одна из ключевых задач приведённого перечня.

Рассмотрению разнообразных методов поиска посвящено значительное число работ, из которых следует выделить [19]. Специфическая потребность задачи поиска состоит в нахождении среди элементов рассматриваемого множества одного или нескольких элементов,

наиболее полно отвечающих априори заданным требованиям. Соответственно процедура упомянутого нахождения требует выполнения последовательности шагов, каждый из которых после своего завершения допускает действия, направленные на получение информации о соответствии достигнутого результата требованиям. Необходимость такой последовательности указывает на близкое родство методов поиска с методами многошагового управления и возможность распространения на них всех закономерностей методов поиска. Как и для многошагового управления, такая структура поиска придаёт каждому шагу относительно независимый характер. Эта независимость проявляется в возможности смены метода при переходе к следующему шагу. Но поскольку каждая такая смена требует дополнительных энергетических затрат, а общие энергозатраты на весь поиск определяются суммированием затрат по всем шагам, то возможности снижения затрат реализуются либо путём сокращения числа требуемых шагов, либо за счёт отказа от излишней смены методов, т.е. за счёт согласованности и типизации процедур выполнения шагов. Оптимальное решение достигается в рамках компромисса между этими двумя путями.

Важными моментами, влияющими на методы шагов поиска, является сложность априори заданных требований, а также число варьируемых независимых факторов, влияющих на степень исчезновения потребности. Многофакторный поиск более сложен, поскольку дополнительно требует учитывать степень влияния каждого фактора на состояние потребности.

В соответствии с генетическим принципом систематизации потребности и виды задач разбиты на три иерархически связанных слоя (слои 1, 2, 3, указанные на рисунке 1 справа).

Для первого слоя потребность не может быть ранжирована (оценена) по степени её исчезновения. Следствием этого является возможность только двух путей поиска: случайного или регулярного (проводимого по заранее заданным правилам); частным случаем последнего является полный последовательный перебор (сканирование). В этих условиях использование априорной информации сводится только к блокированию возможности повторения ранее выполненных действий.

Для второго слоя открывается возможность определения ранжируемой степени исчезновения потребности (критерия) в разных точках области поиска. Это открывает возможность определения (на основе информации, доступной к началу шага) действий, целенаправленно ориентированных на повышение упомянутой степени. Чем более полно используется эта информация, тем более эффективна (по числу шагов) процедура как регулярного, так и случайного поиска. При реализации этой возможности возникает необходимость достижения компромисса между количеством используемой априорной (по отношению к текущему шагу) информации с одной стороны, а с другой – эффективностью её влияния на поиск, поскольку увеличение количества используемой априорной информации требует дополнительных энергетических затрат. Это приводит к появлению процедур с использованием информации, полученной на ограниченном ряде шагов поиска, как правило, непосредственно предшествующих данному шагу.

При наличии единственной варьируемой характеристики, регулирующей критерий поиска (однофакторный поиск), открываются следующие возможности: изменение направления шага поиска и его интенсивности; использование инерциальности шагов поиска, т.е. учёта оценки (веса) значимости результатов предшествующих шагов в зависимости от их удаления от текущего шага поиска. Безынерциальный поиск предполагает значимость для текущего шага результата только предшествующего шага.

При наличии множества варьируемых характеристик (многофакторный поиск) ключевым моментом становится определение направления перемещения в области поиска, обеспечивающего повышение степени исчезновения потребности. Определение этого направления

при отсутствии априорной информации осуществимо только после выполнения совокупности шагов в различных направлениях.

На третьем слое открывается возможность указания количественной характеристики оценки (значения) критерия поиска и значений факторов, как влияющих на потребность, так и отвечающих характеристикам области поиска. Это позволяет повысить эффективность поиска и по числу шагов, и по снижению энергозатрат на каждый шаг. Использование возможности аппроксимации поведения критерия по результатам ранее выполненных шагов позволяет сократить число шагов поиска за счёт расчёта местоположения ситуации с наибольшей степенью исчезновения потребности.

При выполнении поиска по единственной варьируемой характеристике на третьем уровне открывается возможность минимизировать число требуемых шагов. В частности, процедуры, использующие числа Фибоначчи и их аналоги, например, числа «трибоначчи»; близкие к ним результаты по числу шагов даёт метод золотого сечения, который обеспечивает дополнительное повышение энергоэффективности поиска за счёт типизации шагов.

Для многофакторного поиска использование при определении направления шагов малой протяженности приводит к множественным аналогам градиентного метода, при большой протяженности шагов – к различным вариантам перемещения вершин многогранника (симплекс-процедуры или процедуры с деформируемыми многогранниками).

Многофакторный поиск открывает ряд дополнительных возможностей, связанных с комбинированием различных методов выполнения шагов поиска. Для пояснения достаточно привести два примера такого комбинирования.

Первый пример: а) на первом шаге поиска определяется направление действий, приводящее к увеличению степени исчезновения потребности и движение в этом направлении; б) продолжение движения в этом же направлении, пока не будет достигнута максимальная степень исчезновения потребности. В дальнейшем процесс поиска повторяется с шага а) от наилучшей точки предшествующего поиска. Частным вариантом первого примера является покоординатный метод поиска.

Второй пример: а) разбиение области поиска на подобласти, поведение потребности на каждой из которых обладает спецификой, упрощающей процедуру поиска в этой подобласти; б) опознание текущей ситуации (отнесение её к определённой подобласти); в) выполнение поиска в выделенной подобласти. При выходе в процессе поиска из этой области поиск снова начинается с этапа б). Этому примеру, в частности, отвечает известный метод координированного уравнивания [20].

Дальнейшее повышение эффективности поиска может быть достигнуто путём максимального использования априорной информации о поведении критерия в области поиска. Так, наличие информации о существовании единственной ситуации с допустимым значением критерия исключает необходимость отыскания множества ситуаций, конкурирующих друг с другом по степени исчезновения потребности. Наличие информации о монотонности поведения критерия в области позволяет перевести задачу поиска во всей области поиска в задачу поиска только по границе области, снизив при этом число независимо варьируемых факторов, а значит, повысив энергоэффективность поиска. Пример организации поиска по границам даёт метод линейного программирования. В связи со сказанным становится актуальной опосредствованная задача перевода поиска в область, в которой гарантированно имеет место монотонность степени исчезновения потребности, в частности, перевода в область с линейной зависимостью потребности от влияющих факторов (линеаризация).

Отдельно следует остановиться на особенностях поиска на дискретном множестве. Здесь возникают две возможности.

- Осуществление поиска на непрерывном множестве, частью которого является дискретное множество. В рамках этой возможности завершением каждого шага поиска или группы таких шагов является переход к ближайшей (по совокупности факторов или по расстоянию) из ранее не пройденных ситуаций дискретного множества. Определение ближайшей ситуации является отдельной задачей, решаемой или на основе априорной информации, или также путём выбора, но уже в окрестности результата поиска.
- Осуществление поиска исключительно на дискретном множестве. В этом случае каждый шаг осуществляется на основе априорной информации о характеристиках этого множества и связи между его элементами. Такой шаг не выводит результат за пределы дискретного множества. В качестве поясняющего примера следования по этому пути можно привести метод помехоустойчивого декодирования, основанный на поиске глобального оптимума на дискретном множестве [21].

В случае поиска при сложной потребности (многокритериальный поиск), образованной совокупностью независимых равнозначимых или разнозначимых потребностей необходимо решить дополнительную задачу нахождения допустимого компромисса между степенями исчезновения разных потребностей. При этом открываются следующие возможности: а) сведение сложной потребности к простой, формируемой за счёт придания весовой оценки каждой составляющей сложной потребности и указания способа их комбинирования в простую потребность; б) сравнение разных ситуаций по степени исчезновения каждой из составляющих сложной потребности и отсечение менее приемлемых ситуаций. В данном случае отличие состоит только в том, что каждый шаг поиска должен завершаться сопоставлением степеней исчезновения разных составляющих потребности. Если в результате шага все степени исчезновения одновременно возрастают, то шаг считается удачным и ситуация, отвечающая началу шага, исключается из дальнейшего рассмотрения. В противном случае поиск продолжается до тех пор, пока либо все возможные шаги поиска не будут исчерпаны, либо не будут достигнуты удовлетворительные степени исчезновения каждой составляющей или групп составляющих потребности. В результате такой процедуры формируется некоторое множество ситуаций, не имеющих друг перед другом преимуществ по всей совокупности составляющих сложной потребности. Выбор наиболее предпочтительной ситуации в этом варианте поиска остаётся за субъектом или осуществляется с учётом априори задаваемой весовой значимости каждой составляющей потребности. Характерным примером поиска по пути б) является широко используемый в экономике метод формирования множеств Парето, ориентированный на сокращение числа рассматриваемых альтернативных вариантов [22].

В случае, когда на область поиска наложены ограничения, открываются две возможности. Первая возможность состоит в прямом запрете на выход из области, осуществляемом либо путём задания закономерностей выполнения шагов, априори не выводящих результат шага за пределы области, либо путём проверки факта нахождения в области после каждого шага. Вторая возможность отвечает опосредствованному запрету, сводящемуся к наложению штрафных санкций на состояние потребности за факт такого выхода.

Классификация непосредственных методов поиска представлена на рисунке 6.

Заключение

Предлагаемый путь выявления и систематизации видов задачи и методов их решения, исходящий из целостной картины видов единичных, видов задач и методов их решения, отвечает современному процессу интегрирования различных частных решений в единое целое.

Центральным моментом разрабатываемого направления является предложение в области деятельности опираться на понятие задачи, как таковой, и на методы её решения. Этот мо-

мент отвечает систематизации задач, исходя из общности методов их решения, что, в свою очередь, открывает новые горизонты конструктивного синтеза, основанные на разложении решаемой задачи по ключевым задачам и комбинировании методов их решения. Это позволяет рассматривать частные онтологии с единой точки зрения.

Известные из литературы результаты используются в основном для контроля правильности логических выводов, а также для того, чтобы отметить актуальность тех или иных выявленных крупных классов задач, определить направления дальнейших исследований.

Приведённые в статье результаты исследования в полной мере отвечают современному взгляду на научную картину мира в её постнеклассическом понимании [23].

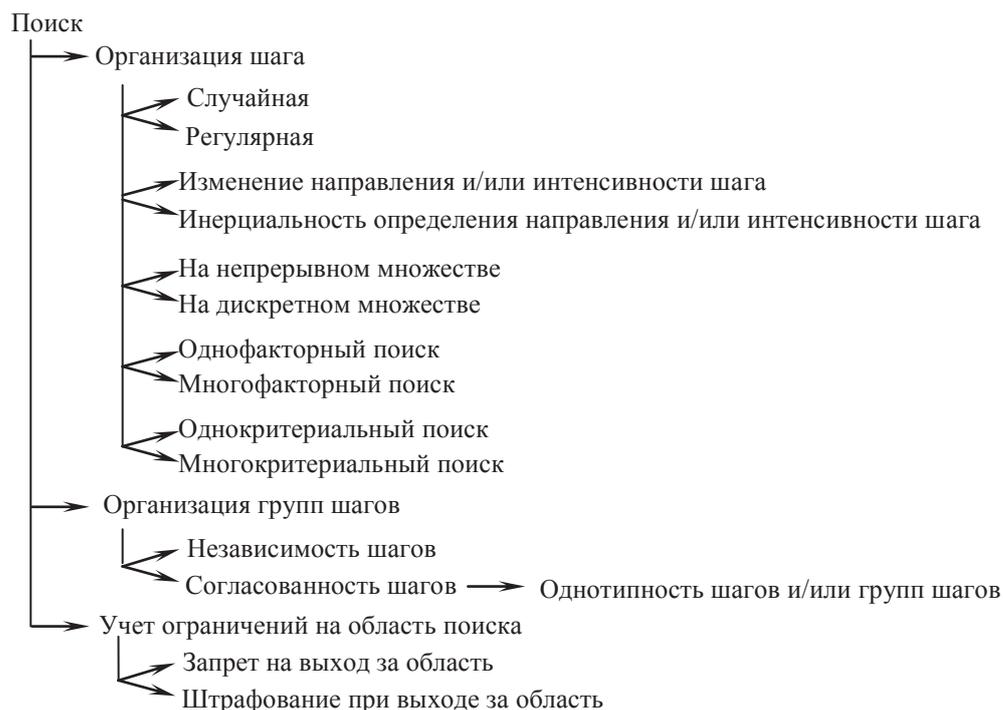


Рисунок 6 – Классификация независимых непосредственных методов поиска

Следование предложенному подходу позволит рассматривать совокупность понятий, относящихся, в частности, к онтологии проектирования, например отражённых в [24], как с позиций накопленного опыта, так и с точки зрения их происхождения. К сожалению, в известных работах (например, [25-28] и множестве других) не нашлось места попыткам отыскания логически прозрачных связей, позволяющих охватить эту картину целиком. Отсюда предлагаемый авторами девиз: «от онтологии Всеобщего, через онтологию задач и методов их решения к онтологиям предметных областей и их комбинаций».

Авторы надеются, что материал статьи явится стимулом к дискуссии и дальнейшим исследованиям, направленным на сведение в единое целое множественных предметных онтологий в различных областях знаний в рамках всеобщей трансдисциплинарной концепции.

Список источников

- [1] *Князева, Е.Н.* Трансдисциплинарные стратегии исследований / Е.Н. Князева // Вестник Томского государственного педагогического института (ТГПИ). – 2011. – 10(112). – с.193-201.
- [2] *Лепский, В.Е.* Философия и методология управления в контексте развития научной рациональности / В.Е. Лепский // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления. – М. 2014 – с. 7785-7796.

- [3] **Новиков, А.М.** Методология. Изд. 2-е испр. / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. - М.: Красанд. – 2014. – 632 с.
- [4] **Белов, М.В.** Методология комплексной деятельности / М.В. Белов, Д.А. Новиков. - М.: Ленанд. – 2017. – 320 с.
- [5] **Белов, М.В.** Основы теории комплексной деятельности. Ч. 1. Структуры комплексной деятельности. Неопределенность и порождение комплексной деятельности / М.В. Белов, Д.А. Новиков // М. – Проблемы управления. 2018.- №4.- С. 36-45
- [6] **Белов, М.В.** Основы теории комплексной деятельности. Ч.2. Жизненные циклы комплексной деятельности. Организация и управление как комплексная деятельность / М.В. Белов, Д.А. Новиков // М. – Проблемы управления. 2018. №5. С.39-48.
- [7] **Алиев, Т.М.** Автоматическая коррекция погрешностей цифровых измерительных приборов / Алиев Т.М., Л.Р. Сейдель. Москва: Энергия. – 1975.
- [8] **Бромберг, Э.М.** Тестовые методы повышения точности измерений / Э.М. Бромберг, К.Л.Куликовский // М. – Энергия. – 1978. – 222 с.
- [9] **Волгин, Л.И.** Топологические преобразования и синтез схем радиоэлектронных средств / Л.И. Волгин // Поволжский технологический институт сервиса. – Тольятти. – 2000. – 173 с
- [10] **Berman, A.F.** The Ontology Model for Automating the Solution of Multidisciplinary Research Tasks / A.F. Berman, O.A. Nikolaychuk, A.I. Pavlov // V-th International workshop "Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-based, Cloud Computing and Cyber Security" (IWCI 2018) <https://www.atlantipress.com/proceedings/iwci-18/25899792>.
- [11] **Кнеллер, В.Ю.** Общие методы преобразования величин: выявление и систематизация / В.Ю. Кнеллер, А.М. Фаянс // Датчики и системы. 2011. №11. – С. 64-75.
- [12] **Кнеллер, В.Ю.** О подходе к систематизации задач и методов их решения / В.Ю. Кнеллер, А.М. Фаянс // Труды XIII Всероссийского Совещания по проблемам управления (ВСПУ-2019), Россия, ИПУ РАН. Москва 17-20 июня 2019 г.
- [13] **Vladimir Yu. Kneller.** Solving interdisciplinary tasks: the challenge and the ways to surmount it / Vladimir Yu. Kneller, Alexander V. Fayans // Journal of Physics: Conference Series. Joint IMEKO TC1-TC7-TC13-TC18 Symposium 2–5 July 2019, St Petersburg, Russian Federation.
- [14] **Боргест, Н.М.** Границы онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №1(23). – С. 7-33. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [15] **Альтшуллер, Г.С.** Найти идею: Введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач, 3-е изд. / Г.С. Альтшуллер // М.: Альпина Паблишер. – 2010. – с. 392.
- [16] **Кочергин, А.Н.** Методы и формы познания /А.Н. Кочергин // М. – Наука – 1990.
- [17] **Лотман, Ю.М.** Семiosфера / Ю. М. Лотман // СПб. – Искусство-СПБ. – 2010.
- [18] **Гудков, П.А.** Методы сравнительного анализа. Учеб. пособие./ П. А. Гудков// Пенза. – Изд-во Пенз. гос. ун-та. – 2008. – 81 с.
- [19] **Поляк, Б.Т.** Введение в оптимизацию / Б.Т. Поляк // М. : Наука, 1983. - 384 с.
- [20] **Кнеллер, В.Ю.** Автоматические измерители комплексных величин с координированным уравниванием/ В.Ю. Кнеллер, Ю.Р. Агамалов, А.А. Десова // М.-Л. – Энергия. – 1975. – 168 с.
- [21] **Золотарев, В.В.** Теория кодирования как задача поиска глобального экстремума / В.В. Золотарев // М. – Горячая линия – Телеком. – 2018. – 221 с
- [22] **Подиновский, В.В.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский В.В., В.Д. Ногин // М. – Наука. – 1982.
- [23] **Афанасьева, В.В.** Постнеклассическая онтология / В.В. Афанасьева, Н.С. Анисимов // Вопросы философии. – 2015. – №8. – С. 28-41.
- [24] **Боргест, Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. 2013. 3(9) – С. 97-31.
- [25] **Chandrasekaran, B.** Ontology of Tasks and Methods / B. Chandrasekaran, J. R. Josephson, V. Richard Benjamins // 1998. – <http://web.cse.ohio-state.edu/~chandrasekaran.1/Ontology-of-Tasks-Methods.PDF>.
- [26] **Ikeda, M.** Task ontology: Ontology for building conceptual problem solving models / M. Ikeda, K. Seta, O. Kakusho, R. Mizogushi // 1999. – <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/ikeda/ikeda-KAIS98.pdf>.
- [27] **Fensel, D.** Using Ontologies For Defining Tasks, Problem-Solving Methods and Their Mappings / D. Fensel, E. Motta, S. Decker, Z. Zdráhal // In book: Knowledge Acquisition, Modeling and Management (pp.113-128). – April 2006.
- [28] **Martins, A.F.** Models for Representing Task Ontologies / A.F. Martins, R.A. Falbo // 2008. – <http://ceur-ws.org/Vol-427/paper4.pdf>.

Сведения об авторах



Фаянс Александр Михайлович, 1948 г. рождения. Окончил Московский физико-технический институт в 1972 г. Научный сотрудник Института проблем управления РАН. В списке научных трудов более 30 работ и изобретений в области измерительной техники и преобразования информации. Author ID (РИНЦ): 766983. Author ID (Scopus): 57006695900. alfayans@mail.ru.

Кнеллер Владимир Юрьевич, 1929 г. рождения, Окончил Харьковский политехнический институт в 1951 году. Главный научный сотрудник

Института проблем управления РАН, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии СССР. Автор 3 монографий, более 140 научных работ и изобретений в области измерительной техники, контроля и приборостроения. Author ID (РИНЦ): 2294. Author ID (Scopus): 6506635055. vknelлер@ipu.ru.



Поступила в редакцию 08.08.2020, после рецензирования 10.09.2020. Принята к публикации 17.09.2020.

About the ontology of task types and methods of their solution

A.M. Fayans, V.Yu. Kneller

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract

The article develops the version of the transdisciplinary approach proposed at the V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences focused on identifying and systematizing the types of tasks and methods for their solution. This approach starting from the task, as such, ascends inductively from the concept of the task through the concept of the single to the Universal, then allowing deductively identify and systematize the types of singles, establishing the place of tasks in this construction. The possibility of identifying and systematizing the types of tasks that are qualitatively different in methods of solution, based on the sources that generate these tasks, is considered. A procedure for identifying and systematizing key types of tasks is presented, on which any other tasks can be decomposed. In accordance with the decomposition procedure, the methods and properties of methods for solving key tasks determine the methods and properties of methods for solving tasks combined on their basis. The consistency of the proposed way of systematization with the known ontological constructions follows from the inductive-deductive procedure for tracing the sources of the foundations of concepts and provisions underlying various ontological constructions. This makes it possible to determine the place of the mentioned foundations in the formed integral picture of the types of singles, types of tasks and methods from the solution, and hence the place in this picture of the considered ontological constructions. Potential capabilities opened up on the way of further following the transdisciplinary approach are revealed; the directions of further research are indicated, allowing in the future to develop an extremely formalizable technology for the synthesis of methods for solving various problems.

Key words: *ontology, systematization, types of tasks, methods for solving tasks, purposeful activity, transdisciplinary approach.*

Citation: *Fayans AM, Kneller VYu. About the ontology of task types and methods of their solution [In Russian]. Ontology of designing. 2020; 10(3): 273-295. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-273-295.*

List of figures

- Figure 1 - Systematization of prototypes types and tasks types at the highest level of generalization
- Figure 2 - Methods for solving the task, as such
- Figure 3 - Methods for direct solution of the problem as a whole
- Figure 4 - Methods for the transition to the conditioning task
- Figure 5 - Methods of modeling
- Figure 6 - Classification of independent direct search methods

References

- [1] **Knyazeva EN.** Transdisciplinary research strategies [In Russian]. Bulletin of Tomsk State Pedagogical Institute (TSPI). 2011; 10(112): 193-201.
- [2] **Lepskiy VE.** Philosophy and methodology of control in the context of the development of scientific rationality [In Russian]. Proceedings of the XII All-Russian Conference on Control Problems. Moscow. 2014. P.7785-7796.
- [3] **Novikov AM, Novikov DA.** Methodology. Ed. 2nd rev. [In Russian]. Moscow. Krasand. 2014. 632 p.
- [4] **Belov MV, Novikov DA.** Methodology of Integrated activity [In Russian]. Moscow. Lenand. 2017. 320 p.
- [5] **Belov MV, Novikov DA.** Fundamentals of the theory of complex activity. P. 1. Complex activity structures. Uncertainty and the generation of complex activities [In Russian]. Moscow. *Control Sciencies*. 2018: 4: 36-45.
- [6] **Belov MV, Novikov DA.** Fundamentals of the theory of complex activity. P.2. Life Cycles of Complex Activities. Organization and control as a complex activity [In Russian]. Moscow. *Control Sciencies*. 2018: 5: 39-48.
- [7] **Aliiev TM, Seidel LR.** Automatic error correction of digital measuring devices [In Russian]. Moscow. Energiya. 1975.
- [8] **Bromberg EM, Kulikovskiy KL.** Test methods for improving measurement accuracy [In Russian]. Moscow. Energiya. 1978. 222 p.
- [9] **Volgin LI.** Topological transformations and synthesis of circuits of radio electronic facilities [In Russian]. Povolzhskiy Technological Institute of Service. Tolyatti. 2000. 173 p.
- [10] **Berman AF, Nikolaychuk OA, Pavlov AI.** The Ontology Model for Automating the Solution of Multidisciplinary Research Tasks. V-th International workshop "Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-based, Cloud Computing and Cyber Security" (IWCI 2018). <https://www.atlantispress.com/proceedings/iwci-18/25899792>.
- [11] **Kneller VYu, Fayans AM.** General methods of transformation of values: revealing and systematization [In Russian]. Sensors and systems. 2011; 11: 64-75.
- [12] **Kneller VYu, Fayans AM.** On the approach to the systematization of tasks and methods for solving them [In Russian]. Proceedings of the XIII All-Russian Conference on Control Problems (RCCP-2019), Russia, ISC RAS. Moscow 17-20 June 2019.
- [13] **Kneller VYu, Fayans AM.** Solving interdisciplinary tasks: the challenge and the ways to surmount it. Journal of Physics: Conference Series. Joint IMEKO TC1-TC7-TC13-TC18 Symposium 2–5 July 2019, St Petersburg, Russian Federation.
- [14] **Borgest NM.** Boundaries of the ontology of designing [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(1): 7-33. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [15] **Altshuller GS.** Finding an Idea: An Introduction to TITS - Theory of Inventive Tasks Solving, 3rd ed. [In Russian]. Moscow. Alpina Publisher. 2010. 392 p.
- [16] **Kochergin AN.** Methods and forms of perception [In Russian]. Moscow. Nauka. 1990.
- [17] **Lotman YuM.** Semiosphere [In Russian]. Sankt-Peterburg. Iskusstvo-SPB, 2010.
- [18] **Gudkov PA.** Benchmarking methods. Tutorial. [In Russian]. Penza. Penza State University Publishing House. 2008. 81 c.
- [19] **Polyak BT.** Introduction to Optimization [In Russian]. Moscow. Nauka, 1983. 384 p.
- [20] **Kneller VYu, Agamalov YuR, Desova AA.** Automatic complex meters with coordinated balancing [In Russian]. Moscow. Energiya. 1975. 168 p.
- [21] **Zolortyev VV.** Coding theory as a task of searching for a global extremum [In Russian]. Moscow. Goryachaya liniya Telecom. 2018. 221 p.
- [22] **Podinovskiy VV, Nogin VD.** Pareto-optimal solutions to multicriteria tasks [In Russian]. Moscow. Nauka. 1982
- [23] **Afanasieva VV, Anisimov NS.** Post-nonclassical ontology [In Russian]. *Philosophy Issues*. 2015; 8: 28-41.
- [24] **Borgest NM.** Key terms of ontology of designing: review, analysis, generalization [In Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 3(9): 97-31.
- [25] **Chandrasekaran B, Josephson JR.** Ontology of Tasks and Methods. 1998. <http://web.cse.ohio-state.edu/~chandrasekaran.1/Ontology-of-Tasks-Methods.PDF>.
- [26] **Ikeda M, Kazuhisa S, Kakusho O, Mizogushi R.** Task ontology: Ontology for building conceptual problem solving models. 1999. <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/ikeda/ikeda-KAIS98.pdf>.
- [27] **Fensel D, Motta E, Decker S, Zdráhal Z.** Using Ontologies For Defining Tasks, Problem-Solving Methods and Their Mappings. In book: Knowledge Acquisition, Modeling and Management (pp.113-128). April 2006.
- [28] **Martins AF, Falbo RA.** Models for Representing Task Ontologies. 2008. <http://ceur-ws.org/Vol-427/paper4.pdf>.

About the authors

Alexander Mikhailovich Fayans (b. 1948) graduated from the Moscow Institute of Physics and Technology in 1972. Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Russia. He is the author and co-author of more than 30 publications and inventions in the field of measurement techniques and transformation information processes. AuthorID (RSCI): 766983. Author ID (Scopus): 57006695900. alfayans@mail.ru.

Vladimir Yurievich Kneller (b. 1929), graduated from Kharkov Polytechnic Institute in 1951. Chief Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, USSR State Prize Laureate, Moscow. He is the author of 3 monographs, more than 140 scientific papers and inventions in the field of measurement techniques, control and instrumentation. AuthorID (RSCI): 2294. Author ID (Scopus): 6506635055. vknellet@ipu.ru.

Received August 08, 2020. Revised September 10, 2020. Accepted September 17, 2020.

Методологические атрибуты управления

Б.Н. Герасимов¹, К.Б. Герасимов²

¹ Самарский университет государственного управления «Международный институт рынка», Самара, Россия

² Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, Самара, Россия

Аннотация

Проанализирована дефиниция «методология» в контексте различных факторов, затрудняющих её адекватное понимание, среди которых авторы отмечают, что предмет науки управления часто рассматривается только в виде процесса деятельности, без процесса мышления. Представлено авторское определение методологии, которое увязывает учение об управлении мышлением и деятельностью на основе тесно взаимодействующих атрибутов. Показано, что методология аккумулирует и предлагает совокупность инструментов для решения задач и проблем в любой отрасли знаний, в том числе в сфере управления. Рассмотрены пять групп методологических инструментов: направляющие, созидательные, преобразующие, содержательные и оценочные в контексте конкретных условий для исследования, построения и оценки деятельности экономических систем типа «организация». Показана онтология науки управления, включающая совокупность атрибутов всех разделов науки управления (теории, методологии, технологии), а также основные атрибуты практики управленческой деятельности. Новым является подход к формированию разделов науки управления, содержательному наполнению этих разделов, а также к обоснованию их места в управлении применительно к деятельности различных типов систем в социальном и экономическом пространстве.

Ключевые слова: управление, организации, теория, методология, технологии, практика, инструменты.

Цитирование: Герасимов, Б.Н. Методологические атрибуты управления / Б.Н. Герасимов, К.Б. Герасимов // Онтология проектирования. – 2020. – Т. 10, №3(37). – С.296-306. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-296-306.

Введение

Управленческая деятельность является неотъемлемым атрибутом организованных систем различной природы (экономических, биологических, социальных, технических), обязательный феномен любых системных совокупностей и процессных состояний в различных видах деятельности, реализующих формирование, поддержание и развитие их построения и функционирования для достижения целей, миссии и стратегии.

Управление по работам [1-3] – «это процесс взаимодействия динамически изменяющихся в пространстве и времени, связанных между собой управленческих функций, с целью решения проблем и задач организации».

При этом управление начинается до установления режимов исследования, проектирования, функционирования и развития, т.е. вначале совершение управленческих действий происходит в мышлении, потом перетекает в управленческую деятельность и адекватное поведение людей и, наконец, производится оценка полученных результатов и устанавливается соответствие заданным параметрам задач.

Согласно авторскому определению, **управление** – это целенаправленный динамический процесс в виде совокупности различных видов действий в сфере мышления, коммуникаций или деятельности по определению и выполнению задач, формулированию и разрешению проблем с помощью воздействий или на основе применения управленческих инструментов.

В практике сложилась определённая очерёдность выполнения функций управления, которые являются стержнем любого управленческого процесса. Однако в работах классиков управленческой науки (Ф. Тейлор, А. Файоль, Ф. Гилберт, Э. Мэйо, Г. Минцберг и др.) отсутствовала схема взаимодействия функций управления в рамках управленческого цикла, ограничиваясь только их перечнем, без обоснования и примеров [4, 5].

1 Материалы и методы

В настоящее время существуют неоднозначное представление о содержании науки управления, составе её разделов и систематизации её атрибутов [6-11]. Большинство современных предметных научных областей включает три основных раздела: теорию, методологию и технологии, которые связаны между собой взаимными атрибутивными, логическими и содержательными отношениями. При этом каждый раздел имеет своё назначение, место и роль в соответствующем научном предметном пространстве [12, 13].

Теория – это стройная непротиворечивая система представлений и атрибутов, в обобщённой форме раскрывающая существенные свойства и закономерности, предлагаемые и используемые для любой определённой области окружающей действительности, на основе которых достигается понимание форм и содержания данной предметной области (ПрО) для последующего методологического и технологического оснащения практической деятельности [14, 15].

Методология – это совокупность адекватных инструментов в сфере мышления, коммуникаций или деятельности по определению и выполнению заданий, задач некоторого предметного (дисциплинарного) пространства для целенаправленного продвижения с целью получения заданных результатов, последующего их использования в технологиях и на практике [10, 16].

Технология управления – совокупность операционных действий в информационных процессах и человеческих отношениях для достижения заданных результатов, осуществляемых в различных ПрО для реализации задач разного уровня, масштаба и назначения [17].

Практика – это деятельность индивидов, групп и организованных коллективов человеческого общества по устройению своей жизнедеятельности, а также совокупность усилий, прилагаемых ими для формирования, поддержания и решения задач, проблем, также реализации проектов, программ повышения качества и эффективности жизнедеятельности, используя теоретические постулаты, методологические инструменты и технологические средства [18, 19].

Управление, как отрасль знаний применительно к социальным и экономическим средам, развивается и обогащается новыми терминами и определениями, характеризующими многообразие точек зрения на их содержание. Приведённые определения терминов обусловлены корректировкой известных определений, отражающих особенности представлений их авторов.

Благодаря научным исследованиям и приложению методологии к практической деятельности в различных областях Г.П. Щедровицкого и его учеников (О.С. Анисимов, В.С. Дудченко, Ю.В. Громыко, О.И. Генисаретский, С.В. Попов, П.Г. Щедровицкий и др.) сформировалось новое научное направление «системомыследеятельностная» методология [20]. Такой подход привёл к активному проявлению методологических атрибутов в других предметных и профессиональных областях, в т.ч., в науке управления.

В работе [21] рассматривается методология как последовательность характеристики деятельности, логической и временной структуры деятельности.

Несмотря на существование ряда определений термина «методология», можно отметить трудности с пониманием содержания данного понятия в контексте науки управления.

Во-первых, наука управления не выстроена как аксиоматическая наука со всеми существующими атрибутами, проявившими себя и отмеченными в научных исследованиях и на практике; не представлено и не обосновано содержание отдельных атрибутов основных разделов науки управления.

Во-вторых, отсутствует структура каждого раздела науки управления, не установлены связи и влияние отдельных атрибутов друг на друга, а также взаимодействие основных атрибутов науки управления с практикой управления [22].

В-третьих, методология управления представляется и позиционируется, чаще всего, в виде процесса деятельности. Однако использование процессов мыслительной деятельности, формулирование их оснований, процедур и результатов помогло пониманию и формированию перехода от процессов мышления к деятельности или к коммуникациям и наоборот [23].

Предлагается следующее определение: **методология управления** – это учение об управлении мышлением и деятельностью для представления некоторой системной совокупности тесно взаимодействующих атрибутов в рамках процессной смены их состояний (или положений) и соблюдения последовательности и содержания функциональных преобразований.

Чаще всего к методологии управления обращаются для исследования, построения и/или развития каких-либо процессов или объектов в рамках различных типов систем или их составных частей в социальных и экономических средах. Причём делается это на основе известных методологических инструментов (проект, сценарий, программа и т.д.) [24].

2 Методология управления

Методологические инструменты следует разделить на пять групп сущностей: направляющие, созидательные, содержательные, преобразующие и оценочные.

К *направляющим методологическим инструментам* следует отнести подходы, концепции, идеи, которые определяют видение всего замысла будущего феномена (его конструкцию).

Исследование или построение состава и содержания каких-либо феноменов (объектов или процессов) следует начинать с определения **подхода** к формированию основного направления предстоящей деятельности, на основании которого следует сформулировать и установить значимые параметры основного замысла в методологическом плане.

Выбранный подход задаёт некоторое понимание определённых позиций и установлений, на основе которых будут приниматься решения, так как они вобрали опыт применения известных концепций и идей, а также традиций исследовательской работы в определённой предметной или профессиональной среде.

Системный подход представляет различные феномены (процессы, объекты) в виде некоторой целостности, состоящей из взаимозависимых подсистем и их частей, каждая из которых вносит свой вклад в обеспечение управляемости некоторой целостности.

Процессный подход основывается на идее существования протекающей непрерывной деятельности в виде взаимодействия операций и процедур и представляющей некоторую совокупность действий, которые изменяются в пространстве и времени на основе определённого замысла и выстраивания последовательности деятельности.

Функциональный подход предопределяется существованием некоторой универсальной совокупности функций управления, представляющих собой управленческий цикл как универсальную конструкцию, определяющую последовательность основного деятельностного процесса и преобразования системных элементов и получения заданных результатов.

Иногда необходимо одновременно определять и применять основные атрибуты системного, процессного и функционального назначения, которые актуальны для выбора методологических инструментов и формирования последующего технологического оснащения [25].

К важнейшим *атрибутам системного подхода* относятся тип организации, её ресурсы, продукты/услуги, технологии, результаты деятельности, структура, культура, менеджмент, основные параметры которых используются и преобразуются в рамках операционной и управленческой деятельности.

К основным *атрибутам процессного подхода* в организациях следует отнести совокупность подпроцессов и их значимых частей, формы и содержание входа, выхода, процедуры преобразования входа в выход, определяющие взаимосвязь подпроцессов и их частей. Например, к ним относятся такие «процессы организации, как управление персоналом, управление финансами, управление маркетингом и т.д. Примерами подпроцессов являются: управление сертификацией продукции, управление потребностью в информации, управление экономикой маркетинга и т.д.» [17].

К *атрибутам функционального подхода* в рамках организаций относятся основные параметры формы, содержания и взаимодействия функций управления.

Подходы и сопутствующие им атрибуты определяют общую методологическую платформу предстоящей деятельности, формируют и поддерживают параметры исследования, проектирования или оценки объектов или процессов. Может быть определён один или совокупность нескольких подходов для последующего практического использования.

Концепция – определённый способ понимания, трактовки какого-либо предмета; основная точка зрения на его содержание; руководящая идея для его систематического методологического оснащения. Концепция несёт с собой ключевые приоритеты, на которые будут ориентированы процессы исследования, проектирования и других видов деятельности в какой-либо ПрО. При этом также используются системные, процессные и функциональные атрибуты управления и их параметры, которые способствуют выбору адекватных методологических инструментов [26].

Например, в концепции процесса управления персоналом человек рассматривается как важный ресурс организации, при этом он должен полностью соответствовать занимаемой должности, а также её корпоративному духу. Происходит регулярное повышение компетенций специалистов и всего персонала при освоении новой продукции.

Идея – мыслительный прообраз реальности – включает форму и содержание контуров замысла предстоящего преобразования действительности в направлении достижения цели. Например, может быть принята главная идея процесса управления маркетингом организации: исследование и выполнение запросов потребителя в рамках ассортимента выпускаемой продукции. А затем вокруг этой идеи формируется содержание остальных подпроцессов и задач процесса управления маркетингом.

Наличие адекватной концепции, а иногда и просто чётко сформулированной идеи, обеспечивает дальнейшее определение конкретных методологических инструментов воплощения концепции или идеи, а также критериев их выбора, применения и оценки целесообразности их реализации в будущем.

К *созидающим методологическим инструментам* относятся проекты, программы, сценарии. Такие инструменты, как правило, содержат совокупность различных творческих и типовых решений или атрибутов, необходимых для воплощения некоторого замысла. Например, при поиске инструментов для построения системы управления процессом после исследования деятельности существующей организации весьма сложно найти адекватное средство с подходящими параметрами или они в принципе отсутствуют [27].

Основа реализации **проекта** – цель, устанавливаемая как прообраз желаемого состояния

на краткосрочную или долгосрочную перспективу. При этом проект, как правило, не претерпевает изменений в процессе реализации и должен быть выполнен в целостном виде как задумано. Например, проект реформирования процесса управления персоналом организации на основе реинжиниринга.

Программа связана с проблемами, существующими на момент её формирования, и методологическими инструментами, выбранными по их разрешению и прописанными в ней. Содержание программы исходит из реального состояния конкретного феномена, или его части, и в процессе её реализации выбираются изменения, трансформирующие формы и содержание данного феномена в «лучшую» сторону. Например, разработка и реализация инновационной программы реструктуризации процесса управления операциями организации. Программа может включать несколько инновационных проектов модернизации подпроцессов управления операциями.

К *преобразующим методологическим инструментам* относятся механизмы, модели, алгоритмы, которые воплощают конкретное представление формы, содержания или движения каких-либо феноменов.

Механизмом управления является наиболее активный инструмент представления и описания деятельности (или взаимодействия) компонент системы (или процесса) управления, оказывающий воздействие на факторы, определяющие результаты деятельности объекта управления.

В деятельности организаций на практике многие её атрибуты взаимодействуют в непрерывном режиме, а некоторые формируются, поддерживаются и воздействуют в различных сложных ситуационных условиях при наличии дефицита времени и информации.

Модель – представление предмета, системы или идеи в форме, отличной от формы целого, т.е. самого предмета или системы [8]. Для построения модели могут применяться различные методы. Модели могут быть процессного, системного, функционального или смешанного характера в зависимости от вида предметной деятельности. В качестве примера модели можно отметить модели систем управления организациями или процессные модели отдельных частей систем.

Сценарий – это совокупность какой-либо последовательности действий в рамках проектного, программного или другого подхода, разделённая на несколько частей с временной упорядоченностью и предназначенная для представления или разрешения каких-либо ситуаций естественного или искусственного характера [28]. В качестве примера можно привести создание и реализацию ситуации естественного характера «Поиск и формулирование проблем организации» или проект ситуации искусственного характера в рамках игровой учебной модели «Ранжирование состояний процесса управления инновациями в организации по 10-бальной шкале».

К основным *содержательным методологическим инструментам* относятся структуры и отношения, которые воплощают состав и взаимодействие каких-либо сущностей или атрибутов внутри системы, процесса или другой однородной предметной совокупности. Для их исследования или построения могут использоваться типовые или оригинальные модели и механизмы.

Структура – это способ представления внутреннего содержания объекта, процесса или другой совокупности каких-либо элементов, которые необходимо исследовать, построить или реформировать. Существует несколько видов системных, процессных или функциональных структур, которые имеют свои особенности [29]. Например, сочетания «подсистема управления персоналом», «процесс управления персоналом», «функция управления персоналом» предполагают практически одно и то же содержание, но акцент делается в сторону того или иного подхода на основе однородных атрибутов для однозначного понимания их взаим-

ной входимости. Например, подпроцесс управления подбором персонала или подпроцесс управления адаптацией персонала. Однако единичные структурные элементы практически одинаковы в любом подходе – это задачи, а внутри задач – операции или процедуры.

Отношения – это философская категория или научный атрибут, обозначающий определённое соотношение (связь) двух и/или более феноменов (предметов и/или явлений) внутри какой-либо системной, процессной, функциональной или смешанной совокупности. Например, можно рассматривать причастность работников какого-либо подразделения к инновационной деятельности организации.

Предметом многих научных исследований и разработок часто являются управленческие отношения, возникающие в процессах формирования, функционирования и развития экономических систем типа «организация». Эти отношения формируют и поддерживают системность, процессность, функциональность, а в некоторых случаях и ситуационность любой деятельности для поддержания целостности и, как следствие, управляемости различных феноменов.

К оценочным методологическим инструментам относятся параметры и критерии, которые представляют собой состав и взаимодействие каких-либо сущностей или атрибутов, оценивающих деятельность и/или поведение каких-либо феноменов внутри системы, процесса или их части, а также событий или явлений окружающей среды организации.

Параметр – величина, характеристика различных феноменов управленческого характера: процессов, систем, функций, которая служит для различения, измерения и соотношения различных элементов некоторого множества между собой.

Использование параметров позволяет осуществлять поиск, описание и формирование различных структур, отношений, действия или воздействия различных методологических инструментов, а также оценку их вклада в какую-либо деятельность операционного или управленческого характера.

Критерий – признак, основание, правило принятия решения по оценке, измерению, классификации или описанию каких-либо феноменов на соответствие предъявленным требованиям. В качестве критериев используются показатели, шкалы, признаки и другие измерительные инструменты.

Например, один из важнейших критериев, определяющих качество и эффективность управленческой деятельности организации, – управляемость различными процессами, объектами или их составными частями, а также людьми (индивидами, группами), их поведением, мышлением, коммуникациями.

Управляемость – это интегральный показатель, показывающий эффективность прохождения воздействий, качество функционирования процессных и системных элементов, включающий множество показателей, которые исследуются и измеряются отдельно, а потом свёртываются на различных уровнях управления. Форма и содержание целей связаны с управленческими решениями. В качестве основного критерия измерения фактического уровня управляемости может быть принята степень осуществляемости и результативности управленческих решений [30].

Показатель – некоторая числовая характеристика деятельности или функционирования объекта, процесса или явления, которая может быть оценена каким-либо методологическим инструментом и соотнесена с плановыми показателями или заданными нормами. Показатели выбираются в соответствии с необходимостью контролировать состояние и выполнение операционной деятельности и, как следствие, управленческого процесса.

Перечисленные атрибуты методологии надо тщательно выбирать и приспособлять к конкретным условиям. Они могут применяться напрямую и помогают достичь заданного ре-

зультата, а некоторые требуют дополнительных усилий по определению и созданию адекватных условий.

Поэтому назначением методологических инструментов является представление существующего состояния феноменов либо их желаемого (будущего) состояния. Такое представление необходимо для определения проектов, программ, сценариев и т.д., включающих контуры, параметры, структуры и другие атрибуты какого-либо объекта, процесса.

Все перечисленные атрибуты методологии управления направлены, в первую очередь, на эффективную реализацию на практике деятельности экономических систем различных уровней, а также их взаимодействие по горизонтали и вертикали.

Основные атрибуты методологии в онтологии управления представлены на рисунке 1.

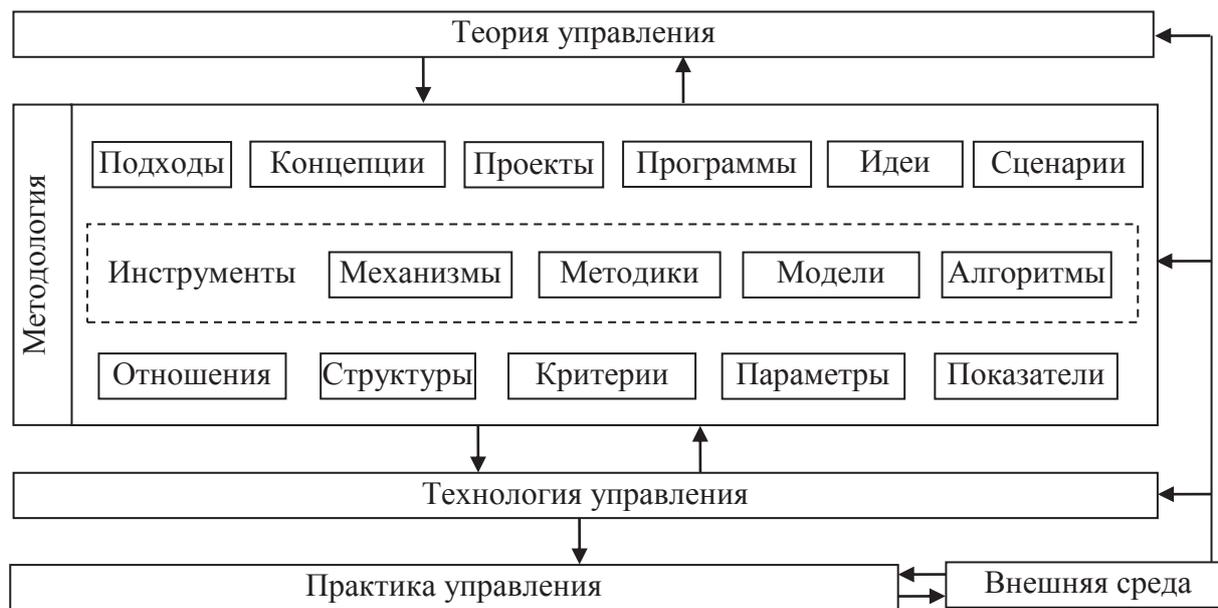


Рисунок 1 – Основные атрибуты методологии в онтологии управления

Схематическое представление онтологии управления показывает взаимодействие атрибутов между собой, как в прямом (от теории к практике управления), так и в обратном (от практики к теории управления) направлении.

В прямом направлении происходит использование, модификация и создание новых методологических инструментов и технологических средств для различных феноменов управленческой деятельности (объектов, процессов и их частей), которые расширяют спектр предметных и профессиональных областей их приложения и использования.

В обратном направлении от практики к технологиям, методологии и теории управления встречаются трудности использования существующих атрибутов различных разделов науки управления и их развития для повышения качества и эффективности деятельности в социальных и экономических средах.

Заключение

Предложен подход к формированию разделов науки управления, содержательному наполнению этих разделов, а также обоснование их места в управлении для деятельности различных типов систем в социальном и экономическом пространстве.

Приведены научные понятия, известные в сфере науки управления, что может вызвать критические замечания. Это необходимо для представления в рамках статьи основных атрибутов методологии науки управления, так как трактовка этих понятий и пояснения к ним, включая очерёдность их применения на практике, являются важной частью обоснования состава и содержания атрибутов методологии управления в онтологии науки управления в целом.

Необходимость обсуждения состава, содержания и обоснования принадлежности тех или иных атрибутов к методологии управления, изучение взаимодействия этих атрибутов как внутри методологии управления, так и за её пределами, с теорией, технологиями управления обусловлена целями повышения качества и эффективности их практического использования.

Полученные результаты позволяют упорядочить некоторые теоретические, методологические и технологические представления атрибутов и определить их место в рамках онтологии управления.

Авторы отдают отчёт в том, что здесь представлена одна из попыток реализации идеи разделения науки управления на разделы, онтологического представления состава и содержания атрибутов этих разделов, а также установление границ каждого раздела науки управления, в т.ч. раздела «методология управления». Представления авторов являются приглашением к обсуждению основных положений, изложенных в данной работе.

Список источников

- [1] *Грибов, В.Д.* Управленческая деятельность / В.Д. Грибов, Г.В. Кисляков. – М.: Юрайт, 2017. – 336 с.
- [2] *Contrafatto, M.* Stewardship theory: Approaches and perspectives / M. Contrafatto // *Advances in Public Interest Accounting*. – 2014. – Vol. 17. – P.177-196. – DOI: 10.1108/S1041-706020140000017007.
- [3] *Hernandez, M.* Toward an understanding of the psychology of stewardship / M. Hernandez // *Academy of Management Review*. – 2012. – Vol. 2(37). – P.172-193. – DOI: 10.5465/amr.2010.0363.
- [4] *Пригожин, А.И.* Методы развития организаций / А.И. Пригожин. – М.: МЦФЭР, 2003. – 864 с.
- [5] *Donohue, K.* The handbook of behavioral operations / K. Donohue, E. Katok, S. Leider. – NY: John Wiley & Sons, Inc, 2019. – 673 p. – DOI: 10.1002/9781119138341.
- [6] *Колпаков, В.М.* (2003). Методы управления / В.М. Колпаков. – К.: МАУП, 2003. – 268 с.
- [7] *Davis, J.H.* Toward a stewardship theory of management / J.H. Davis, F.D. Schoorman, L. Donaldson // *Academy of Management Review*. – 1997. – Vol. 1(22). – P.20-47. – DOI: 10.5465/AMR.1997.9707180258.
- [8] *Герасимов, К.Б.* Методология реформирования системы управления процессами организации / К.Б. Герасимов. – Самара: СНЦ РАН, 2014. – 296 с.
- [9] *Желтенков, А.В.* Самоорганизующаяся система управления: организация и методология создания / А.В. Желтенков. – М.: ГУУ, 2001. – 120 с.
- [10] *Новиков, А.М.* Методология / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.
- [11] *Mathieu, J.E.* The etiology of the multilevel paradigm in management research / J.E. Mathieu, G. Chen // *Journal of Management*. – 2011. – Vol. 2(37). – P.610-641. – DOI: 10.1177/0149206310364663.
- [12] *Aguinis, H.* Walking new avenues in management research methods and theories: Bridging micro and macro domains / H. Aguinis, B.K. Boyd, C.A. Pierce, J.C. Short // *Journal of Management*. – 2011. – Vol. 2(37). – P.395-403. – DOI: 10.1177/0149206310382456.
- [13] *Ali, S.A.* Re-defining stewardship? / S.A. Ali // *Journal of Financial Crime*. – 2012. – Vol. 2(19). P.207-212. – DOI: 10.1108/13590791211220458.
- [14] *Герасимов, Б.Н.* Онтология как рефлексивная картина представления экономических систем / Б.Н. Герасимов, О.В. Шимельфениг // *Креативная экономика и социальные инновации*. 2018. – Вып 8. – № 2(23). – С.7-26.
- [15] *McCuddy, M.* Spirituality, stewardship, and financial decision-making: Toward a theory of intertemporal stewardship / M. McCuddy, W. Pirie // *Managerial Finance Review*. – 2007. – Vol. 33(12). – P.957-969. – DOI: 10.1108/03074350710831738.
- [16] *Анисимов, О.С.* Методология: функция, сущность и становление / О.С. Анисимов. – М.: ЛМА, 1996. – 353 с.
- [17] *Герасимов, Б.Н.* Методология управления / Б.Н. Герасимов, К.Б. Герасимов. – Самара: СИБиУ, 2013. – 488 с.
- [18] *Пудич, В.С.* Тезаурус менеджмента / В.С. Пудич. – М.: ГУУ, 2014. – 409 с.

- [19] **Short, J.** Firm, strategic group, and industry influences on performance / J. Short, D. Ketchen, T. Palmer, T. Hult // *Strategic Management Journal*. – 2007. – Vol. 28. – P.147-167. – DOI: 10.1002/smj.574.
- [20] **Щедровицкий, Г.П.** Философия. Наука. Методология / Г.П. Щедровицкий. – М., 1997. – 348 с.
- [21] **Белов, М.В.** Структура методологии комплексной деятельности / М.В. Белов, Д.А. Новиков // *Онтология проектирования*. – 2017. – Т. 7, № 4 (26). – С.366-387. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-366-387.
- [22] **Von Bonsdorff, M.E.** Employee age and company performance: an integrated model of aging and human resource management practices / M.E. Von Bonsdorff, L. Zhou, M. Wang, S. Vanhala, M.B. Von Bonsdorff, T. Rantanen // *Journal Management*. – 2018. – Vol. 44, – P.3124-3150. – DOI: 10.1177/0149206316662314.
- [23] **Shen, J.** Principles and applications of multilevel modeling in human resource management research / J. Shen // *Human Resource Management*. – 2015. – Vol. 55. – P.951-965. – DOI: 10.1002/hrm.21666.
- [24] **O'Connell, V.** Reflections on stewardship reporting / V. O'Connell // *Accounting Horizons*. – 2007. – Vol. 21(2). – P.215-227. – DOI: 10.2308/acch.2007.21.2.215.
- [25] **Mollick, E.** People and process, suits and innovators: the role of individuals in firm performance / E. Mollick // *Strategic Management Journal*. – 2012. – Vol. 33. – P.1001-1015. DOI: 10.1002/smj.1958.
- [26] **Hjørland, B.** Concepts, paradigms and knowledge organization / B. Hjørland // *Advances in Knowledge Organization*. – 2010. – Vol. 12. – P.38-42.
- [27] **Dequech, D.** (2011). Uncertainty: A Typology and Refinements of Existing Concepts / D. Dequech // *Journal of Economic Issues*. – 2011. – Vol. 3(45). – P.621-640. – DOI: 10.2753/JEI0021-3624450306.
- [28] **Гуияр, Ф.Ж.** Преобразование организаций / Ф.Ж. Гуияр, Д.Н. Нелли. – М.: Дело, 2000. – 370 с.
- [29] **Гейн, К.** Структурный системный анализ: средства и методы / К. Гейн, Т. Сарсон. – М.: Эйтэкс, 1993. Ч. 1. – 186 с. Ч. 2. – 214 с.
- [30] **Рыбалкина, З.М.** Модель развития управляемости организации / З.М. Рыбалкина // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2009. – № 1. – С.122-125.

Сведения об авторах



Герасимов Борис Никифорович, 1945 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1970 г., д.э.н. (2004). Профессор кафедры менеджмента Самарского университета государственного управления «Международный институт рынка». В списке научных трудов более 1000 работ в области теории, методологии, технологии и практики управления. AuthorID (РИНЦ): 296609. Author ID (Scopus): 56711767200. boris0945@mail.ru



Герасимов Кирилл Борисович, 1980 г. рождения. Окончил Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королёва в 2004 г., к.э.н. (2009), д.э.н. (2020). Доцент кафедры экономики Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва. В списке научных трудов более 300 работ в области теории, методологии, технологии и практики управления. AuthorID (РИНЦ): 231299. Author ID (Scopus): 56711744800; Researcher ID (WoS): M-6776-2014. gerasimov.kb@ssau.ru

Поступила в редакцию 20.05.2020, после рецензирования 07.08.2020. Принята к публикации 25.09.2020.

Methodological attributes of management

B.N. Gerasimov¹, K.B. Gerasimov²

¹*Samara State University of Management «International Market Institute», Samara, Russia*

²*Samara National Research University, Samara, Russia*

Abstract

The article analyzes the definition of "methodology" in the context of various factors that make it difficult to understand it adequately, among which it is worth noting that the science of management is often presented and positioned only as a process of activity, without the process of thinking. The author's definition of the methodology is presented, which links the teaching about the management of thinking and activity on the basis of closely interacting attributes. It is

shown that the methodology accumulates and offers a set of tools for solving problems and problems in any field of knowledge, including the field of management. Five groups of methodological tools are described: directive, creative, transformative, informative and evaluative, which have their purpose and content in the context of specific conditions for the study, construction and evaluation of the activities of various areas of functioning and development of economic systems of the "organization" type. The ontology of management science is shown which includes a set of attributes of all management science sections: theory, methodology, technology, as well as the main attributes of management practice. The novelty of the article is the approach to the formation of management science sections, the content of these sections, as well as some considerations for justifying their place in management for the activities of various types of systems in social and economic space.

Keywords: management, organizations, theory, methodology, technologies, practice, tools, results, thinking, activity.

Citation: Gerasimov B.N., Gerasimov K.B. Methodological attributes of management [In Russian]. *Ontology of design-ing*. 2020; 10(3): 296-306. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-296-306.

List of figures

Figure 1 – The main attributes of the methodology in the ontology of management

References

- [1] **Gribov VD, Kislyakov GV.** Management activities [In Russian]. Moscow: Yurait Publ.; 2017.
- [2] **Contrafatto M.** Stewardship theory: Approaches and perspectives. *Advances in Public Interest Accounting*. 2014; 17: 177-196. DOI: 10.1108/S1041-706020140000017007.
- [3] **Hernandez M.** Toward an understanding of the psychology of stewardship. *Academy of Management Review*. 2012; 2(37): 172-193. DOI: 10.5465/amr.2010.0363.
- [4] **Prigogine AI.** Organization Development Methods [In Russian]. Moscow: ICFER publ.; 2003.
- [5] **Donohue K, Katok E, Leider S.** The handbook of behavioral operations. NY: John Wiley & Sons, Inc.; 2019. – DOI: 10.1002/9781119138341.
- [6] **Kolpakov VM.** Management methods [In Russian]. Kiev: MAUP Publ.; 2003.
- [7] **Davis JH, Schoorman FD, Donaldson L.** Toward a stewardship theory of management. *Academy of Management Review*. 1997; 1(22): 20-47. DOI: 10.5465/AMR.1997.9707180258.
- [8] **Gerasimov KB.** Methodology of reforming the organization's process control system [In Russian]. Samara: SNS RAS publ.; 2014.
- [9] **Zheltenkov AV.** Self-organizing management system: organization and creation methodology [In Russian]. Moscow: GUU publ.; 2001.
- [10] **Novikov AM, Novikov DA.** Methodology [In Russian]. Moscow: SINTEG publ.; 2007.
- [11] **Mathieu JE, Chen G.** The etiology of the multilevel paradigm in management research. *Journal of Management* 2011; 2(37): 610-641. DOI: 10.1177/0149206310364663.
- [12] **Aguinis H, Boyd BK, Pierce CA, Short JC.** Walking new avenues in management research methods and theories: Bridging micro and macro domains. *Journal of Management*. 2011; 2(37): 395-403. DOI: 10.1177/0149206310382456.
- [13] **Ali SA.** Re-defining stewardship? *Journal of Financial Crime*. 2012; 2(19): 207-212. DOI: 10.1108/13590791211220458.
- [14] **Gerasimov, BN. Shimelfenig, OV.** Ontology as a reflexive picture of the representation of economic systems [In Russian]. *Creative economy and social innovations*. 2018; 2(23): 7-26.
- [15] **McCuddy M, Pirie W.** Spirituality, stewardship, and financial decision-making: Toward a theory of intertemporal stewardship. *Managerial Finance Review*. 2007; 33(12): 957-969. DOI: 10.1108/03074350710831738.
- [16] **Anisimov OS.** Methodology: function, essence and formation [In Russian]. Moscow: LMA publ.; 1996.
- [17] **Gerasimov BN., Gerasimov KB.** Management Methodology [In Russian]. Samara: SiBIU publ.; 2013.
- [18] **Pudich VS.** Management thesaurus [In Russian]. Moscow: GUU publ.; 2014.
- [19] **Short J, Ketchen D, Palmer T, Hult T.** Firm, strategic group, and industry influences on performance. *Strategic Management Journal*. 2007; 28: 147-167. DOI: 10.1002/smj.574.
- [20] **Schedrovitsky GP.** Philosophy. The science. Methodology [In Russian]. Moscow.; 1997.

- [21] **Belov MV, Novikov DA.** Structure of methodology of complex activity [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(4): 366-387. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-366-387.
- [22] **Von Bonsdorff ME, Zhou L, Wang M, Vanhala S, Von Bonsdorff MB, Rantanen T.** Employee age and company performance: an integrated model of aging and human resource management practices. *Journal Management*. 2018; 44: 3124-3150. DOI: 10.1177/0149206316662314.
- [23] **Shen J.** Principles and applications of multilevel modeling in human resource management research. *Human Resource Management*. 2016; 55: 951-965. DOI: 10.1002/hrm.21666.
- [24] **O'Connell V.** Reflections on stewardship reporting. *Accounting Horizons*. 2007; 21(2); 215-227. DOI: 10.2308/acch.2007.21.2.215.
- [25] **Mollick E.** People and process, suits and innovators: the role of individuals in firm performance. *Strategic Management Journal*. 2012; 33: 1001-1015. DOI: 10.1002/smj.1958.
- [26] **Hjørland B.** Concepts, paradigms and knowledge organization. *Advances in Knowledge Organization*. 2010; 12: 38-42.
- [27] **Dequech D.** Uncertainty: A Typology and Refinements of Existing Concepts. *Journal of Economic Issues*. 2011; 3(45): 621-640. DOI: 10.2753/JEI0021-3624450306.
- [28] **Guiyar FG, Nelli DN.** Transformation of organizations [In Russian]. Moscow: Delo Publ.; 2000.
- [29] **Gein K, Sarson T.** Structural systems analysis: tools and methods [In Russian]. Moscow: Atexpubl. Part. 1, Part 2.; 1993.
- [30] **Rybalkina ZM.** Organization manageability development model [In Russian]. *Kazan Technological University Bulletin*. 2009; 1: 122-125.
-

About the authors

Boris Nikiforovich Gerasimov (b. 1945) graduated from the Korolyov Aviation Institute (Kuibyshev-city) in 1970, Dr. Sc. Econ. (2004). He is a professor at International Market Institute (Department of Management). He is a co-author of about 1000 scientific articles and abstracts in the field of theory, methodology, technology and management practices. AuthorID (RSCI): 296609. Author ID (Scopus): 56711767200. boris0945@mail.ru

Kirill Borisovich Gerasimov (b. 1980) graduated from the Samara State Aerospace University in 2004, C. Sc. Econ. (2009), Dr. Sc. Econ. (2020). He is an Associate Professor of Economic Dept. at Samara National Research University. He is a co-author of more than 300 publications in the field of theory, methodology, technology and management practices. AuthorID (RSCI): 231299. Author ID (Scopus): 56711744800; Researcher ID (WoS): M-6776-2014. gerasimov.kb@ssau.ru

Received May 20, 2020. Revised August 07, 2020. Accepted September 25, 2020.

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 519.711.3

DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-307-326

Особенности применения онтологического подхода в разработке интеллектуальных систем для некоторых задач химии¹**К.А. Гуляева, И.Л. Артемьева***Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия***Аннотация**

Описаны особенности применения онтологического подхода, основанного на математическом моделировании предметных областей с помощью прикладных логических теорий, в разработке интеллектуальных систем. Построен базовый тезаурус разработки моделей профессиональной деятельности. Приведены все определения терминов, входящих в тезаурус. На примере эволюционирования некоторых понятий химии («атомная масса» и др.) на протяжении истории развития науки показано, что в наукоёмких областях изменяются не только знания, но и онтология. При разработке интеллектуальных систем необходимо предусматривать возможности изменения знаний и метазнаний для продления жизненного цикла систем и их поддержки в актуальном состоянии. Поэтому создание интеллектуальных систем должно предваряться разработкой спецификации предметной области. Приведено описание алгоритма разработки спецификации предметной области, состоящего из трёх шагов: онтолого-ориентированного анализа предметной области, включая неформальную постановку задачи, анализ понятий, величин, ситуаций; синтеза модели предметной области; проверки адекватности модели предметной области. Показано применение алгоритма к решению конкретной задачи интеллектуальной деятельности, относящейся к задачам классификации. Новым является решение задачи классификации химических элементов для раскраски ячеек таблицы Д.И. Менделеева, отражающей особенности изотопного состава элементов и значений атомных масс. Представлены основные этапы построения модели онтологии рассмотренной предметной области. Приведенная модель включает онтологию знаний и онтологию действительности. Детально описаны ключевые шаги алгоритма разработки спецификации предметной области.

Ключевые слова: онтология, прикладная логическая теория, модель онтологии, изотопный состав, атомная масса, системы понятий.

Цитирование: Гуляева, К.А. Особенности применения онтологического подхода в разработке интеллектуальных систем для некоторых задач химии / К.А. Гуляева, И.Л. Артемьева // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №3(37). – С.307-326. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-307-326.

Введение

В сложно-структурированных наукоёмких предметных областях (ПрО) могут меняться не только знания, но и сама онтология, или «явная спецификация концептуализации» [1], что в итоге может повлиять и на изменение классов прикладных задач [2]. Необходимо учитывать этот факт при разработке интеллектуальных систем (ИС).

Изменения в онтологии, требующие изменений её модели, чаще всего связаны с уточнением знаний о мире или с выработкой определённых соглашений, стандартов и практик

¹ Посвящается 80-летию профессора А.С. Клещёва

большим числом представителей научного сообщества. С первого международного съезда химиков, проходившего в г. Карлсруэ (Германия) в 1860 г., на котором были утверждены положения атомно-молекулярной теории, даны определения *атома* и *молекулы*, а также выработаны предпосылки Периодического закона, произошли существенные изменения в знаниях. Для иллюстрации в таблице 1 приводятся оригинальные и современные определения терминов «Атом» и «Молекула». Современные определения – это определения из «Золотой книги» ИЮПАК² [3], оригинальные – это известные определения Канниццаро.

Таблица 1 – Эволюция определений терминов «Атом» и «Молекула»

Термин	Определение Канниццаро (1860 г.)	Современное определение из «Золотой книги» ИЮПАК [3]
<i>Атом</i>	Наименьшая частица элемента в химических соединениях.	Наименьшая частица, которая ещё характеризует химический элемент. Она состоит из положительно заряженного ядра (Z – количество протонов и e – элементарный заряд), несущего почти всю его массу (более 99.9%), и Z электронов, определяющих его размер.
<i>Молекула</i>	Наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами.	Электрически нейтральная частица, состоящая из более чем одного атома ($n > 1$). Определяя строго, молекуле, в которой $n > 1$, должно соответствовать углубление на поверхности потенциальной энергии, способное вместить хотя бы одно колебательное состояние.

Современные определения более строгие и учитывают достижения физической и квантовой химии. В связи с тем, что уточнения понятий, названий понятий, их связей с другими понятиями в научных областях происходят постоянно, ИС должны предусматривать возможности изменения как моделей знаний, так и моделей онтологий ПрО для продления жизненных циклов ИС.

Актуальными являются вопросы создания спецификаций ПрО, которые могут использоваться в качестве информационных компонент для ИС. Разработку ИС, в которых предусмотрена возможность изменения как модели знаний, так и модели онтологии, необходимо предварять онтолого-ориентированным анализом, цель которого – найти адекватную концептуализацию ПрО. Далее строится онтология ПрО и система знаний, проверяется адекватность модели объекту моделирования. Ключевая задача – найти наиболее точное описание действительности данной ПрО [4].

В связи с тем, что разработка моделей профессиональной деятельности на основе онтологического подхода сопряжена со специфическим понятийным аппаратом методологии, были разработаны базовый тезаурус ПрО и алгоритм, состоящий из трёх шагов. На первом шаге проводится онтолого-ориентированный анализа ПрО, на втором – синтез модели, на третьем – проверка адекватности модели объекту моделирования.

Для демонстрации работы данного алгоритма решена практическая задача из класса задач интеллектуальной деятельности подкласса задач классификации [5]. Задача состоит в том, чтобы раскрасить 118 ячеек периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева таким образом, чтобы были учтены особенности изотопного состава элементов и значения атомных масс. Решение данной задачи состоит в определении для каждого химического элемента его класса на основании значений указанных признаков. Цвет ячейки с данным химическим элементом должен совпадать с цветом ячеек класса, которому этот элемент принадлежит. Эта задача может быть рассмотрена как подзадача, решаемая ИС в ПрО химии.

² Международный союз теоретической и прикладной химии - International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) International Union of Pure and Applied Chemistry Compendium of Chemical Terminology Gold Book Version 2.3.3 2014-02-24. - <http://goldbook.iupac.org/files/pdf/goldbook.pdf>.

1 Базовый тезаурус разработки моделей профессиональной деятельности

Онтологический подход к разработке математических моделей профессиональной деятельности (модели ПрО, модели прикладных задач и др.) был разработан профессором А.С. Клещевым и развит в работах его учеников [4-8]. Разработанный базовый тезаурус снабжён более подробным описанием отдельных терминов, а также некоторыми примерами из практики (большая часть которых относится к ПрО химии). Термины приведены не в алфавитном порядке, а в порядке увеличения смысловой нагрузки (включения одних терминов в состав других).

Информация³ – это идеи, которые существуют в сознании человека (это объект идеального мира).

Сообщение – это адекватная *модель информации* (это объект или процесс материального мира).

Объект моделирования – это любой объект, явление или система, существующие в материальном мире или в сознании человека, данные этому человеку как совокупность идей об этом объекте и обеспечивающие выполнение *критерия моделирования*.

Модель – это любой **другой** объект или система, существующие в материальном мире или в сознании человека, данные этому человеку как совокупность идей об этом объекте и связанные с *объектом моделирования* посредством *критерия моделирования*.

Критерий моделирования – это необходимое и достаточное условие становления *модели* (как объекта или системы) моделью *объекта моделирования*, которое заключается в установлении соответствия между *объектом моделирования* и его *моделью*, удовлетворяющего следующим свойствам:

- для *объекта моделирования* выделены существенные свойства;
- установлено однозначное соответствие между существенными свойствами *объекта моделирования* и некоторыми свойствами его *модели*, которые представляют эти существенные свойства в *модели*;
- определено, в каком случае *модель* является адекватной *объекту моделирования*.

Математическая модель – объект математики. Свойства математических моделей всегда толкуются однозначно.

Программа – алгоритм, записанный на языке программирования.

Компьютерная модель – это программа.

Профессиональная деятельность – деятельность человека, состоящая в решении прикладных задач.

Модель профессиональной деятельности – неформальная или формальная *модель*, которая содержит *модель ПрО*, *модели* прикладных задач и методы решения этих задач.

Предметная область (ПрО) – это часть материального мира, которая характеризуется протекающей в ней специфичной *профессиональной деятельностью*. В *ПрО* может быть выделено множество объектов, связанных с *профессиональной деятельностью*. При решении задач происходит переход от объектов *ПрО* к представлению *информации* о них (к *информационным объектам*).

Информационный объект – это *вербальное представление информации* об объекте *ПрО*.

Термин – это слово или словосочетание, имеющее в *ПрО* специальный смысл.

Терминология – это совокупность *терминов* (главная характеристика *ПрО*).

³ *Информация* – сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления. ФЗ от 27.07.2006 (в ред. 2020 г.) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». *Прим.ред.*

Вербальное представление информации (ВПИ) – это некоторое соответствие (таблица) между конечной совокупностью *терминов* и их значений. ВПИ экономично для профессионалов, так как в нём используется только соответствие между обозначениями (*терминами* и значениями). Смысл этих обозначений для профессионалов известен, а для интерпретации непрофессионалами необходимо явное определение смысла как *терминов*, так и значений.

Вербализуемая информация – это информация, которую можно представить сообщением, которое является ВПИ. Некоторая информация i является вербализуемой, если выполнены условия:

- для этой информации существует набор терминов $T = \{t_1, \dots, t_m\}$, $T \neq \emptyset$, $\text{card}(T) < \aleph_0$ и множество V возможных значений этих терминов ($V \neq \emptyset$);
- информация i может быть представлена сообщением, которое есть отображение множества T в множество V .

Элементы множеств T и V имеют прагматику и семантику – профессионалы используют их в определённых контекстах, вкладывают в них определённый смысл и понимают их в этих контекстах. Смысл значения – элемента множества V – определяется посредством его связи с другими значениями: аргументом каких операций и отношений это значение может быть (возможно с другими значениями) и в результате выполнения каких операций над другими значениями оно может быть получено. Смысл терминов из T неявно определён с помощью концептуализации, использующей терминологию T . Смысл терминов из T явно определён с помощью онтологии, представляющей эту концептуализацию.

Величина – это подмножество $V_i \subseteq V$ множества $V = \bigcup_{i=1}^n V_i$ значений терминов. Любое значение, сопоставленное термину, принадлежит некоторой величине. С подмножеством V_i (конкретной величиной) связываются определённые наборы операций и отношений. Каждая величина V_i характеризуется конечным или бесконечным множеством значений, конечной совокупностью функций и операций, обозначаемых специальными терминами и выполняемых над значениями этой величины, а также конечной совокупностью нефункциональных отношений, в которых значения этой величины могут находиться между собой. Каждое значение, сопоставленное термину (это элемент множества V) принадлежит некоторой величине, которая определяет его смысл. Величины могут быть простыми или сложными. С каждой сложной величиной неявно связан конструктор значений этой величины из элементов величин – её компонентов. Выделяются стандартные величины. Набор используемых величин является важным свойством *Про*, так как он определяет множество математических терминов, используемых для обозначения значений величин, математических операций, функций, отношений. Компьютерной моделью величины является тип данных. Математической моделью величины и типа данных является алгебраическая система.

Стандартные величины – множество величин, наиболее часто используемых в профессиональной деятельности.

Нестандартные величины – сложные величины, для определения которых необходимо задать способ конструирования элементов этих величин. Для этого требуется определить величины-компоненты, элементы которых используются в представлении элементов нестандартной величины, а также определить операции, функции и отношения, применимые к элементам нестандартной величины. В программах нестандартные величины реализованы с помощью классов в объектно-ориентированных языках, а в математических моделях они представлены с помощью многосортных алгебраических систем.

Действительность Про – часть физического мира, которая связана с определённой профессиональной деятельностью в *Про* и рассматривается как множество всех возможных отдельных ситуаций *Про*, которые имели место в прошлом, имеют место в настоящем и будут иметь место в будущем [7]. Действительность *Про* может быть представлена в ви-

де потенциально бесконечного множества не связанных между собой *ситуаций* (предположение о несвязанности *ситуаций* приемлемо локально на протяжении промежутков времени, пока знания не корректируются и когда зависимостью от прошлых *ситуаций* можно пренебречь). *Действительность ПрО* обладает тем свойством, что она не известна полностью, известно лишь конечное подмножество *ситуаций*, образующих *действительность ПрО* и имевших место в прошлом (*информация*, образующая эти *ситуации*, также может быть известна не полностью). Предполагается, что разделение *действительности ПрО* на отдельные *ситуации* – конкретные задачи – в рамках *ПрО* является приемлемым для любой профессиональной деятельности.

Ситуация (ситуация ПрО) – фрагмент *действительности ПрО*, ограниченный в пространстве и времени. Множества объектов и отношений между ними в любой *ситуации* являются конечными множествами. Отдельная *ситуация* соответствует *информации*, которая рассматривается при решении конкретной задачи. При анализе новой *ситуации* может быть использована *информация* об уже проанализированных прошлых *ситуациях* для следующих целей:

- поиска похожих *ситуаций* (поиска прецедентов);
 - корректировки своих знаний в результате накопления опыта.
- Информация* о *ситуации ПрО* может быть представлена посредством *ВПИ*.

Термины для описания ситуаций – множество TS терминов, используемых для *ВПИ* о *ситуациях*. При описании каждой *ситуации действительности ПрО* одному и тому же термину для описания *ситуаций* $t \in TS$ сопоставляется в разных *ситуациях* одно значение (один элемент) конкретной величины. В программе термина *ситуации* сопоставляется значение, принадлежащее определённому типу данных, а в математической модели термина *ситуации* сопоставляется элемент носителя алгебраической системы.

Концептуализация действительности ПрО – это множество всех подразумеваемых отдельных *ситуаций ПрО*, внешнее по отношению к *действительности ПрО*. *Концептуализация действительности ПрО* – это надмножество *действительности ПрО*, а *действительность ПрО*, подмножество *концептуализации действительности ПрО*. Все наблюдавшиеся *ситуации* в прошлом принадлежат *действительности ПрО* и *концептуализации действительности ПрО* (по транзитивности отношения включения множеств). *Концептуализация действительности ПрО* может быть рассмотрена как множество неформальных правил, ограничивающих структуру *действительности ПрО*.

Концептуализация – это объекты, понятия, другие сущности, отношения, определённые между ними – всё, что предполагается существующим в некоторой *ПрО* [1]. Для явного представления *концептуализации* используется *онтология*.

Концептуализация ПрО – это (как правило) бесконечное множество *ВПИ*, поэтому *концептуализация ПрО* не может быть задана их перечислением. Это происходит по причине того, что величины, которым принадлежат значения терминов в *ВПИ*, являются, как правило, бесконечными величинами. В то же время каждый элемент любой *концептуализации ПрО* является отображением с конечной областью определения и поэтому, как конечный объект, может быть определён полностью. *Концептуализация ПрО* характеризуется множеством названий понятий TS и множеством элементов *концептуализации ПрО*.

Элемент концептуализации ПрО – такие *ВПИ*, которые как сообщения несут некоторую *информацию*.

Спецификация – интенциональное определение некоторого (бесконечного) множества на декларативном языке, позволяющее на основании этого описания определить, является эта сущность элементом этого множества или нет.

Онтология – это явная *спецификация концептуализации*. Это такое определение *концептуализации*, которое для каждого *ВПИ* позволяет установить, является оно *элементом концептуализации* или нет. Для этой цели *онтология* определяет смысл *терминов* явно. В качестве первичных (неопределяемых) названий понятий должны использоваться *термины*, в которых описан декларативный язык *спецификации*, на котором *онтология* представлена. Для удобства в качестве первичных названий понятий выступают *термины*, введённые при определении *стандартных* и *нестандартных величин* (вне *онтологии* и вне описания этих величин). В *онтологиях* в качестве первичных названий понятий используются *термины*, связанные с *величинами*. *Величины* могут быть заменены их математическими *моделями*. *Онтология* определяет названия понятий и связи между ними (могут быть заданы в виде *онтологических соглашений*).

Название понятия – это *термин* $t \in T$, где T – множество *терминов* (из определения *вербализуемой информации*).

Основные понятия – понятия, названия которых $t \in TS$ (из определения *концептуализации ПрО*).

Определение названия основного понятия – это *термин*, обозначающий данное понятие в *онтологии*, и *объём* этого понятия.

Объём (экстенционал) понятия – это множество значений некоторой *величины* или её подмножества (данные значения могут быть значениями основных понятий в *элементах концептуализации*).

Вспомогательные понятия (и их названия) – ряд названий понятий, отсутствующих в *концептуализации*, но позволяющих сделать другие определения и *онтологические соглашения* более понятными.

Определение названия вспомогательного понятия – это *термин*, обозначающий данное понятие в *онтологии*, и либо значение этого понятия (конкретное значение некоторой *величины*), либо способ вычисления значения этого понятия по значениям других понятий *онтологии*.

Онтологическое соглашение – некоторое утверждение, содержащее *термины* системы понятий и *термины*, связанные с *величинами*. *Онтологическое соглашение* постулирует связь между названиями понятий *онтологии*, задавая дополнительные (по сравнению с определениями понятий) ограничения на *объёмы понятий*.

Концептуализация, определяемая онтологией – множество всех *элементов концептуализации*, которые соответствуют *онтологии* [8].

Концептуализация действительности, определяемая онтологией – внешнее по отношению к *концептуализации действительности ПрО* множество *ситуаций* (его надмножество).

Модель онтологии – это модель, объектом моделирования которой является *онтология*.

Математическая модель онтологии – это модель, объектом моделирования которой является *онтология*, в которой *величины* заменены их *математическими моделями* – алгебраическими системами. *Математическая модель онтологии* описана в математических терминах.

Компьютерная модель онтологии – это модель, объектом моделирования которой является *онтология*, в которой *величины* заменены их *компьютерными моделями* – типами данных.

Онтология действительности ПрО – *онтология*, которая задаёт явную *спецификацию концептуализации действительности ПрО*. *Онтология действительности ПрО* определяет понятия, используемые для описания действительности ПрО, *термины* для обозначения данных понятий, *объёмы понятий*, которые обозначены *терминами*, и *онтологические со-*

глашения, задающие ограничения целостности *ситуаций действительности ПрО*. *Онтология действительности ПрО* определяет структуру представления информации о *ситуациях действительности ПрО*. *Онтология действительности ПрО* используется в программах для задания входных данных и результатов решения задач при разработке пользовательского интерфейса [2].

Знания ПрО – это знания о *действительности ПрО*. *Знания ПрО* описывают свойства объектов, справедливые для всех *ситуаций ПрО*. *Знания ПрО* традиционно представляются в виде утверждений на некотором языке. В записи этих утверждений используются *термины онтологии действительности ПрО*. По форме (но не по содержанию) утверждения *знаний ПрО* ничем не отличаются от *онтологических соглашений*. *Онтология действительности ПрО* явно представляет *концептуализацию действительности ПрО*, а *знания ПрО* определяют подмножество *концептуализации действительности ПрО*. *Знания ПрО* задают дополнительные (по сравнению с *онтологией действительности ПрО*) ограничения на множество значений *терминов онтологии действительности ПрО*. Все *ситуации ПрО* согласуются со *знаниями ПрО*.

Система знаний ПрО – множество утверждений *знаний ПрО*. В *ПрО* существуют такие и только такие *ситуации*, относительно которых справедливы все утверждения, входящие в *систему знаний ПрО*.

Система знаний называется **системой знаний, адекватной действительности ПрО**, если множество *ситуаций действительности ПрО* является подмножеством *ситуаций*, определяемых данной *системой знаний ПрО*.

Система знаний называется **точной системой знаний**, если множество *ситуаций действительности ПрО* совпадает с множеством *ситуаций*, определяемых *системой знаний ПрО*.

Вербальное представление знаний (ВПЗ) – это ВПИ для *знаний ПрО*. В *ВПЗ* *знания ПрО* представляются в виде отображения конечного множества *терминов* на множество значений [2]. *Термины ВПЗ* задают названия свойств объектов *ПрО* и названия функциональных и нефункциональных отношений между объектами *ПрО*. Если *знания ПрО* представлены вербально, то *знания ПрО* структурированы. Структуру *знаний ПрО* определяет *онтология знаний*.

Например, в *ВПЗ* термину «Химические элементы» соответствует множество названий химических элементов, а *термин* «Реагенты» сопоставляет реакциям множества их реагентов. *ВПЗ* позволяет хранить некоторые *знания* химии в базах данных (например, MOLBASE⁴, Reaxys⁵, PubChem⁶, CAS REGISTRY⁷ и др.).

Концептуализация знаний – это множество всех возможных *ВПЗ*.

Онтология знаний – *онтология*, которая задаёт явную *спецификацию концептуализации знаний*. *Онтология знаний* определяет названия понятий, используемых для представления *знаний ПрО*, и связи между этими понятиями (ограничения целостности *знаний*). *Онтология знаний* используется при разработке редакторов *знаний*.

Онтологические соглашения, задающие связи двух онтологий (*связи между онтологией знаний и онтологией действительности ПрО*) – это *онтологические соглашения*, задающие связи между *терминами онтологии знаний* и *онтологии действительности ПрО*. Эта дополнительная группа *онтологических соглашений* вводится для более точного описания

⁴ MOLBASE. – <http://www.molbase.com/>.

⁵ Reaxys. – <https://www.elsevierscience.ru/products/reaxys/>.

⁶ PubChem. – <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

⁷ CAS REGISTRY. – <https://www.cas.org/support/documentation/chemical-substances>.

свойств *ситуаций* (так как *знания ПрО* описывают свойства этих *ситуаций ПрО*) и используется при разработке методов решения классов задач и *программ* для их решения.

Модель знаний – это модель, объектом моделирования которой являются *знания ПрО*. Это конечная совокупность утверждений, записанных на естественном языке и в виде формализованных утверждений с использованием системы математических символов (степень формализации зависит от типа *профессиональной деятельности*).

Онтология ПрО может быть описана следующим образом [2].

- Для *ПрО*, в которых **знания не структурированы**:
 - *Онтология ПрО* совпадает с *онтологией действительности ПрО*;
 - Множество *онтологических соглашений* совпадает с множеством ограничений целостности действительности;
 - *Знания ПрО* представлены множеством утверждений, в *моделях знания ПрО* представлены в виде множества логических формул.
 - *Концептуализация ПрО* совпадает с *концептуализацией действительности ПрО*.
- Для *ПрО*, в которых все **знания структурированы**:
 - *Онтология ПрО* состоит из трёх компонент: *онтологии действительности ПрО*, *онтологии знаний* и описания взаимосвязей между ними;
 - Множество *онтологических соглашений* образует три подмножества: ограничения целостности действительности, ограничения целостности знаний, утверждения для описания взаимосвязей между действительностью и знаниями;
 - *Знания ПрО* представлены множеством значений *терминов* онтологии знаний. В *моделях знания* представлены в виде множества пар <термин онтологии знаний, значение термина>;
 - *Концептуализация ПрО* – это отношение между *концептуализацией знаний* и *концептуализацией действительности ПрО*.
- Для *ПрО*, в которых **часть знаний имеет структуру**:
 - *Онтология ПрО* состоит из трёх компонент: *онтологии действительности ПрО*, *онтологии знаний* и описания взаимосвязей между ними;
 - Множество *онтологических соглашений* образуют три подмножества: ограничения целостности действительности, ограничения целостности знаний, утверждения для описания взаимосвязей между действительностью и знаниями;
 - *Знания ПрО* представлены множеством утверждений (в *моделях знания* представлены в виде множества логических формул) и множеством значений *терминов онтологии знаний* (в *моделях знания* представлены в виде множества пар <термин онтологии знаний, значение термина>);
 - *Концептуализация ПрО* – это отношение между *концептуализацией знаний* и *концептуализацией действительности ПрО*.

Формулировки некоторых условий, необходимых в разработке моделей профессиональной деятельности на основе онтологического подхода, приведены в [8]:

- условия адекватности: математизации профессиональной деятельности, онтологии исходной концептуализации, концептуализации для совокупности информации, системы знаний для совокупности информации, онтологии *ПрО* концептуализации *ПрО*;
- критерий адекватности модели *ПрО*.

2 Алгоритм разработки спецификации предметной области

Алгоритм разработки спецификации *ПрО* включает в себя три этапа: онтолого-ориентированный анализ *ПрО*, синтез модели *ПрО* и проверку адекватности модели *ПрО*.

2.1 Онтолого-ориентированный анализ ПрО

На данном этапе происходит поиск концептуализации действительности. Как правило, аналитик работает с экспертом ПрО. Формируется полный список терминов для представления действительности и описания ситуаций действительности в данных терминах. Списки терминов, значений и ситуаций могут периодически пополняться. Смысл используемых терминов, их значений и представления ситуаций посредством этих терминов фиксируются аналитиком. Все значения должны быть отнесены к некоторой стандартной или нестандартной величине [8]. Признак завершения этапа анализа – все ситуации из списка выделенных ситуаций представлены как элементы концептуализации, величины выделены, смысл всех терминов предельно понятен аналитику, как и принципы представления ситуаций посредством этих терминов. Адекватная концептуализация считается найденной.

2.2 Синтез модели предметной области

Для найденной на первом этапе концептуализации строится адекватная ей онтология действительности. Итеративным образом формулируются онтологические соглашения.

Система знаний строится в той же форме, что и система онтологических соглашений. Осуществляется проверка, что каждая ситуация, представленная как элемент концептуализации, согласуется с системой знаний. Может быть составлен список ситуаций, которые входят в концептуализацию, но не входят в действительность. Система знаний уточняется.

2.3 Проверка адекватности модели ПрО

Для вывода об адекватности математизации профессиональной деятельности следующие утверждения обращаются в тавтологии (в листинге программы они называются *условиями адекватности математизации профессиональной деятельности*).

- Все утверждения модели онтологии и модели знаний обращаются в истину для всех моделей ситуаций.
- Модель адекватна ПрО, для которой она построена \Leftrightarrow модель действительности ПрО адекватно представляет действительность ПрО, то есть: $(\forall$ ситуации действительности \exists адекватная ей модель ситуации, входящая в модель действительности) & $(\forall$ модель ситуации, входящая в модель действительности, адекватна некоторой ситуации действительности этой ПрО).
- Модель ситуации адекватна некоторой ситуации действительности \Leftrightarrow вербальное представление этой ситуации совпадает с моделью прикладной логической теории, моделирующей эту ПрО.
- При любом нарушении тождественной истинности данных утверждений – вернуться к п. 2.1, иначе делается вывод об адекватной математизации профессиональной деятельности.

2.4 Программа реализации алгоритма на псевдоязыке

//Листинг алгоритма разработки спецификации ПрО

//Типы данных не указаны у аргументов, относящихся к внутреннему миру человека,

//например, информация в сознании эксперта ПрО, концептуализация

//главная функция – разработать Спецификацию ПрО()

//синтаксис подобен разработанному Ершовым А.П. [9].

алг Шаг1(арг инфВСознанЭкспертаПрО, рез таб Т)

| дано

| надо Т = полный список терминов, используемых для представления действительности

```
нач
| Т := Сформировать Т(инфВСознанЭкспертаПрО)
| Т
кон
```

алг Шаг2(арг инфВСознанЭкспертаПрО, арг таб Т, рез таб СитуацД)

```
| дано
| надо СитуацД = представительный список описаний ситуаций действительности в терминах Т
нач
| СитуацД := Сформировать СитуацД(инфВСознанЭкспертаПрО, Т)
| СитуацД
кон
```

алг Шаг3(арг инфВСознанЭкспертаПрО, арг таб Т, арг таб СитуацД, рез таб ИпользЗначения)

```
| дано
| надо ИпользЗначения = список уже использованных значений
нач таб ЧОтобр = множество частичных отображений уже выделенных терминов Т
в множество некоторых значений
| ЧОтобр := Сформировать ЧОтобр(инфВСознанЭкспертаПрО, Т, СитуацД)
| ИпользЗначения := Сформировать ИпользЗначения(ЧОтобр)
| ИпользЗначения
кон
```

алг Шаг4(арг инфВСознанЭкспертаПрО, арг таб ипользЗнач, рез таб ИпользВеличины)

```
| дано
| надо ИпользВеличины = список всех использованных величин
нач таб нестандартВеличины = множество всех нестандартных величин
| ИпользВеличины := Определить список всех использованных
величин(инфВСознанЭкспертаПрО, ипользЗнач)
| ИпользВеличины := ИпользВеличины ∪
нестандартВеличины(инфВСознанЭкспертаПрО, ипользЗнач)
| ИпользВеличины
кон
```

алг Этап1(арг инфВСознанЭкспертаПрО, рез адекватКонцептуализац)

```
| дано
| надо адекватКонцептуализац
нач таб списокТерм1, таб списокСитуацДейств1, таб списокВеличин1
| нц
| | списокТерм1 := Шаг1(инфВСознанЭкспертаПрО)
| | списокСитуацДейств1 := Шаг2(инфВСознанЭкспертаПрО, списокТерм1)
| | списокВеличин1 := Шаг4(инфВСознанЭкспертаПрО,
Шаг3(инфВСознанЭкспертаПрО,
списокТерм1,
списокСитуацДейств1))
| | адекватКонцептуализац := НайтиАдекватКонцептуализац(списокТерм1,
списокСитуацДейств1,
списокВеличин1)
| кц пока НЕ((все идеи из списка списокСитуацДейств1 представлены как
элементы концептуализации)
И (все величины списокВеличин1 выделены)
И (смысл всех терминов из списокТерм1 и принципы представления
с их помощью информации понятны аналитику))
| адекватКонцептуализац
кон
```

алг СформОнтолСогл(арг инфВСознанЭкспертаПрО, арг Концептуал, арг таб Онтол, рез таб ОнтСогл)

```
| дано
```

```

| надо ОнтСогл = список всех возможных онтологических соглашений для
| онтологии ОнтОл, явно специфицирующей концептуализацию Концептуал
нач таб бессмысленСитуац
| нц
| | бессмысленСитуац := Определить список бессмысленных ситуаций(
| инфВСознанЭкспертаПрО, Концептуал, ОнтОл)
| | ОнтСогл := Определить список онтологических соглашений(
| инфВСознанЭкспертаПрО, Концептуал, ОнтОл,
| бессмысленСитуац)
| кц пока НЕ(систематизированы(ОнтСогл))
| ОнтСогл
кон

```

алг Этап2(арг инфВСознанЭкспертаПрО, арг адекватКонцептуализац, рез таб модельПрО)

```

| дано
| надо таб модельПрО = (таб онтолДействит, таб систЗнаний)
нач таб онтСогл, таб онтолДействит, таб систЗнаний
| нц
| | онтолДействит := Построение первоначальной онтологии
| действительности(инфВСознанЭкспертаПрО, адекватКонцептуализац)
| | онтСогл := СформОнтОлСогл(инфВСознанЭкспертаПрО, адекватКонцептуализац,
| онтолДействит)
| | онтолДействит := онтолДействит ∪ онтСогл
| | систЗнаний := Построение первоначальной системы знаний в терминах онтологии
| (инфВСознанЭкспертаПрО, онтолДействит)
| | нц
| | | систЗнаний := Уточнение(инфВСознанЭкспертаПрО, онтолДействит, систЗнаний)
| | кц пока НЕ(систематизирована система знаний)
| кц пока НЕ(систематизирована модель ПрО(инфВСознанЭкспертаПрО, адекватКонцептуализац,
| онтолДействит, систЗнаний))
| модельПрО := (онтолДействит, систЗнаний)
| модельПрО
кон

```

алг Этап3(арг инфВСознанЭкспертаПрО, рез таб МодельПрОАдекв)

```

| дано условия адекватности математизации профессиональной деятельности
| надо МодельПрОАдекв
нач адеквКонц, таб МодельПрО, лог явлАдекватнойМоделью, таб МодельПрОАдекв
| явлАдекватнойМоделью := ЛОЖЬ
| нц
| | адеквКонц := Этап1(инфВСознанЭкспертаПрО)
| | МодельПрО := Этап2(инфВСознанЭкспертаПрО, адеквКонц)
| | МодельПрОАдекв := МодельПрО
| | если условия адекватности математизации профессиональной
| | деятельности выполнены(адеквКонц, МодельПрО)
| | | то явлАдекватнойМоделью := ИСТИНА
| | всё
| кц пока НЕ(явлАдекватнойМоделью)
| МодельПрОАдекв
кон

```

алг разработатьСпецификациюПрО()

```

| дано условия адекватности математизации профессиональной деятельности
| надо
нач таб МодельПрО
| МодельПрО := Этап3(инфВСознанЭкспертаПрО)
| вывод "Адекватная математизация найдена: ", МодельПрО
кон

```

3 Онтолого-ориентированный анализ ПрО химических элементов

3.1 Неформальная постановка задачи

Таблица Д.И. Менделеева может быть раскрашена в разные наборы цветов в зависимости от того, какие свойства химических элементов надо учитывать при их классификации. В данной задаче необходимо раскрасить таблицу Д.И. Менделеева в четыре цвета (по традиции ИЮПАК): красный, жёлтый, голубой и белый (без краски) [10]. Номер элемента известен. Элементы одного цвета имеют один тип. Тип элемента назначается в зависимости от изотопного состава, а также значений атомной массы. Некоторые значения атомных масс являются универсальными постоянными (константами природы). Необходимо, чтобы цвет раскрашенного элемента соответствовал присвоенному ему цвету ИЮПАК (рисунок 1).

3.2 Анализ понятий

После неформальной постановки задачи необходимо проанализировать термины, упомянутые в формулировке задачи. Важно рассмотреть, как менялось данное понятие за определённый промежуток времени (релевантный задаче), а также установить связи упомянутых в формулировке понятий друг с другом и с другими понятиями ПрО (релевантными задаче).

Понятию «Элементы» соответствует количество протонов в ядре (от 1 до 118). Понятие «Атомная масса» имеет богатую научную историю. Его значение менялось несколько раз⁸. Пришло понимание, что «Атомные массы» не являются универсальными постоянными, как считалось ранее (хотя для моноизотопных элементов «Атомная масса» и должна считаться универсальной постоянной). Необходимо рассмотреть классы, на которые можно классифицировать химические элементы в соответствии с данными об изотопных составах и атомных масс.

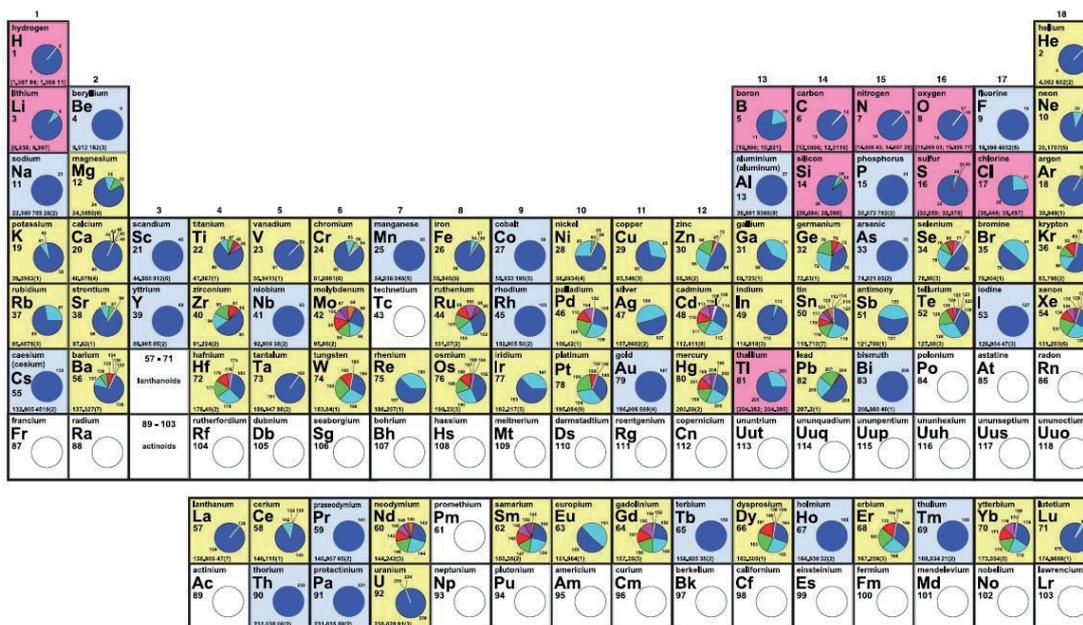


Рисунок 1 – Периодическая таблица изотопов ИЮПАК [10]

⁸ После открытия двух стабильных изотопов неона: ^{20}Ne и ^{22}Ne – Джозефом Джоном Томсоном, Альфред Ньер, разделивший с помощью масс-спектрометра ^{238}U и ^{235}U , в 1939 г. сообщил о 5% расхождении в $^{12}\text{C}^{13}\text{C}$, подтверждая тот факт, что изотопный состав, а, следовательно, и «Атомная масса» некоторых элементов разнятся в природе [14].

3.3 Анализ объемов понятий

В соответствии с проведенным анализом понятия «Атомная масса» далее определены объёмы этого понятия для различных типов химических элементов. В соответствии с раскраской ИЮПАК любой элемент Периодической таблицы должен быть отнесён к одному из четырёх классов с соответствующей раскраской: *тип 1 (красной)*; *тип 2 (жёлтой)*; *тип 3 (голубой)*; *тип 4 (белой)*.

Представление объёмов понятий «Атомная масса» для элемента каждого типа показано на рисунке 2. Описание синтаксиса и семантики термов, формул и предложений языка прикладной логики для задания прикладных логических теорий приведено в [4].

Единое понятие «Атомная масса» для всех четырёх типов элементов будет иметь следующий объём:

сорт Атомная масса (элемент типа 1 – 4):

$$\{(v: \{ \} R) \mu(v) > 1\} \cup \{(v: \{ \} R) \mu(v) = 1\} \cup \{(v: \{ \} R) \mu(v) = 1\} \cup \{\emptyset\}$$

Выполнив элементарные теоретико-множественные операции, можно получить:

сорт Атомная масса: { }R.

В процессе установления объёмов понятий могут быть найдены пропущенные ранее понятия ПрО, необходимые для решения задачи. Для указанной задачи, помимо основного понятия «Атомная масса», необходимы также следующие понятия: «Количество стабильных изотопов», «Являться константой природы для атомной массы». Их объёмы указаны далее в модели.

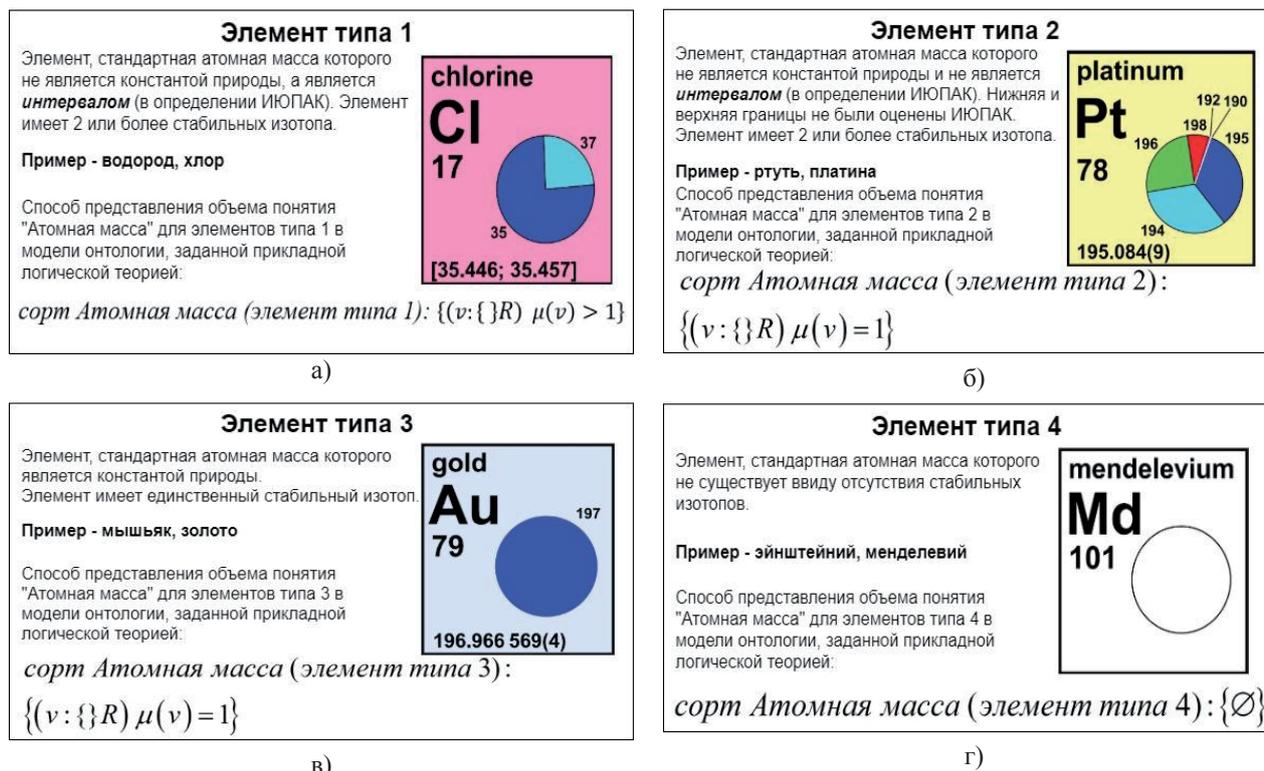


Рисунок 2 – Представление типов элементов в модели онтологии и таблице Д. И. Менделеева:

а) тип 1; б) тип 2; в) тип 3; г) тип 4

3.4 Анализ задач профессиональной деятельности

Проведённый анализ понятий ПрО и анализ объёмов понятий позволяют сделать следующие выводы. Объектом задачи является химический элемент. Результат решения задачи – предполагаемый класс химического элемента.

Классы химических элементов: тип 1; тип 2; тип 3; тип 4. При определении класса химического элемента анализируются значения следующих **признаков**:

- количество стабильных изотопов;
- атомная масса;
- являться константой природы для атомной массы.

Для кодирования значения свойства «количество стабильных изотопов» используется размерное значение с размерностью = 0 [8].

Для кодирования значения свойства «Атомная масса» используется размерное значение а.е.м. (размерность «атомные единицы массы» - отношение массы данного элемента к 1/12 массы изотопа углерода ^{12}C).

Для кодирования значения свойства «являться константой природы для атомной массы» используется логическое значение.

Анализ смысла ситуации. Ситуация – это случай определения специалистом класса элемента в таблице Д.И. Менделеева. В каждой ситуации рассматривается один экземпляр элемента. Определяя класс элемента, специалист определяет значения признаков элементов. Например, «количество стабильных изотопов» = 2.

4 Синтез модели ПрО химических элементов

4.1 Формальная постановка задачи

Спецификация задачи о раскраске таблицы Д.И. Менделеева в соответствии с данными о значениях атомных масс и изотопных составах элементов может иметь следующий вид:

Входные данные \equiv { Раскраска класса }

Выходные данные \equiv { Раскрашенная таблица Д.И. Менделеева }

Элементы \equiv $I[1, 118]$

сорт Раскрашенная таблица Д.И. Менделеева: Элементы \rightarrow Цвет ячейки

Задача о раскраске таблицы Д.И. Менделеева естественным образом может быть декомпозирована на подзадачу определения цвета ячейки, соответствующей химическому элементу с атомным номером *Элемент*:

Входные данные \equiv { Раскраска класса, Элемент }

Выходные данные \equiv { Цвет ячейки }

Модель онтологии ПрО является нетривиальной моделью онтологии. В нетривиальной модели онтологии система понятий действительности отделена от системы понятий знаний. Прикладная логическая теория построена с использованием языка прикладной логики [4]. Описание подхода к разработке моделей онтологий с помощью прикладных логических теорий приведена в [7].

4.2 Построение модели онтологии

Определения вспомогательных терминов.

Множество значений $\equiv R \cup I \cup N \cup L \cup ((\{ \} (R \cup I \cup N \cup L)) \setminus \{ \emptyset \})$.

Вспомогательный термин «Множество значений» обозначает объединение множеств целых и вещественных чисел, множества обозначений, множества-носителя булевой алгебры, а также всех их возможных подмножеств.

Элементы $\equiv I[1, 118]$.

Вспомогательный термин «Элементы» обозначает множество возможных значений химических элементов. Химический элемент однозначно определяется своим атомным номером – количеством протонов в ядре атома.

Описание сортов терминов для описания знаний.

Сорт Класс элемента: $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Класс элемента» обозначает конечное множество названий классов, к которым относятся химические элементы.

Сорт Цвет: $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Цвет» обозначает конечное множество названий цветов для раскраски ячеек химических элементов в таблице Д.И. Менделеева.

Сорт Раскраска класса: *Класс элемента* \rightarrow *Цвет*. Термин «Раскраска класса» обозначает функцию, сопоставляющую каждому названию класса химических элементов название цвета (для раскраски ячеек химических элементов, относящихся к данному классу, в этот цвет в таблице Д.И. Менделеева).

Сорт Признаки: $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Признаки» обозначает конечное множество названий признаков химического элемента.

Сорт Размерные признаки: $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Размерные признаки» обозначает конечное множество названий размерных признаков химического элемента.

Сорт Логические признаки: $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Логические признаки» обозначает конечное множество названий логических признаков химического элемента.

Сорт Скалярные признаки: $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Скалярные признаки» обозначает конечное множество названий скалярных признаков химического элемента.

Сорт Возможные значения: *Признаки* \rightarrow *Множество значений*. Термин «Возможные значения» обозначает функцию, сопоставляющую каждому признаку объект из множества значений.

Сорт Область возможных значений размерных признаков: *Размерные признаки* \rightarrow $(\{ \}R \cup I) \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Область возможных значений размерных признаков» обозначает функцию, сопоставляющую каждому размерному признаку объект из множества $(\{ \}R \cup I) \setminus \{ \emptyset \}$.

Сорт Область возможных значений логических признаков: *Логические признаки* \rightarrow $\{ \}L \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Область возможных значений логических признаков» обозначает функцию, сопоставляющую каждому логическому признаку объект из множества $\{ \}L \setminus \{ \emptyset \}$.

Сорт Область возможных значений скалярных признаков: *Скалярные признаки* \rightarrow $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$. Термин «Область возможных значений скалярных признаков» обозначает функцию, сопоставляющую каждому скалярному признаку объект из множества $\{ \}N \setminus \{ \emptyset \}$.

Сорт Признаковое описание класса элемента: *Класс элемента* \rightarrow $\{ \}$ *Признаки*. Термин «Признаковое описание класса элемента» обозначает функцию, сопоставляющую каждому классу химических элементов подмножество множества признаков, образующих признаковое описание этого класса химических элементов.

Сорт Значение для класса элемента: $\{ (v: \times \text{Класс элемента}, \text{Признаки}) \mid \pi(2, v) \in \text{Признаковое описание класса элемента}(\pi(1, v)) \} \rightarrow$ *Множество значений*. Термин «Значение для класса элемента» обозначает функцию, сопоставляющую каждому классу химических элементов и признаку, входящему в признаковое описание этого класса химических элементов, область значений этого признака.

Ограничения целостности знаний.

- $(v: \text{Класс элемента}) \text{ Признаковое описание класса элемента}(v) \neq \emptyset$. Для любого класса химических элементов множество признаков, принадлежащих признаковому описанию этого класса химических элементов, содержит хотя бы один элемент.

- $(v_1: \text{Класс элемента}) (v_2: \text{Признаковое описание класса элемента}(v_1))$ Значение для класса элемента $(v_1, v_2) \neq \emptyset$. Для любого класса химических элементов, для любого признака, характерного для данного класса химических элементов, множество значений этого признака для этого класса химических элементов содержит хотя бы один элемент.
- $(v_1: \text{Класс элемента}) (v_2: \text{Признаковое описание класса элемента}(v_1))$ Значение для класса элемента $(v_1, v_2) \subseteq \text{Возможные значения}(v_2)$. Для любого класса химических элементов, для любого признака, характерного для данного класса химических элементов, множество значений этого признака для этого класса химических элементов является подмножеством множества возможных значений этого признака.
- $(x_1: \text{Класс элемента}) (x_2: \text{Класс элемента})$
 $\text{Раскраска класса}(x_1) = \text{Раскраска класса}(x_2) \Rightarrow x_1 = x_2$
Раскраска класса – это инъективное отображение.
- $(\forall(y: \text{Цвет}) (\exists(z: \text{Класс элемента}) \text{Раскраска класса}(z) = y))$
Раскраска класса – это сюръективное отображение.
- Из ограничений целостности знаний (4) и (5) следует, что *Раскраска класса – это биективное отображение.*

Определение системы понятий действительности. Описание сортов терминов для описания ситуаций.

- *сорт Элемент: Элементы.* Термин «Элемент» обозначает атомный номер данного экземпляра химического элемента.
- *сорт Класс экземпляра хим. элемента: Класс элемента.* Термин «Класс экземпляра хим. элемента» обозначает класс данного экземпляра химического элемента.
- *сорт Признаковое описание экземпляра хим. элемента: { } Признаки.* Термин «Признаковое описание экземпляра хим. элемента» обозначает подмножество множества признаков химического элемента, которые были определены специалистом.
- *сорт Значение признака экземпляра хим. элемента: Признаковое описание экземпляра хим. элемента \rightarrow Множество значений.* Термин «Значение признака экземпляра хим. элемента» обозначает функцию, сопоставляющую каждому признаку из признакового описания экземпляра химического элемента значение этого признака.
- *сорт Цвет ячейки: Цвет.* Термин «Цвет ячейки» обозначает название цвета для раскраски ячейки химического элемента в таблице Д.И. Менделеева.

Ограничения целостности ситуаций.

Признаковое описание экземпляра хим. элемента $\neq \emptyset$. Признаковое описание экземпляра химического элемента содержит хотя бы один признак.

Связь между знаниями и действительностью.

- $(\forall(v: \text{Признаковое описание экземпляра хим. Элемента})$
 $\text{Значение признака экземпляра хим. элемента}(v) \in \text{Возможные значения}(v))$. Для любого признака экземпляра химического элемента - значение этого признака является элементом множества возможных значений для этого признака.
- $(\forall(v: \text{Признаковое описание экземпляра хим. элемента})$
 $\text{Значение признака экземпляра хим. элемента}(v) \in \text{Значение для класса элемента}(\text{Класс экземпляра хим. элемента}, v))$. Значения признаков из признакового описания экземпляра химического элемента принадлежат множеству значений этих признаков для класса химических элементов, к которому относится данный экземпляр.
- $\text{Раскраска класса}(\text{Класс экземпляра хим. элемента}) = \text{Цвет ячейки}$. Цвет ячейки данного экземпляра химического элемента совпадает с цветом ячеек, определенным функ-

цией «Раскраска класса» для класса химических элементов, к которому относится данный экземпляр.

4.3 Модель знаний Про

Класс элемента $\equiv \{ \text{Тип1}, \text{Тип2}, \text{Тип3}, \text{Тип4} \}$

Цвет $\equiv \{ \text{Красный}, \text{Жёлтый}, \text{Голубой}, \text{Белый} \}$

Раскраска класса $\equiv (\lambda(v: \text{Класс элемента}) / (v = \text{Тип1} \Rightarrow \text{Красный})(v = \text{Тип2} \Rightarrow \text{Жёлтый})(v = \text{Тип3} \Rightarrow \text{Голубой})(v = \text{Тип4} \Rightarrow \text{Белый}) /)$

Признаки $\equiv \{ \text{Количество стабильных изотопов}, \text{Атомная масса}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \}$

Размерные признаки $\equiv \{ \text{Количество стабильных изотопов}, \text{Атомная масса} \}$

Логические признаки $\equiv \{ \text{Являться константой природы для атомной массы} \}$

Признаки = *Размерные признаки* \cup *Логические признаки*

Возможные значения $\equiv (\lambda(v: \text{Признаки}) / (v = \text{Количество стабильных изотопов} \Rightarrow I[0, \infty)(v = \text{Атомная масса} \Rightarrow \{ \}R \setminus \{ \emptyset \})(v = \text{Являться константой природы для атомной массы} \Rightarrow L) /)$

Признаковое описание класса элемента $\equiv (\lambda(v: \text{Класс элемента}) / (v \in \{ \text{Тип1}, \text{Тип2}, \text{Тип3} \} \Rightarrow \{ \text{Количество стабильных изотопов}, \text{Атомная масса}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \})(v \in \{ \text{Тип4} \} \Rightarrow \{ \text{Количество стабильных изотопов} \}) /)$

Значение для класса элемента $\equiv (\lambda(\text{pair}: \{$

$\langle \text{Тип1}, \text{Количество стабильных изотопов} \rangle, \langle \text{Тип1}, \text{Атомная масса} \rangle,$

$\langle \text{Тип1}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \rangle,$

$\langle \text{Тип2}, \text{Количество стабильных изотопов} \rangle, \langle \text{Тип2}, \text{Атомная масса} \rangle,$

$\langle \text{Тип2}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \rangle,$

$\langle \text{Тип3}, \text{Количество стабильных изотопов} \rangle, \langle \text{Тип3}, \text{Атомная масса} \rangle,$

$\langle \text{Тип3}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \rangle,$

$\langle \text{Тип4}, \text{Количество стабильных изотопов} \rangle \}$

$/$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип1}, \text{Количество стабильных изотопов} \rangle \Rightarrow I[2, \infty))$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип1}, \text{Атомная масса} \rangle \Rightarrow \{(v: \{ \}R) \mu(v) > 1\})$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип1}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \rangle \Rightarrow \{ \text{false} \})$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип2}, \text{Количество стабильных изотопов} \rangle \Rightarrow I[2, \infty))$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип2}, \text{Атомная масса} \rangle \Rightarrow \{(v: \{ \}R) \mu(v) = 1\})$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип2}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \rangle \Rightarrow \{ \text{false} \})$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип3}, \text{Количество стабильных изотопов} \rangle \Rightarrow \{ 1 \})$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип3}, \text{Атомная масса} \rangle \Rightarrow \{(v: \{ \}R) \mu(v) = 1\})$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип3}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \rangle \Rightarrow \{ \text{true} \})$

$(\text{pair} = \langle \text{Тип4}, \text{Количество стабильных изотопов} \rangle \Rightarrow \{ 0 \})$

$/)$

4.4 Пример модели ситуации

Элемент $\equiv 33$

Класс экземпляра хим. элемента $\equiv \text{Тип3}$

Признаковое описание экземпляра хим. элемента $\equiv \{ \text{Количество стабильных изотопов}, \text{Атомная масса}, \text{Являться константой природы для атомной массы} \}$

Значение признака экземпляра хим. элемента $\equiv (\lambda(v: \text{Признаковое описание экземпляра хим. элемента}) / (v = \text{Количество стабильных изотопов} \Rightarrow 1)(v = \text{Атомная масса} \Rightarrow$

$\{ 74.92160(2) \})(v = \text{Являться константой природы для атомной массы} \Rightarrow \text{true}) /)$

Цвет ячейки $\equiv \text{Голубой}$

4.5 Проверка адекватности модели Про

Осуществляется проверка истинности всех утверждений модели онтологии и модели знаний для всех моделей ситуаций:

- все предложения онтологических соглашений обращаются в истину после выполнения всех допустимых подстановок;
- все предложения модели знаний обращаются в истину после выполнения всех допустимых подстановок.

Модель адекватна ПрО. Данная математизация профессиональной деятельности может считаться адекватной ввиду того, что результаты решений прикладных задач этого класса, полученные таким образом, каждый раз соответствуют действительности.

Заключение

В наукоёмких ПрО меняться могут как знания, так и онтология, что неоднократно подтверждалось на протяжении истории науки. Современные понятия химии регулярно уточняются благодаря развитию различных подобластей химии, таких как квантовая и физическая химии. При разработке ИС этот факт должен учитываться с целью продления жизненного цикла ИС. Разработка ИС, в которых предусмотрена возможность изменения как модели знаний, так и модели онтологии должна предваряться онтолого-ориентированным анализом (цель которого – найти адекватную концептуализацию ПрО) и синтезом модели ПрО, а также проверкой адекватности модели объекту моделирования. Новизна работы заключается в разработке алгоритма создания спецификации ПрО и решения задачи классификации химических элементов в соответствии с данными об изотопных составах и значениях атомных масс. Определение класса химического элемента для раскраски таблицы изотопов ИЮПАК (таблицы Д.И. Менделеева) выполнено на основании анализа некоторых признаков, таких как «Атомная масса» и «Изотопный состав».

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90137

Список источников

- [1] **Gruber, T.R.** A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*. 1993; 5 (2): 199-220. DOI: 10.1006/knac.1993.1008.
- [2] **Artemieva, I.L.** Ontology development for domains with complicated structures. *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 6581 LNAI. 2011: 184-202. ISBN: 978-364222139-2. DOI: 10.1007/978-3-642-22140-8_12.
- [3] IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the «Gold Book»). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Online version (2019) created by S.J. Chalk. ISBN 0-9678550-9-8. – <https://doi.org/10.1351/goldbook>.
- [4] **Kleshchev, A.S.** A mathematical apparatus for domain ontology simulation. An extendable language of applied logic / A.S. Kleshchev, I.L. Artemjeva // *Int. J. Inf. Theor. Appl.* 2005; 12 (2): 149-157.
- [5] **Клещёв, А.С.** Онтология задач интеллектуальной деятельности / А.С. Клещёв, Е.А. Шалфеева // *Онтология проектирования*. – 2015. – Т.5, № 2(16). С.179-205. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-2-179-205.
- [6] **Клещёв, А.С.** Парадигма автоматизации интеллектуальной профессиональной деятельности. Часть 1. Особенности интеллектуальной профессиональной деятельности / А.С. Клещёв, М.Ю. Черняховская, Е.А. Шалфеева // *Онтология проектирования*. - 2013. - № 3(9). - С.53-69.
- [7] **Клещёв, А.С.,** Необогатенные системы логических соотношений. Часть 1 / А.С. Клещёв, И.Л. Артемьева // *НТИ*. - 2000. - № 2(7). - С.18-28.
- [8] **Клещёв, А.С.** Основы анализа и формализации информации. Курс лекций / А.С. Клещёв. - ДВГУ. ИАПУ. 2005. - 143 с.
- [9] **Ершов, А.П.** Введение в теоретическое программирование: беседы о методе/ А.П. Ершов. – М.: Наука, 1977. – 288 с.

[10] *Nier, A.O.C.* Variations in the relative abundance of the carbon isotopes / A.O.C. Nier, E.A. Gulbransen // *J. Am. Chem. Soc.* – 1939. -61: 697.

Сведения об авторах



Гуляева Карина Александровна, 1991 г. рождения. Аспирант Дальневосточного федерального университета (ДФУ). Ассистент кафедры прикладной математики, механики, управления и программного обеспечения ДВФУ. AuthorID (РИНЦ): 1027555. Author ID (Scopus): 57041205000. <http://orcid.org/0000-0003-0226-5072>. kgulyayeva@gmail.com.

Артемьева Ирина Леонидовна, 1956 г. рождения. Профессор, д.т.н., заведующая кафедрой прикладной математики, механики, управления и программного обеспечения ДВФУ. Научные интересы: искусственный интеллект и принятие решений, инструментальные и прикладные интеллектуальные системы, системы, основанные на знаниях, онтологии и их модели, специализированные программные модели и системы. AuthorID (РИНЦ): 7398. Author ID (Scopus): 57216239506. Researcher ID (WoS): D-9649-2014. artemeva.il@dvfu.ru.



Поступила в редакцию 02.09.2020, после рецензирования 14.09.2020. Принята к публикации 25.09.2020.

Special aspects of the ontological approach application in intelligent system development for certain types of problems in chemistry

К.А. Gulyaeva, I.L. Artemieva

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Abstract

The article describes several aspects of the ontological approach application to the intelligent system development. This approach is grounded on the application domain modeling by means of applied logic theories. The basic thesaurus for the development of professional activity models is created (based on the ontological approach). All the definitions from this dictionary are presented. The examination of the “Atomic weight” term and other chemistry term evolution brings to the sharp focus the fact that in the knowledge-intensive application domains not only the knowledge but also the ontology changes over time. Consequently, intelligent system developer should consider the opportunity of knowledge and metaknowledge alteration to prolong the intelligent system lifecycle and intelligent system update. For this purpose, intelligent system development should start after the application domain specification modelling. The created algorithm for the development of the application domain specification, which includes three steps: ontological analysis of the application domain, the major purpose of which consists in the search of the adequate conceptualization, includes the following subtasks: informal problem statement, concept analysis, scope analysis, situation analysis – synthesis of the application domain model and proving the hypothesis of the model adequacy. The steps of the algorithm are supported by the description of the intellectual activity task solution. This problem is the classification problem. The novelty of the article is the solution developed for the classification of the chemical elements in Mendeleev’s Periodic table based on the values of the isotope abundance and atomic weight. Major steps of application domain ontology model development are illustrated with the help of the solution to the stated problem. The model that this article provides includes the knowledge ontology and the situation ontology. The key steps of the application domain specification development: ontological analysis, ontology model synthesis, and adequacy criteria – are discussed the most thoroughly.

Key words: *ontology, applied logic theory, ontology model, isotope abundance, standard atomic weight.*

Citation: *Gulyaeva KA, Artemieva IL.* Special aspects of the ontological approach application in intelligent system development for certain types of problems in chemistry [In Russian]. *Ontology of designing.* 2020; 10(3): 307-326. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-307-326.

Acknowledgment: The reported study was funded by RFBR, project number 19-37-90137.

List of figures and table

Table 1 – Evolution of definitions of the terms "Atom" and "Molecule"

Figure 1 – Periodic table of IUPAC isotopes

Figure 2 – Representation of type elements in the ontology model and D.I. Mendeleev's table

References

- [1] **Gruber TR.** A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*. 1993; 5 (2): 199-220. DOI: 10.1006/knac.1993.1008.
- [2] **Artemieva IL.** Ontology development for domains with complicated structures. *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 6581 LNAI. 2011: 184-202. ISBN: 978-364222139-2. DOI: 10.1007/978-3-642-22140-8_12.
- [3] IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the «Gold Book»). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Online version (2019-) created by S. J. Chalk. ISBN 0-9678550-9-8. <https://doi.org/10.1351/goldbook>.
- [4] **Kleshchev AS, Artemjeva IL.** A mathematical apparatus for domain ontology simulation. An extendable language of applied logic. *Int. J. Inf. Theor. Appl.* 2005; 12 (2): 149-157.
- [5] **Kleshchev AS, Shalfeeva EA.** An ontology of intellectual activity tasks [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2015; 5: 179-205. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-2-179-205.
- [6] **Kleshchev AS, Chernyahovskaya MYu, Shalfeeva EA.** The paradigm of automation of intellectual professional activity. Part 1. Special aspects of intellectual activity tasks [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2013; 3(9): 53-69.
- [7] **Kleshchev AS, Artemieva, IL.** Unenriched systems of logical relations [In Russian]. Part 1. *NTI*. 2000; 2(7): 18-28.
- [8] **Kleshchev AS.** The basics of information analysis and formalization [In Russian]. Lectures. FEFU. IACP. 2005. 143 p.
- [9] **Ershov AP.** Introduction to Theoretical Programming: Conversations about the Method [In Russian]. Moscow: Nauka, 1977. 288 p.
- [10] **Nier AOC, Gulbransen EA.** Variations in the relative abundance of the carbon isotopes. *J. Am. Chem. Soc.* 1939. - 61: 697.

About the authors

Karina A. Gulyaeva (b. 1991). Student pursuing PhD degree (Far Eastern Federal University). Assistant (Dept. Applied Mathematics, Mechanics, Control and Software Engineering, FEFU). AuthorID (RSCI): 1027555. Author ID (Scopus): 57041205000. <http://orcid.org/0000-0003-0226-5072>. kgulyayeva@gmail.com.

Irina L. Artemieva (b. 1956). Professor, Dr.Tec.Sci., Head of Dept. Applied Mathematics, Mechanics, Control and Software Engineering, FEFU. Scientific interests: Artificial Intelligence and decision making, Instrumental and applied intelligent systems, Knowledge-based systems, Ontologies and ontology models, Specialized program models and systems. AuthorID (RSCI): 7398. Author ID (Scopus): 57216239506. Researcher ID (WoS): D-9649-2014. artemeva.il@dvfu.ru.

Received September 02, 2020. Revised September 14, 2020. Accepted September 25, 2020.

Онтологический подход к построению цифровых двойников объектов и систем энергетики

Л.В. Массель, Т.Н. Ворожцова

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия

Аннотация

Рассматриваются предпосылки применения онтологического подхода к построению цифровых двойников, учитывая имеющиеся результаты в области онтологического инжиниринга систем энергетики. Предлагается использовать известный опыт разработки математических моделей объектов и систем энергетики разных уровней, а также опыт построения онтологий задач и методов, онтологических моделей для описания и накопления экспертных знаний, для построения и интеграции математических, имитационных и онтологических моделей, как основы цифровых двойников. Приводятся основные понятия в области цифровых двойников, рассматриваются основные типы цифровых двойников и их отличие от «цифровых теней». Предложены этапы перехода к цифровым двойникам, включающие онтологический инжиниринг предметной области и построение соответствующих онтологических моделей. Приведены примеры онтологий предметной области, связанной с теплоэнергетикой и онтологии на языке XML для тепловой электростанции. При создании цифровых двойников предварительно выполняется структурирование знаний предметной области с помощью онтологических моделей, на основе которых осуществляется построение информационных и математических моделей, составляющих основу цифровых двойников, и разработка программных комплексов.

Ключевые слова: цифровой двойник, энергетические системы, онтология, онтологический инжиниринг, математическая модель.

Цитирование: Массель, Л.В. Онтологический подход к построению цифровых двойников объектов и систем энергетики / Л.В. Массель, Т.Н. Ворожцова // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №3(37). – С.327-337. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-327-337.

Введение

Создание цифровых двойников – это один из современных трендов в развитии цифровых технологий. По данным института Гартнера¹, «цифровой двойник» вошёл в десятку главных стратегических технологических трендов 2019 года. Актуальность построения цифровых двойников обусловлена проблемами развития энергетической отрасли в условиях реализации программы цифровизации экономики и задач, сформулированных в рамках стратегической программы исследований энергетики и проекта «Цифровая энергетика» [1].

Концепция цифровых двойников может быть использована для решения задач интеллектуального управления системами энергетики на разных уровнях и этапах их функционирования, в том числе мониторинга, оценки ситуаций и принятия решений, а также, проектирования и прогнозирования развития объектов и систем энергетики.

В статье рассматриваются возможности использования результатов научных исследований, выполняемых в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН на основе математического моделирования и семантических технологий, в частности, онтологического моделирования для разработки цифровых двойников объектов и систем энергетики [2].

¹ <https://www.gartner.com/>

Семантические технологии используются для обработки и интеграции данных и позволяют работать со смыслом информации, структурировать концептуализированные знания [3]. В статье рассматривается онтологический подход к построению цифровых двойников на примере систем теплоэнергетики.

1 Понятие цифровых двойников

Концепция цифровых двойников (*Digital Twin*) относится к числу базовых элементов высокотехнологичной и интеллектуальной системы управления в контексте четвёртой промышленной революции (*Industry 4.0*) [4, 5]. Разработка цифровых двойников объектов энергетики расширит возможности решения задач проектирования, прогнозирования и управления в системах энергетики за счет моделирования структуры объектов и производственных процессов, имитации их деятельности с помощью разработанных моделей.

Стратегическая программа исследований технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России»², предусматривает ряд ключевых технологий для реализации в интеллектуальных системах управления развитием и функционированием энергетических систем [6-8]. К ним относятся технологии мониторинга и оценки ситуаций, в том числе оценки устойчивости состояния энергосистемы, выработки и принятия решений; технологии обмена данными на основе единого информационно-технологического пространства, включающие описание процессов управления, массивов характеристик объектов и нормативно-справочной информации; технологии создания приложений, обеспечивающих обработку и анализ данных, необходимые расчёты для принятия управленческих решений и др.

Создание цифровых двойников энергетических систем рассматривается как один из инструментов в интеллектуальных системах управления развитием и функционированием энергетических систем и комплексов. Строгого определения понятия «цифровой двойник» пока не существует [9-12], однако смысл появления такого термина состоит в том, чтобы создать виртуальную модель или прототип физического объекта, отображающие его компоненты и процесс функционирования с использованием реальных или виртуальных данных [13, 14]. Основные задачи такого моделирования – управление функционированием объекта, прогнозирование его поведения, проверка гипотез и проведение экспериментов, основываясь на реальных или экспериментальных данных [15, 16].

Рассматриваются следующие типы цифровых двойников [10, 11]:

- двойник-прототип, как аналог реального объекта, содержащий информацию для описания его жизненного цикла от производства до утилизации;
- двойник-экземпляр, основанный на информации о составе, материалах, комплектующих и данных о мониторинге конкретного реального объекта;
- агрегированный двойник содержит информацию двойника-прототипа и двойника-экземпляра.

Выделяют цифровые двойники продукта, процесса и системы [10]. В [16] вводится понятие «цифровой образ», который, наряду с моделями и данными объекта техники, включает в себя поведенческие и когнитивные модели связанной с ним человеческой деятельности (например, операторов оборудования, административного персонала). Используется также понятие «цифровая тень», которое определяют как систему связей и зависимостей, описыва-

² Технологическая платформа «Интеллектуальная электроэнергетическая система России»

http://rosenergo.gov.ru/regulations_and_methodologies/tehnologicheskaya_platforma_tp_ies.

<https://in.minenergo.gov.ru/tek/prioriteti/perspektivnye-tehnologicheskie-napravleniya/tehnologicheskaya-platforma-intellektualnaya-elektroenergeticheskaya-sistema-rossii>

ющих поведение реального объекта, и содержащихся в данных, получаемых с реального объекта при помощи сетевых технологий. Цифровая тень способна предсказать поведение реального объекта только в тех условиях, в которых осуществлялся сбор данных, но не позволяет моделировать другие ситуации [11].

Анализ исследований, выполняемых в области использования концепции цифровых двойников [12, 17], подтверждает актуальность построения цифровых двойников для применения в интеллектуальных системах управления развитием энергетических систем. При этом для энергетических систем и объектов разных уровней возможно применение разных типов цифровых двойников.

2 Интеграция моделей при построении цифровых двойников

Концепция цифровых двойников предполагает разработку моделей разных типов и направлений для решения различных задач моделирования структуры и процессов. Такими задачами могут быть снижение затрат и времени на проектирование, отработка перспективных технических решений на виртуальных моделях, выработка предложений по режимам эксплуатации с учётом особенностей объекта и другие [15].

На рисунке 1 представлена архитектура цифрового двойника энергетической системы, являющаяся обобщением схемы, предложенной для электроэнергетических систем в [17]. Архитектура отражает интеграцию математического, имитационного, информационного и онтологического моделирования. При этом предполагается обмен данными и передача информации с одного уровня моделей на другой.



Рисунок 1 – Архитектура цифрового двойника энергетической системы

Информационные модели в широком смысле представляют собой совокупность информации о наиболее существенных свойствах и параметрах объекта или процесса. В более узком смысле информационные (инфологические) модели в информатике используются при разработке баз данных и являются их основой, так как отражают набор данных об объектах, их наименования, структуру, взаимосвязи, ограничения и т.д. На современном этапе развития информационных технологий производственные и технологические процессы все более тесно интегрируются с информационными системами, в результате чего создаются киберфизические системы, в том числе и в энергетике. В исследованиях энергетики находят применение разнообразные информационные модели, как для разработки баз данных, так и для описания и представления структуры систем энергетики, исследуемых объектов и процессов.

Для решения задачи анализа, проектирования, прогнозирования, оптимизации объектов и систем энергетики широко используется математическое и имитационное моделирование топливно-энергетического комплекса в целом, отдельных систем энергетики, энергетических объектов и их элементов. Разрабатываются программные комплексы (ПК) на основе моделей, а знания о структуре систем, прикладных задачах и математических моделях представляются в виде онтологий [18].

Технология цифровых двойников предполагает междисциплинарное моделирование, т.е. интеграцию результатов численного моделирования структурных элементов и физических процессов в системе на основе обмена данными между компонентами системы.

3 Онтологический инжиниринг как этап проектирования цифровых двойников

Предложены следующие этапы перехода к цифровым двойникам в исследованиях энергетических систем [2]:

- 1) Анализ существующих математических моделей и реализующих их ПК;
- 2) Онтологический инжиниринг предметной области (ПрО) и построение онтологической модели;
- 3) Определение исходных данных или потоков данных (состав, источники получения, возможность получения оперативных данных, базы данных и др.) и их взаимодействия с математическими моделями;
- 4) Модификация математических моделей и реинжиниринг программ и ПК;
- 5) Разработка web-приложений и web-сервисов для реализации цифровых двойников.
- 6) Реализация цифровых двойников.

Использование семантических технологий, в частности онтологического моделирования, предусматривает работу не только с данными, но и со знаниями, т.е. со смыслом информации.

Онтологии дают возможность представлять знания в формализованном виде, удобном для автоматизированной обработки и решать следующие задачи:

- интеграция и структурирование данных, знаний, задач и систем;
- обеспечение доступности и восприятия информации и обмен знаниями;
- структурирование знаний для поддержки имитационного моделирования;
- описание взаимообмена данными и знаниями между семантическими и математическими моделями;
- поддержка принятия решений и получение логических выводов.

Все эти задачи требуется решать при построении цифровых двойников.

Онтологическое описание моделей разных уровней, с учётом информационных взаимосвязей и обмена данными, даёт возможность интеграции их в единый моделирующий комплекс.

В структуре онтологических моделей для построения цифровых двойников в энергетике предлагается рассматривать разные уровни детализации.

- Онтология верхнего уровня (метаонтология исследований) – базовые концепты, относящиеся к исследованиям, моделированию и функционированию объектов (рисунок 2). Эти понятия являются общими для разных ПрО.
- Онтология ПрО – описывает базовые понятия ПрО с точки зрения их формулирования, согласования, группировки и классификации (пример онтологии теплоэнергетики приведен на рисунке 3). Представленная онтология теплоэнергетики отражает классификацию основных базовых понятий, связанных с теплоэнергетикой. Она включает такие

классы как *Объект*, *Установка*, *Топливо*, *Теплоноситель*, *Система теплоснабжения* и другие. Каждый из этих классов имеет подклассы, а на более детальном уровне включает индивиды, характеризующиеся набором соответствующих свойств. Данная онтология является основой при разработке прикладных онтологий.



Рисунок 2 – Метаонтология исследований

- Описания концептуальной модели задачи, приложения, ПК и других компонентов моделируемой системы. В качестве примера представлена онтология ПК (рисунок 4).



Рисунок 4 – Онтология программного комплекса

Применение онтологий при построении ПК, представленное в [18, 19], может быть использовано при построении цифровых двойников.

Онтологическое моделирование состоит из следующих этапов:

- декомпозиция* моделируемого фрагмента реальности на отдельные элементы (объекты), которые являются базовыми элементами модели. Глубина такой декомпозиции зависит от практического назначения модели.
- идентификация* объектов, результатом которой является их однозначное обозначение.
- классификация*, необходимая для того, чтобы формулировать знания и делать логические выводы. Классы, как правило, образуют таксономию, иерархию. Основания классификации зависят от целей моделирования и области применения.
- выделение* свойств объектов, их типов и ограничений.
- дополнение* онтологии набором правил для получения логических выводов.

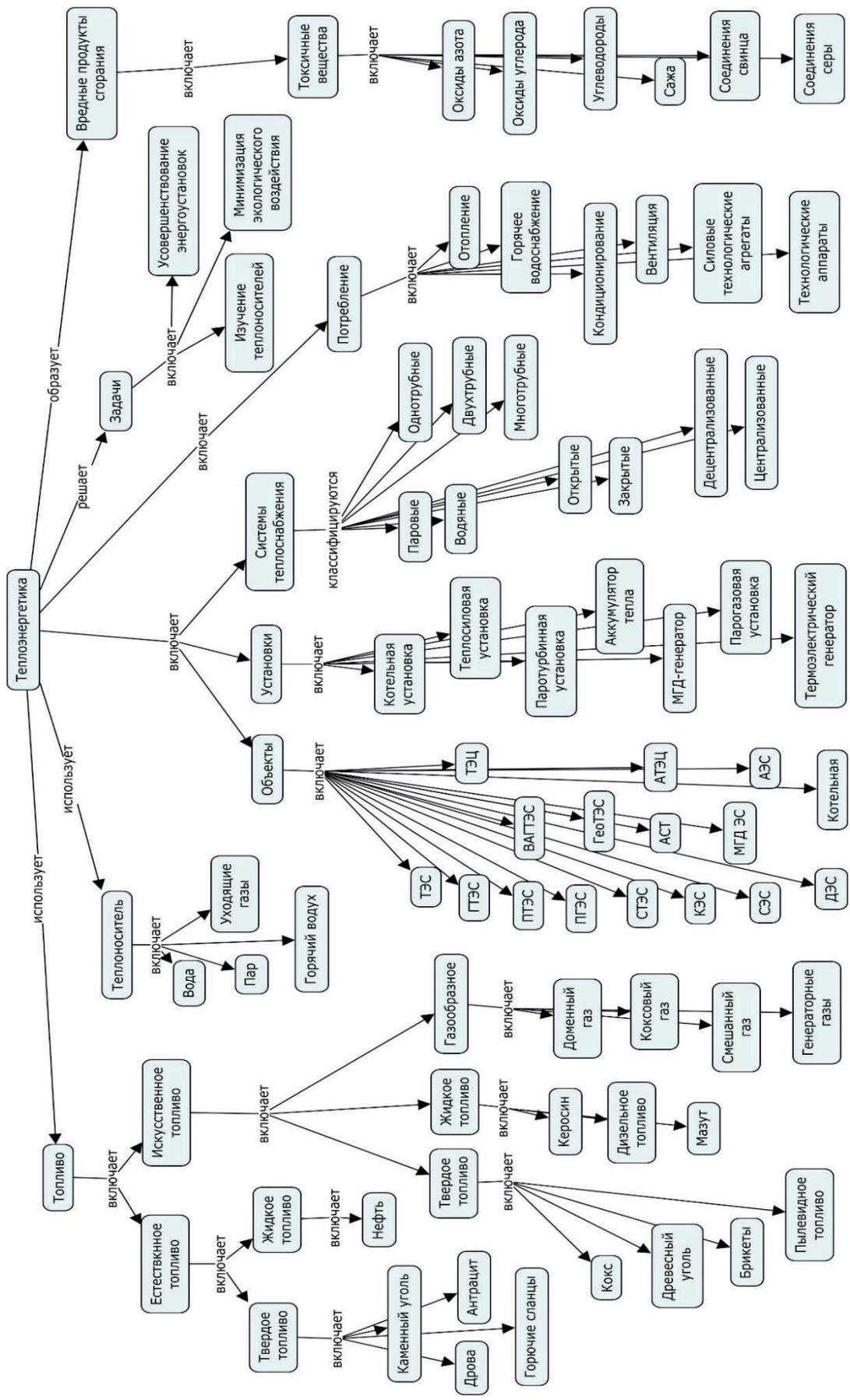


Рисунок 3— Онтология теплоэнергетики

Помимо структурирования знания, онтология выполняет важную коммуникационную роль, являясь своеобразным интерфейсом между ИТ-специалистами и специалистами ПрО. Использование онтологий при разработке цифровых двойников позволяет осуществить интеграцию информационных, математических и имитационных моделей, согласование структуры данных на этапе обмена данными при переходе с одного уровня моделирования на другой и автоматизировать процесс информационного обмена между моделями.

4 Пример разработки ПК на основе онтологии

На рисунке 5 показан пример описания фрагмента онтологии на языке XML для схемы ТЭЦ ВАЗа³. Онтология сформирована с помощью авторских программных средств на основе подготовленного описания структуры исследуемого или проектируемого объекта энергетики и решаемых задач, а затем использована для автоматизированной генерации компонентов ПК и формирования его интерфейса.

На рисунке 6 приведена копия экрана ПК, содержащая общую схему ТЭЦ ВАЗа. Разработка ПК выполнялась с использованием принципов технологии ODA (Ontology Driven Architectures) [20] на основе онтологического описания требуемых компонентов – графических схем, расчётных модулей, списка решаемых задач, числовых данных, подготовленных на основе информационного обследования энергетического объекта.

The screenshot displays a software application with three main windows:

- File Explorer:** Shows the directory structure of the ontology project, including files like `cmd3.bat`, `find3.htm`, `book.htm`, `link.txt`, `name.txt`, `tree.cpp`, `tree.dtd`, `tree.exe`, `tree.js`, `tree.xml`, `tree.xsl`, `tree1.cpp`, `tree1.xsl`, `tree2.cpp`, `tree3.cpp`, `treeNestingFalse.xsl`, `treeNestingTrue.xsl`, and the main ontology file `Онтология приложения ТЭЦ ВАЗа.xml` (14605 bytes).
- Code Editor:** Shows the XML code for the ontology fragment. The code uses `<entity id="e1">` to define a hierarchy of schemes, including links to images and other documents. It also defines entities for the boiler system, such as `<entity id="e2">` (General boiler scheme), `<entity id="e3">` (Calculation model), `<entity id="e4">` (Calculation model), `<entity id="e5">` (Initial state), `<entity id="e6">` (Parameters of T-100/120 turbine), and `<entity id="e7">` (Parameters of T-100/120 turbine).
- Graphical Interface:** Shows a schematic diagram of a boiler system. The diagram includes components like `Пл сальниковые подогреватели` (Screw superheaters), `ТЭЦ` (Power plant), and `И-1`, `КН`. To the right of the diagram, there are numerical values for various parameters:

$G_{OX,В}$	=	155.578 т/ч
$P_{OX,В ВХ}$	=	31.463 кг/с
$P_{OX,В ВВХ}$	=	2.7989 кг/с
$T_{OX,В ВХ}$	=	665.545 °C
$T_{OX,В ВВХ}$	=	3.2805 °C

Рисунок 5 - Пример описания фрагмента онтологии на языке XML

³ Теплоэлектроцентраль Волжского автозавода.

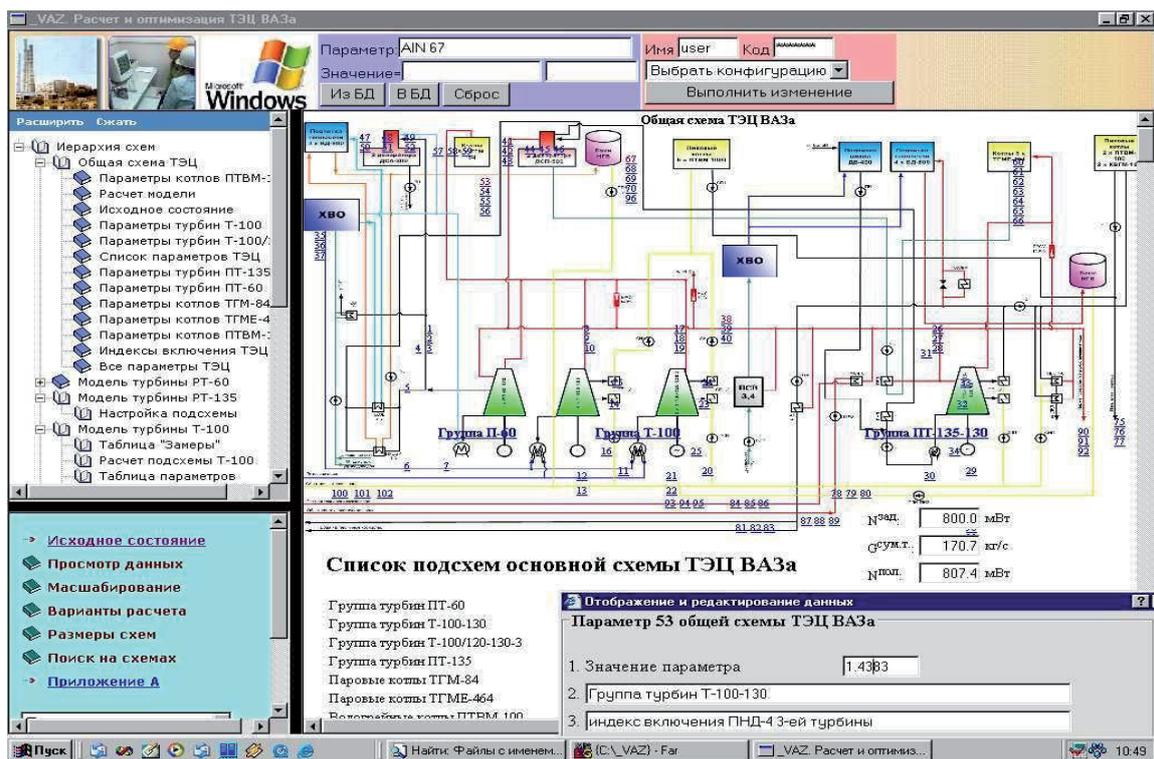


Рисунок 6 – Копия экрана ПК, содержащая общую схему ТЭЦ ВАЗа

Заключение

Предложено использовать онтологический подход при моделировании цифровых двойников энергетических систем. Рассмотрен онтологический инжиниринг, как необходимый этап при построении цифровых двойников. Показано использование онтологических моделей для описания структуры объектов энергетики, их основных компонентов и взаимосвязей. Основным назначением онтологий при разработке цифровых двойников является формальное описание и интеграция всех компонентов: моделей, баз данных, баз знаний и их взаимосвязей. Приведены примеры онтологий, как инструмента коммуникации, и пример описания онтологии на языке XML для одного из энергетических объектов.

Благодарности

Результаты получены в рамках выполнения проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН АААА-А17-117030310444-2 (проект №349-2016-0005) и при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-07-00351, № 20-07-00195.

Список источников

- [1] Ведомственный проект «Цифровая энергетика» - <https://minenergo.gov.ru/node/14559>.
- [2] *Массель, Л.В.* Эволюция технологий исследований энергетики и применения их результатов: от математических моделей и компьютерных программ к цифровым двойникам и цифровым образам / Л.В. Массель, А.Г. Массель, А.Н. Копайгородский // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2019. - № 4 (16). - С.5-19. - DOI: 10.25729/2413-0133-2019-4-01.
- [3] *Хорошевский, В.Ф.* Семантические технологии: ожидания и тренды / В.Ф. Хорошевский // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS -2012). Материалы II Международной научно-технической конференции. БГУиР. Минск. - 2012. - С.143-158.

- [4] Цифровой двойник, Индустрия 4.0. Информатизация и системы управления в промышленности. - <https://zen.yandex.ru/media/isup/cifrovoi-dvoinik-industriia-40-5b83b7155b279900a96c54e8>.
- [5] **Rosen, R.** About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing / R. Rosen, G. Wichert, G. Lo, K. Bettenhausen // IFAC-Papers OnLine. - 2015. - P.567-572.
- [6] **Бердников Р.Н.** Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно - адаптивной сетью / Р.Н. Бердников, В.В. Бушуев, С.Н. Васильев, Ф.В. Веселов и др. // М.: ФСК ЕЭС. - 2012. - 219 с.
- [7] **Воропай, Н.И.** Методические основы стратегического планирования развития энергетики / Н.И. Воропай, А.М. Клер, Ю.Д. Кононов, Б.Г. Санеев, С.М. Сендеров, В.А. Стенников // Энергетическая политика. - 2018. - №3. - С.35-44.
- [8] **Массель, Л.В.** Методы и интеллектуальные технологии научного обоснования стратегических решений по цифровой трансформации энергетики / Л.В. Массель // Энергетическая политика. - 2018. - №3. - С.30-42.
- [9] **Saddik, A.E.** Digital Twins: The Convergence of Multimedia Technologies / A.E. Saddik // IEEE MultiMedia. - 2018. - Т.25. - №. 2. - P.87-92.
- [10] **Кокорев, Д.С.** Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / Д.С. Кокорев, А.А. Юрин // Colloquium-journal. Technical science. - 2019. - №10 (34). - С.3135. - DOI: 10.24411/2520-6990-2019-10264.
- [11] **Боровков, А.** Цифровые двойники и цифровые тени в высокотехнологичной промышленности / А. Боровков // - <https://4science.ru/articles/Cifrovie-dvojniki-i-cifrovie-teni-v-visokotehnologichnoi-promishlennosti>.
- [12] **Андрюшкевич, С.К.** Подходы к разработке и применению цифровых двойников энергетических систем / С.К. Андрюшкевич, С.П. Ковалев, Е. Нефедов // Цифровая подстанция. - 2019. - № 12. - С.38-43.
- [13] **Rosen, R.** About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing / R. Rosen, G. Wichert, G. Lo, K. Bettenhausen // IFAC - PapersOnLine. - 2015. - P.567-572.
- [14] **Шмитке, Ч.** Цифровые двойники: своевременное создание интеллектуальной продукции в рамках бюджета / Ч. Шмитке. - <https://controlengrussia.com/industry-4-0/cifrovye-dvojniki/>.
- [15] **Шмотин, Ю.** Цифровой двойник на производстве: задачи, вопросы, перспективы / Ю. Шмотин. - http://www.up-pro.ru/library/information_systems/project/d7fb9dd59e1ffa29.html.
- [16] **Бухановский, А.В.** Цифровые двойники ведут нас в седьмой технологический уклад / А.В. Бухановский // Энергетика и промышленность России. - 2019. - № 7 (363). - <https://www.eprussia.ru/epr/>.
- [17] **Ковалёв, С.П.** Проектирование информационного обеспечения цифровых двойников энергетических систем / С.П. Ковалев // Системы и средства информатики. - 2020. - Т. 30. №1. - С.66–81.
- [18] **Массель, Л.В.** Онтологический инжиниринг для поддержки принятия стратегических решений в энергетике / Л.В. Массель, Т.Н. Ворожцова, Н.И. Пяткова // Онтология проектирования. – 2017. – Том. 7. №1 (23). – С.66-76. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-66-76.
- [19] **Massel, L.V.** Ontological Engineering of Knowledge Space for Situational Management in Russian Energy Sector / L.V. Massel, T.N. Vorozhtsova // 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC) IEEE. - 2018. - P.1-5. - <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=8469127>. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482144.
- [20] Ontology Driven Architectures and Potential Uses of the Semantic Web in Systems and Software Engineering. - <https://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/SE/ODA/>.

Сведения об авторах



Массель Людмила Васильевна, 1949 г. рождения. Окончила Томский политехнический институт, факультет автоматики и вычислительной техники по специальности «Прикладная математика» (1971). Д.т.н. (1995), профессор (1999). Главный научный сотрудник, зав. отделом «Системы искусственного интеллекта в энергетике» Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ), профессор Института информационных технологий и анализа данных Иркутского национального технического университета. В списке научных трудов около 300 статей и глав монографий в области проектирования информационных систем и технологий, семантического моделирования, разработки систем интеллектуальной

поддержки принятия решений в энергетике. AuthorID (РИНЦ): 8466. Author ID (Scopus): 56440157300; Researcher ID (WoS): K-5060-2018. lvmassel@gmail.com

Ворожцова Татьяна Николаевна, 1952 г. рождения, к.т.н. (2008). Окончила Иркутский институт народного хозяйства (ныне Байкальский государственный университет) (1975). Ведущий инженер отдела «Системы искусственного интеллекта в энергетике» ИСЭМ. В списке научных трудов более 30 работ в области автоматизации научных исследований, проектирования и программирования. AuthorID (РИНЦ): 11040. Author ID (Scopus): 57204605100; Researcher ID (WoS): K-2048-2018. tnn@isem.irk.ru.



Ontological approach to the creation of digital twins of energy objects and systems

L.V. Massel, T.N. Vorozhtsova

Energy Systems Institute named L.A. Melentiev SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract

The article discusses prerequisites for the application of the ontological approach to the construction of digital twins, taking into account the available results in the field of ontological engineering of energy systems. It is proposed to use the accumulated experience in developing mathematical models of energy objects and systems of different levels, as well as experience in building ontologies of tasks and methods, ontological models for describing and accumulating expert knowledge for building and integrating mathematical, imitation and ontological models as the basis for digital twins. Basic concepts in the field of digital twins are introduced, the main types of digital twins and their difference from “digital shadows” are considered. The stages of the transition to digital twins are proposed, the most important of which is the ontological engineering of the subject area, which ends with the construction of the corresponding ontological models. Examples of heuristic ontologies are given as a result of ontological engineering of the subject area related to heat power engineering. An example of a logical ontology in XML for a thermal power plant is given. The novelty of the proposed approach lies in the fact that when creating digital twins, the structuring of the knowledge of the subject area is preliminarily performed using ontological models, on the basis of which the information and mathematical models are then built constituting the basis of digital twins and software systems driven by ontologies are developed.

Key words: digital twin, energy systems, ontology, ontological engineering, mathematical model.

Citation: Massel LV, Vorozhtsova TN. Ontological approach to the creation of digital twins of energy objects and systems [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(3): 327-337. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-327-337.

Acknowledgment: The results were obtained within the framework of the project under the state assignment of the ISEM SB RAS AAAA-A17-117030310444-2 (project No. 349-2016-0005) and with partial financial support from RFBR grants № 19-07-00351, № 20-07-00195.

List of figures

- Figure 1 - Architecture of the digital twin of the energy system
- Figure 2 - Metaontology of research
- Figure 3 - Ontology of heat power engineering
- Figure 4 - Ontology of the software package
- Figure 5 - Example of an ontology description in XML
- Figure 6 - The General scheme of thermal power station.

References

- [1] “Digital Energy”, a departmental project [In Russian]. <https://minenergo.gov.ru/node/14559>.
- [2] Massel LV, Massel AG, Kopygorodsky AN. Evolution of energy research technologies and the application of their results: from mathematical models and computer programs to digital twins and digital images [In Russian]. *Information and Mathematical Technologies in Science and Management*, 2019; 4(16): 5-19. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-4-01.
- [3] Khoroshevsky VF. Semantic Technologies: Expectations and Trends [In Russian]. *Open Semantic Technologies for Designing Intelligent Systems (OSTIS-2012)*. Materials of the II International Scientific and Technical Conference. BSUIR. Minsk, 2012. P.143-158.

- [4] Digital twin, Industry 4.0 [In Russian]. Informatization and management systems in industry. Electronic resource: <https://zen.yandex.ru/media/isup/cifrovoi-dvoinik-industriia-40-5b83b7155b279900a96c54e8>.
- [5] **Rosen R, Wichert G, Lo G, Bettenhausen K.** About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. IFAC-Papers OnLine. 2015. P.567-572.
- [6] **Berdnikov RN, Bushuev VV, Vasiliev SN, Veselov FV, Voropay NI. etc.** The concept of an intelligent power system with an active - adaptive grid [In Russian]. Moscow. Federal Grid Company of the Unified Energy System, 2012. 219 p.
- [7] **Voropai NI, Cler AM, Kononov YuD, Saneev BG, Senderov SM, Stennikov VA.** Methodological bases of strategic planning of energy development [In Russian]. *Energy policy*. 2018; 3: 35-44.
- [8] **Massel LV.** Methods and intelligent technologies for scientific substantiation of strategic decisions on the digital transformation of energy [In Russian]. *Energy policy*. 2018; 5: 30-42.
- [9] **Saddik AE.** Digital twins: the convergence of multimedia technologies. *IEEE MultiMedia*. 2018; 25(2): 87-92.
- [10] **Kokorev DS, Yurin AA.** Digital twins: concept, types and benefits for business. Colloquium-journal [In Russian]. *Technical science*. 2019; 10(34): 3135. DOI: 10.24411 / 2520-6990-2019-10264.
- [11] **Borovkov A.** Digital twins and digital shadows in high-tech industry [In Russian]. <https://4science.ru/articles/Cifrovi-dvoiniki-i-cifrovi-teni-v-visokotehnologichnoi-promishlennosti>.
- [12] **Andryushkevich SK, Kovalev SP, Nefedov E.** Approaches to the development and application of digital twins of energy systems [In Russian]. *Digital substation*. 2019; 12: 38-43.
- [13] **Rosen R, Wichert G, Lo G, Bettenhausen K.** About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. IFAC-PapersOnLine. 2015. Pp. 567-572.
- [14] **Schmitke Chad.** Digital twins: timely creation of intelligent products within the budget [In Russian]. <https://controlengrussia.com/industry-4-0/cifrovi-dvojniki/>.
- [15] **Shmotin Y.** Digital twin in production: tasks, issues, prospects [In Russian]. http://www.up-pro.ru/library/information_systems/project/d7fb9dd59e1ffa29.html.
- [16] **Bukhanovsky AV.** Digital twins lead us to the seventh technological order / HYPERLINK "https://www.eprussia.ru/epr/" "Energy and Industry of Russia" newspaper. No. 07 (363), 2019 (in Russian).
- [17] **Kovalev SP.** Designing information support for digital twins of power systems [In Russian]. *Systems and means of informatics*. 2020; 30(1): 66–81.
- [18] **Massel LV, Vorozhtsova TN, Pyatkova NI.** Ontological engineering to support strategic decision making in the energy sector [In Russian]. *Ontology of designing*, 2017; 7(1): 66-76. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-66-76.
- [19] **Massel LV, Vorozhtsova TN.** Ontological Engineering of Knowledge Space for Situational Management in Russian Energy Sector / Published in: 2018 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC) Publisher: IEEE. P.1-5. <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=8469127>. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482144.
- [20] *Ontology Driven Architectures and Potential Uses of the Semantic Web in Systems and Software Engineering - <https://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/SE/ODA/>.*

About the authors

Liudmila Vasilievna Massel (b. 1949) graduated from the Tomsk Polytechnic Institute, Faculty of Automation and Computer Engineering in the specialty "Applied Mathematics" in 1971, Doctor of Technical Sciences (1995), professor (1999). Chief Researcher, Head of "Artificial Intelligent Systems in Energy Sector" department at Energy Systems Institute SB RAS. Professor of the Information Technologies and Data Analysis Institute in the Irkutsk National Research Technical University. The list of scientific works includes about 300 articles in the field of semantic modeling, design of information systems and technologies, and the development of intelligent decision support systems in the field of energy solutions. AuthorID (RSCI): 8466. Author ID (Scopus): 56440157300; Researcher ID (WoS): K-5060-2018. lvmassel@gmail.com.

Tatyana Nikolayevna Vorozhtsova (b. 1952) graduated from the Irkutsk Institute of National Economy (1975). Ph.D. (2008). Leading engineer of "Artificial Intelligent Systems in Energy Sector" department at Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. She is the author and co-author more 30 scientific articles in the field of automation of scientific research, design, and programming. AuthorID (RSCI): 11040. Author ID (Scopus): 57204605100; Researcher ID (WoS): K-2048-2018. tnn@isem.irk.ru.

Received August 17, 2020. Revised September 25, 2020. Accepted September 28, 2020.

Системная модель интеллектуальной предметно–ориентированной профайлинг-системы

В.В. Антонов^{1,2}, З.И. Харисова¹, З.Р. Мансурова¹, Л.Е. Родионова²,
Н.Р. Калимуллин¹, Г.Г. Куликов^{2,3}

¹ Уфимский юридический институт МВД России, Уфа, Россия

² Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

³ АО «Уфимское научно-производственное предприятие «Молния», Уфа, Россия

Аннотация

Современные возможности интеллектуальных систем позволяют значительно расширить применение методов структурно–параметрического анализа данных в предметно–ориентированных областях, ранее считавшихся исключительной прерогативой специалистов–экспертов с соответствующими опытом и знаниями, основанными на онтологии этих областей. Исключением не стали возможности применения интеллектуальных программных аналитических комплексов в области профайлинга – получения характеристик и прогноза поведения личности на основе частных признаков, характеристик физиологии, невербальных и вербальных проявлений. Предлагается системная модель интеллектуальной профайлинг-системы, открывающая возможности как для отбора кадров, так и эффективной подготовки и ротации сотрудников, которая соответствует структуре экспертной системы. Ставится задача обеспечения валидации и верификации моделей с учётом неопределённости. Разработан программный аналитический комплекс, внедрение которого позволит производить поиск и анализ данных, формировать показатели для последующего их использования в принятии решений при управлении процессами организации. Представление знаний об исследуемой предметной области в виде системной модели позволяет применять формальные логические правила, графоаналитические метаязыки и правила для разработки и проектирования программных аналитических комплексов, обеспечить «электронную» прозрачность и открытость в управленческих, технологических и других аспектах. Для реализации данной парадигмы определяются и создаются государственные реестры открытых информационных ресурсов. Новизна результатов представлена на примере формирования комплекса параметров, необходимых для оценки личности с учётом специфики деятельности и структуры организации.

Ключевые слова: системная модель, экспертная система, искусственный интеллект, профайлинг, программный аналитический комплекс, цифровая среда, управление кадрами.

Цитирование: Антонов, В.В. Системная модель интеллектуальной предметно–ориентированной профайлинг-системы / В.В. Антонов, З.И. Харисова, З.Р. Мансурова, Л.Е. Родионова, Н.Р. Калимуллин, Г.Г. Куликов // *Онтология проектирования*. – 2020. – Т.10, №3(37). – С.338-350. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-338-350.

Введение

Проблема подготовки и эффективного применения высококвалифицированных специалистов является стратегической государственной задачей. Предъявляемые в настоящее время к работникам большинства предприятий и организаций требования основываются на необходимости обладания целостной системой знаний, навыков и компетенций, которые формируются в процессе их обучения и практической деятельности. Повышенные требования к работникам ставят сложные задачи перед кадровыми службами, которые должны не только найти соответствующих по профессиональным качествам кандидатов, но и спрогнозировать

их поведение на соответствие закону, морально-этическим и другим необходимым требованиям.

Предлагаемая концепция системы для профайлинга¹ на основе структуры гибридных экспертных систем позволит эффективно решать задачи кадрового отбора работников, формирования системы кадрового резерва, а также качественной подготовки и переподготовки работников. Методы профайлинга основаны на анализе характерных информативных признаков внешности, поведения и применения технологий наблюдения и опроса с целью выявления лиц со склонностями к девиантному поведению. Предиктивное выявление таких лиц для упреждающих мероприятий является приоритетной задачей для большинства организаций [2, 3].

1 Профайлинг и кадровый отбор

В соответствии с существующими требованиями кандидаты, принимаемые на некоторые должности, специальности и в ряд подразделений, проходят специальные психофизиологические исследования и тестирования, результаты которых позволяют сделать вывод о целесообразности приёма рассматриваемого кандидата. Наряду с возможной ошибкой интерпретатора существует проблема общеизвестности тестов и метода исследований, что снижает эффективность кадрового отбора.

В настоящее время широко внедряются *DLP*-системы (от англ. *Data Leak Prevention*) как технологии предотвращения утечек конфиденциальных данных из информационных систем. Использование *DLP*-систем направлено на: выявление деструктивного поведения сотрудников; минимизацию рисков, связанных с раскрытием служебной информации; повышение эффективности работы, связанной с обработкой информации в автоматизированных системах; проведение анализа и интерпретации данных [4]. Данная технология является эффективной в плане анализа информации о потенциальном кандидате с использованием модели поведения кандидата.

Концепция предлагаемой системы заключается в доступности слабоструктурированных данных в открытых информационных гипертекстовых источниках цифровой среды (*Internet*, *Intranet* и др.), синтезе технологий профайлинга и искусственного интеллекта (ИИ). Она включает профайл-подсистему, предназначенную для выявления деструктивного поведения, и нейро-подсистему, используемую для проверки достоверности получаемых данных. Используемые в настоящее время нейросетевые технологии хорошо зарекомендовали себя в задачах классификации при работе с большими данными и по этой причине используются в рассматриваемой системе с целью верификации данных [5-7].

Системы ИИ способны обучаться и представлять прогноз на основе обработки имеющихся в памяти данных. Можно представить систему, которая учитывает характеристики потенциального кандидата, формирует вопросы для собеседования с ним, оценивает вероятность его соответствия замещаемой должности [8].

При отборе кандидатов на должности определяют количество должностей и требования к кандидатам, проводят оценку личных качеств и профессиональных квалификаций кандидатов посредством личных карточек, автобиографий, характеристик, результатов тестирования. Организуют собеседование для выявления мотивации, стремлений, целей кандидата, отличительных индивидуальных компетенций. Рассматривают производительность труда работника

¹ Под *профайлингом* (от англ. *profile* — профиль) принято понимать направление в психологической науке, позволяющее раскрыть компоненты поведения вербального и невербального характера, использующиеся в межличностном общении, в том числе в виде бесконтактной детекции лжи, а также систему психологического наблюдения за субъектами с целью выявления нестандартных реакций [1].

за определённый период времени. Проводят сравнение претендентов на определённые должности кадрового резерва путём оценивания профессиональных знаний, опыта и навыков. Оценочная комиссия формирует набор рекомендаций для каждого претендента. Составляется индивидуальный план развития (ИПР) и индивидуальный план стажировки (ИПС) работника. Аналитическая обработка данных позволит извлечь необходимую информацию для принятия решения. Мнемосхема отбора кандидата на службу/работу показан на рисунке 1.

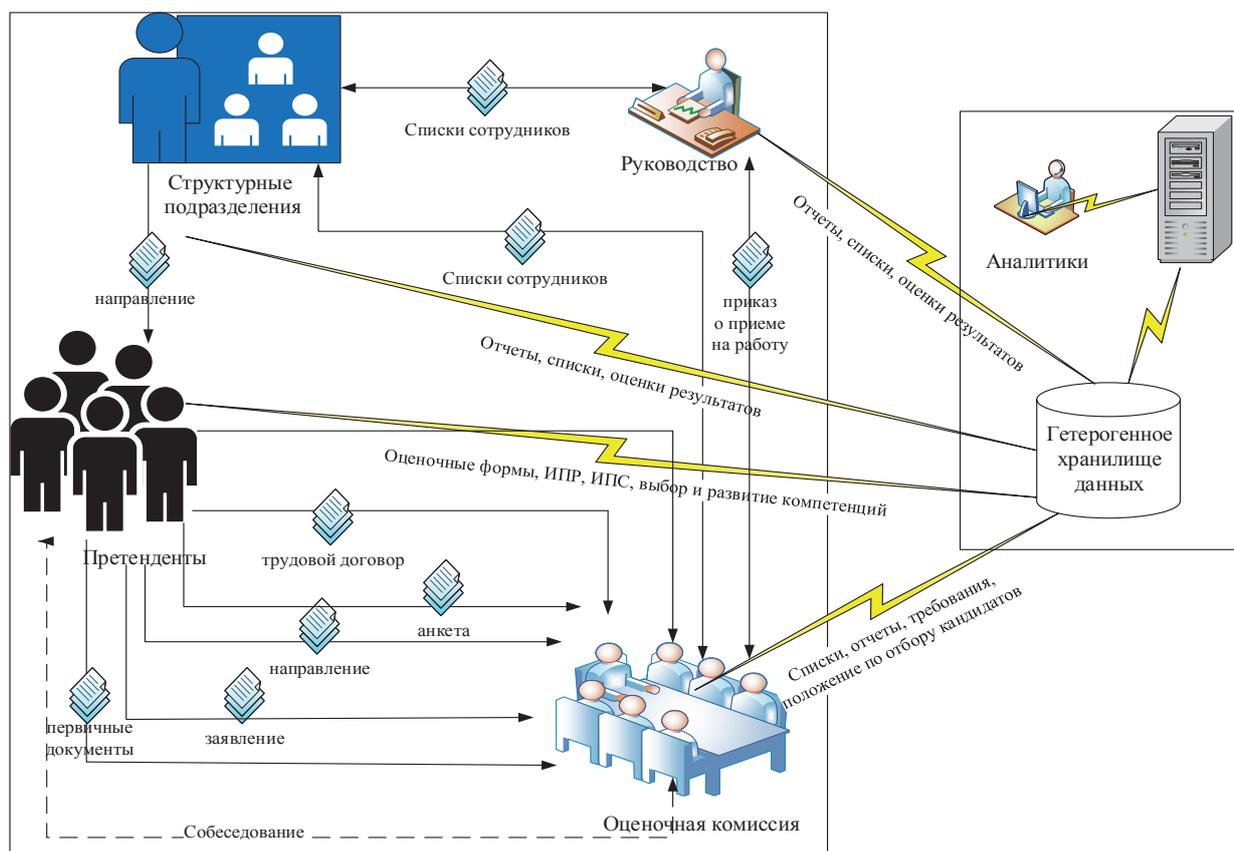


Рисунок 1 – Мнемосхема отбора кандидата на службу/работу

При отборе необходимо учитывать эмоциональные и психологические характеристики кандидатов, такие как: амбициозность, обучаемость, целеустремленность и т.п., определяемые с помощью профайл-подсистемы посредством тестирования. Применяемый программно-аналитический комплекс (ПАК) способен интерпретировать видеозаписи проведенных собеседований, выявлять подходящие кандидатуры и высокоэффективных работников. ПАК позволяет выявлять стрессовые зоны, возможные нарушения работниками правил, норм и другие формы риска, несоблюдения установленных требований на службе. Отдельно можно подчеркнуть возможность анализа опыта, навыков и результатов аттестаций каждого кандидата и последующее определение навыков, которые необходимо усовершенствовать с целью увеличения степени его соответствия должности.

2 Системные модели и виды профайлинга

Концепция предлагаемой системы позволяет одновременно просматривать результаты по различным категориям работников, формировать экспертные заключения как индивидуально, так и по подразделениям на основе автоматически формируемых данных: полученных работником оценок, автоматически созданных текстовых интерпретаций результатов.

ПАК позволяет подготовить множество связанных отношениями данных, на основании которых появляется возможность анализа коммуникационных характеристик работника и прогноза оценки изменения рабочего поведения (медленный отклик на задачи, несоблюдение сроков выполнения и пр.), сравнивая эти данные с типичными характеристиками, хранящимися в памяти системы.

Выделяют кадровый, криминалистический и коммерческий профайлинг. Криминалистический профайлинг - это комплекс психологических способов и методов, определяющих характер, темперамент, интеллект личности, совершившей правонарушение или преступление [9-11]. Этот вид профайлинга имеет несколько основных уровней: детекции лжи (по вербальным и невербальным коммуникациям); диагностики лжи, основанной на подозрительных поведенческих признаках, таких как физиологические симптомы лжи (изменение вегетативной нервной системы – вздохи, покраснение кожных покровов, избыточное потоотделение лба и ладоней и др.), мимике и жестикуляции при обмане, выявлении соответствия конгруэнтности лингвистической информации невербальным коммуникациям [12, 13].

Криминалистический профайлинг в основном нашёл применение в деятельности по раскрытию и расследованию правонарушений и преступлений. Одним из направлений этого профайлинга является составление психолого-криминалистического портрета [14].

Онтологическая структура профайлинга приведена на рисунке 2.

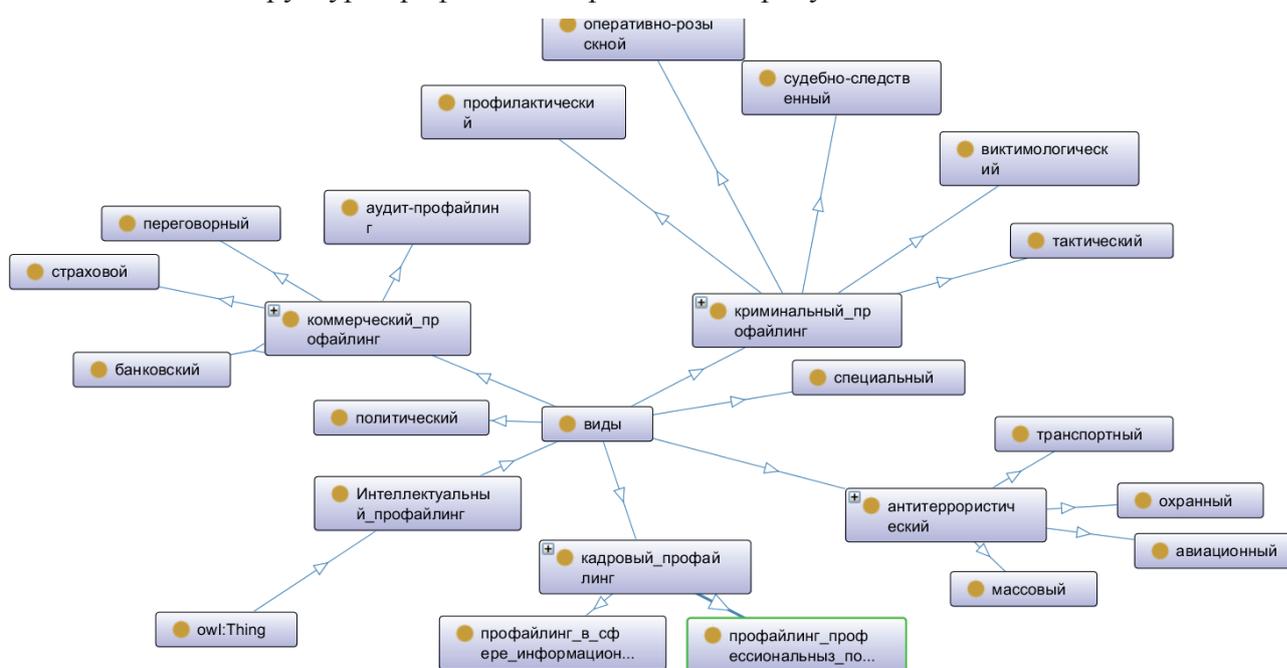


Рисунок 2 – Онтологическая структура профайлинга

Данная онтологическая структура применяется в ПАК при отборе персонала и может быть представлена в следующем виде:

$$M^{onto} = \{C^M, P^M, K^M\},$$

где M^{onto} – онтология метаданных;

$C^M = \{C_1^M, \dots, C_l^M\}$ – множество концептов метаданных;

$P^M = \{P_1^M, \dots, P_j^M\}$ – множество отношений между концептами метаданных;

$K^M = \{K_1^M, \dots, K_h^M\}$ – множество свойств классов метаданных.

Онтология метаданных – это онтология верхнего уровня, которая содержит базовые понятия и отношения между ними, используемые в дальнейшем при построении онтологий пространственных и атрибутивных данных [15].

Онтология профайлинга описывает основные понятия и виды профайлинга, а также объекты, служащие источниками знаний для организации (рисунок 2). Онтология структуры профайлинга содержит понятия и отношения, необходимые для формирования иерархии областей знаний и последующего использования в ПАК. Иерархия отражает предметные области, связанные с деятельностью организации.

С помощью инструмента инженерии онтологий *Protégé* на языке *OWL* была создана инструментальная реализация системы моделей, которая позволила визуализировать онтологии. В результате получены классы диаграмм разработанных онтологий, которые могут быть использованы для демонстрации результатов моделирования.

Известны также: научно-исследовательское направление, медико-психологическое направление и специальное направление (связанное с работой спецслужб). Активно используется психотехнологическое направление, основанное на использовании нейролингвистического программирования для последующего составления программного профиля личности, её системы ценностей и убеждений [16]. Процесс общения при исследовании складывается из таких компонентов, как субъекты, средства, потребности, мотивации и цели, способы взаимодействия и взаимовлияния, результаты. При общении человек выступает как «субъект», применяющий средства общения, такие как речь, мимика, пантомимика (поза, движения, походка, жесты), манера держаться. Чтобы произошло профессиональное общение, понимание и восприятие, необходимо комплексное воздействие невербальных и вербальных факторов.

Можно выделить ряд свойств профессионального общения, таких как:

- ориентация общения (лично ориентированное или социально ориентированное);
- количественные параметры общения (степень опосредованности) – непосредственное общение лицом к лицу или опосредованное общение с использованием документов;
- регламентация общения (нормы юридической деонтологии);
- динамика общения (изменение психологического содержания от контакта к контакту).

Таким образом, можно говорить об отношениях объектов, где объекты и правила отношений могут быть представлены в виде семантической модели взаимодействий в информационной среде. Невербальные сигналы от объекта анализа являются важным источником данных, например, при оценке достоверности предоставляемой им информации. Так, при осознанной лжи проявляются определённые маркеры стресса, например, голос звучит выше, паузы становятся чаще. Свои жесты и позы человек значительно меньше контролирует, чем свои слова. Для формирования первичного мнения достаточно 2-3 минуты, чтобы оценить не только то, что надето на человека, но также его манеру держаться, взгляд, улыбку, мимику, которые часто выдают скрытые намерения и мысли. В профайлинге применяются элементы визуальной психодиагностики, в которой выделяют схему восприятия человека человеком. Визуальная психодиагностика использует различные визуальные средства, такие как наблюдение, видеозапись, изучение документов [18].

3 Структура и применение ПАК

В результате работы ПАК появляется возможность получить эффективный инструмент проведения подбора и анализа кандидатов на службу (работу), представленный в табличном или графическом виде. ПАК позволяет, в первую очередь, задачу обеспечения хранения и сбора данных, обработки и структуризации кластеров данных, интеграции данных в другие системы. Основными принципами подсистем, реализуемых в составе ПАК, являются: прин-

цип развиваемой структуры, принцип адаптивности и независимости эксплуатируемых подсистем и баз данных. Фрагмент семантической сети ПАК показан на рисунке 3, на котором объекты ПАК могут быть определены как отдельные категории с отношениями между собой.

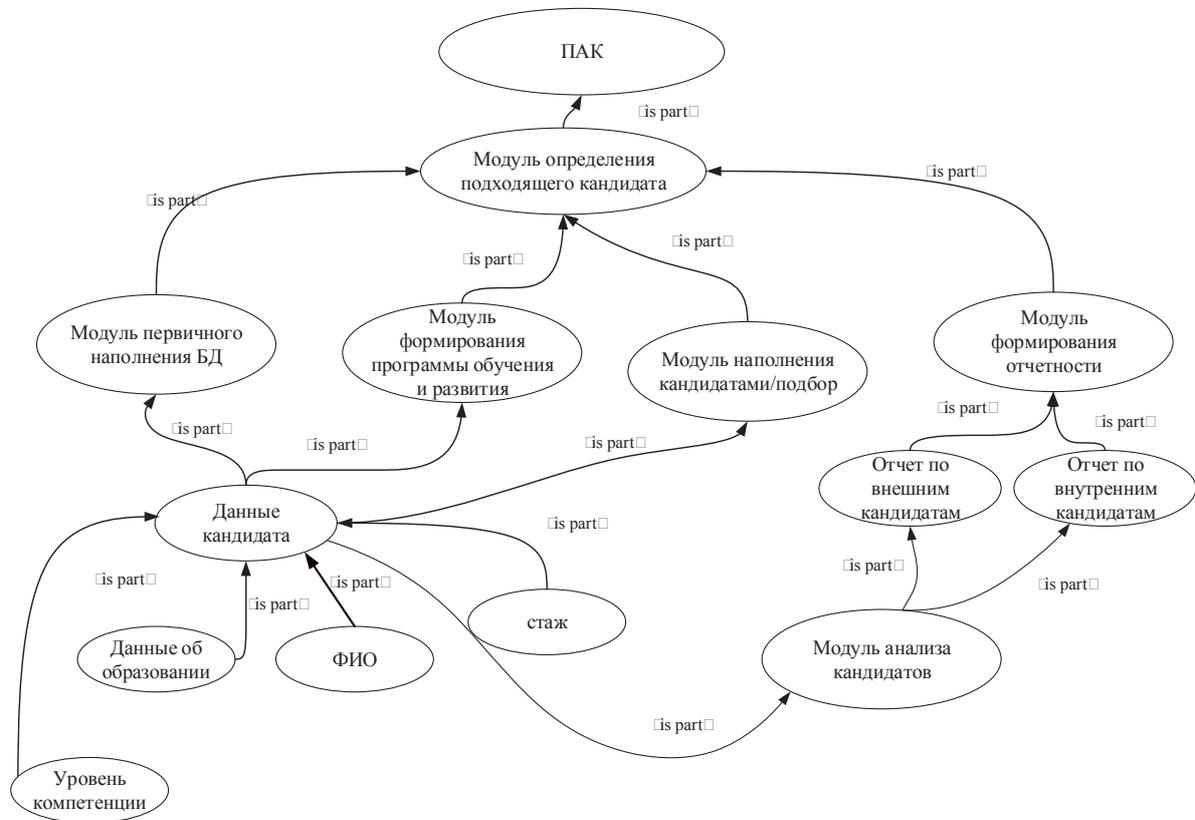


Рисунок 3 – Фрагмент семантической сети ПАК

В системе подбора и оценки кандидатов основными данными служат: справочники данных каждого кандидата, где размещена полная информация о нём; идентификатор таблицы, в которой хранятся значения атрибутов; идентификаторы группы, к которой относится атрибут, размерности его значений, периодичности представления значений и поле дополнительных сведений в виде комментария. Базу знаний ПАК составляют правила использования подпрограмм, описанные с помощью категорий множеств [19].

Внешними источниками данных для ПАК являются органы государственной власти (министерства, службы, администрации и пр.), взаимодействующие организации (учебные заведения, различные предприятия и т.п.), вышестоящие органы управления.

В конечном итоге может быть создана цифровая модель кандидата, по которой возможно предсказать некоторые аспекты поведения человека и предупреждать риски (массовые, для ограниченных категорий людей или индивидуально для каждого). Это повысит способность организации-работодателя принимать проактивные решения.

Информационная система подбора кандидата в ПАК, согласно стандарта системной инженерии ISO/IEC/IEEE 15288, включает стадии жизненного цикла (ЖЦ) подбора:

- замысла (S_1) – определение потребностей в должности и основных её характеристик;
- разработки (S_2) – компетенции кандидата;
- производства (S_3) – отбор и оценка кандидата;
- применения (S_4) – трудоустройство кандидата;
- поддержки применения (S_5) – обучение кандидата;
- прекращения применения и списания (S_6) – отказ кандидату в вакансии.

Применение виртуальных моделей и объектов, описывающих возможное поведение человека или его состояния, позволит в режиме реального времени отслеживать и принимать профилактические меры, прогнозировать возможные негативные поступки и явления.

Модель ЖЦ может быть представлена в виде последовательности стадий [20]. Структура системы внутри каждой стадии остаётся постоянной. Схема связей (отношений) между под-процессами в данном случае полностью укладывается в положения международного стандарта системной инженерии ISO/IEC/IEEE 15288 (рисунок 4) [21]. То есть присутствует отображение категорий-множеств, сохраняющее структуру этих категорий-множеств, а системная модель ПАК также может быть полностью сформирована в соответствии с требованиями приведённого стандарта системной инженерии.



Рисунок 4 – Схема связей между процессами жизненного цикла

Применение ПАК позволит проводить реинжиниринг программных подсистем, обеспечивая расширяемость системы за счёт наращивания дополнительных модулей (реальных объектов), добавлять новые функции системы (например, при рассмотрении кадрового резерва одного предприятия, появится возможность применения ПАК и на другом предприятии), адаптировать систему (за счёт добавления агрегированных данных в базу правил). Предложенная модель построения ПАК позволяет также включать в комплекс в виде отдельных модулей каждый объект системы, который определяется отношением (рисунок 5). Построенный ПАК полностью определяется множеством объектов учёта, включающих модули отношений между ними. Модули ПАК использованы в качестве информационных объектов, что позволяет построить адаптивную систему, которая является универсальной к изменению внешних данных. Это помогает рассмотреть предметную область с разных сторон и разработать компактную и универсальную программную систему, добавляя только другие параметры в базу знаний. Структура такого ПАК удовлетворяет условиям логики декартово замкнутой категории, что значительно повышает круг решаемых задач [22].

В результате открывается возможность создания виртуальной физической и цифровой среды, в которой люди и информационные системы взаимодействуют, эволюционируют от изолированных решений к формированию «умных информационных пространств». Под «умным информационным пространством» понимается набор открытых Интернет-ресурсов, в которых используются общие языки и методологии разработки для совместного принятия решений.

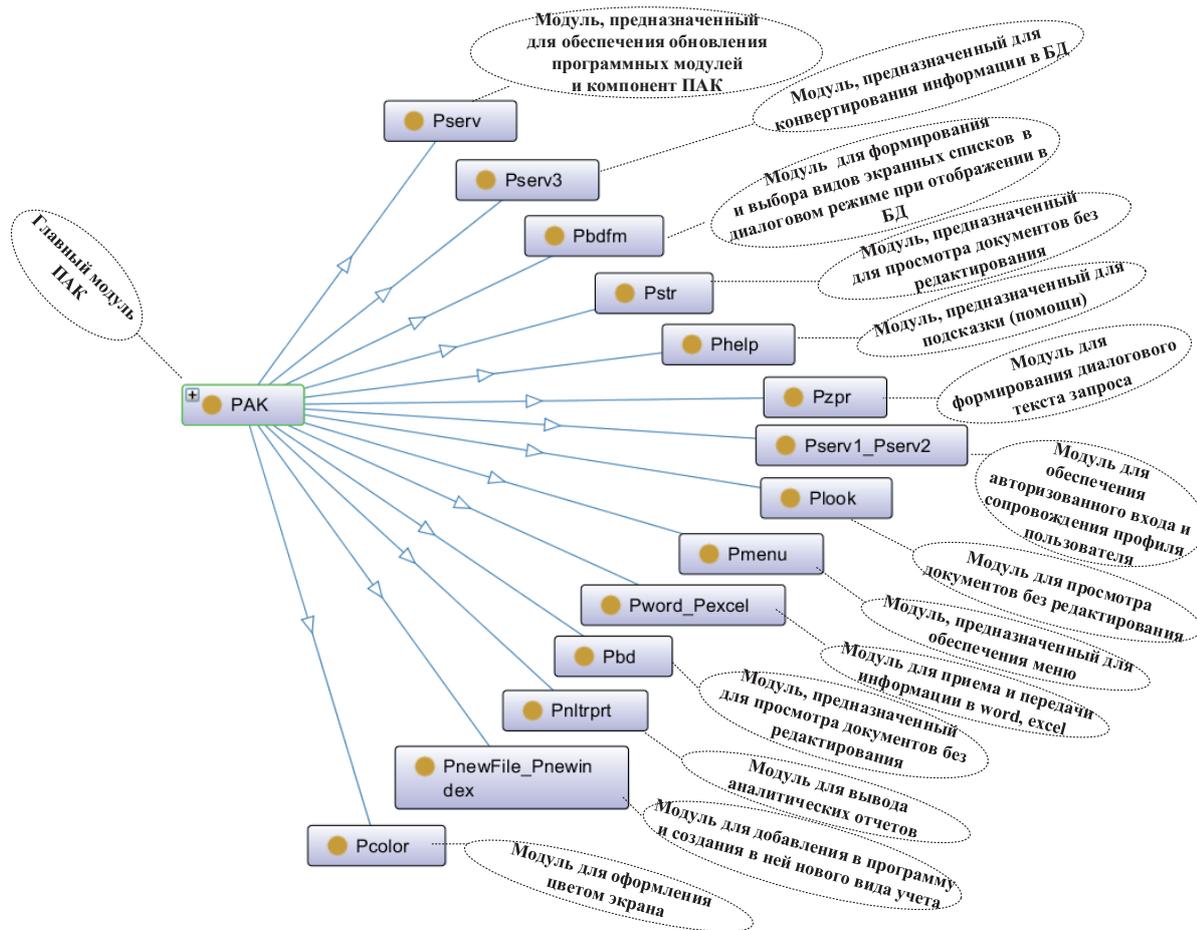


Рисунок 5 – Модули ПАК

Для реализации данной модели был определён реестр открытых информационных ресурсов, входящих в структуру ПАК, среди которых поисковые системы *Google, Yandex*, операционные системы *Windows, Mac OS, Linux*; различные кросс-платформенные технологии, позволяющие осуществлять подбор персонала *Potok, Amazing Hiring, HireVue, Experium* и другие. Данные открытых Интернет-ресурсов входят в системную модель ПАК, которая соответствует структуре экспертной системы.

Заключение

Опыт внедрения ИИ в деятельность, связанную с управлением персоналом, показывает эффективность использования систем ИИ [23-27]. Перспективным является их применение в правоохранительной деятельности, в том числе для прогнозирования и выявления потенциально опасных ситуаций и т.д. Синтез подобных систем ведёт к формированию «умных информационных пространств», позволяющих решать разнообразные задачи для достижения целей эффективной деятельности организаций, как в части формирования кадровой политики, так и осуществления производственной деятельности. В основе подобного «умного информационного пространства» лежит подсистема профайлинга, имеющая возможности прогноза поведения оцениваемой личности, её потенциала, слабостей и склонностей.

Предлагаемый системный подход позволяет формализовать многие поведенческие и когнитивные аспекты моделей человеческой деятельности. Объединение групп объектов (лю-

дей и информационных систем) в отдельные новые виртуальные объекты-категории, описание их свойств и отношений через категориальные отношения с учётом онтологического аспекта, позволяет формировать новые синтетические модели так называемых малых групп – производственного, служебного или научного характера.

Благодарности

Исследование проводится при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках основной части государственного задания высшим учебным заведениям № FEUE-2020-0007.

Список источников

- [1] *Perry, W.L.* Predictive Policing: The Role of Crime Forecasting in Law Enforcement Operations / W.L. Perry, B. McInnis, C.C. Price, S. Smith, J.S. Hollywood // Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-23 NIJ, 2013. As of August 25, 2014: http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR233.html.
- [2] Профайлинг в деятельности органов внутренних дел – Официальный сайт ООО «SearchInform», 2020. – <https://searchinform.ru/kontrol-sotrudnikov/profajling/napravlenie-profajlinga/profajling-v-ovd/>.
- [3] Федеральный закон от 30.11.2011 № 342-ФЗ «О службе в органах внутренних дел Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» – Официальный интернет-портал правовой информации, 2020. – <http://www.pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102152616&backlink=1&&nd=102404054>.
- [4] *Антонов, В.В.* Обеспечение достоверности и информационной безопасности проведения психофизиологических исследований в рамках уголовного судопроизводства в Российской Федерации и за рубежом / В.В. Антонов, А.Р. Лонцакова, З.И. Харисова // Евразийский юридический журнал. – 2019. – № 9 (136). – С. 240-242.
- [5] Аналитический центр Anti-Malware.ru. – Официальный портал Аналитического центра Anti-Malware.ru, 2020. – <https://www.anti-malware.ru/team>.
- [6] *Fetisov, V.S.* Rapid particle size analysis of suspensions based on video technology and artificial neural network with additional training during operation / V.S. Fetisov, Z.I. Kharisova, O.A. Dmitriyev, O.V. Melnichuk // International Journal of Applied Engineering Research. 2017; 12(7): 1271-1278.
- [7] *Hagan, M.T.* Neural Network design / M.T. Hagan, H.B. Demuth, M.H. Beale, O. De Jesús. - 2nd Edition, eBook. - 1012 p. <https://hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf>.
- [8] *Минигулова, И.Р.* Этико-правовые проблемы искусственного интеллекта / Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ITIDS'2018) // Труды VI Всеросс. конф. УГАТУ. – Уфа. – С. 299-300.
- [9] *Ильницкий, С.А.* Обучение персонала как стратегический фактор в системе управления персоналом организации / С.А. Ильницкий // Молодой ученый. - 2018. №3. - С. 418-423.
- [10] *Amirkhanova, L.R.* Management of university competitiveness based on image creating research / L.R. Amirkhanova, E.Y. Bikmetov, U.G. Zinnurov, A.Z. Kharisova // Banach Journal of Mathematical Analysis – 2017 – V. 11, № 2. – P. 40-48.
- [11] *Лонцакова, А.Р.* Особенности использования современных научно-технических средств при производстве допроса // Актуальные проблемы права и государства в XXI веке. – 2016. – Т. 8. – № 4. – С. 76-81.
- [12] *Кирюхин, Д.А.* Географическое профилирование – помощь в составлении психологического профиля преступника и поиска мест сокрытия трупов // Эксперт-криминалист. – 2015. – №4. – С. 6-8.
- [13] *Экман, П.* Психология эмоций / Пол Экман [пер. с англ. В. Кузин]. - Москва [и др.] : Питер, 2012. – 239 с.
- [14] *Анфиногенов, А.И.* Психологический портрет преступника, его разработка в процессе расследования преступлений: автореф. дис канд. психол. наук. – М., 1997. – 26 с.
- [15] *Павлов, С.В.* Онтологическая модель интеграции разнородных по структуре и тематике пространственных баз данных в единую региональную базу данных / С.В. Павлов, О.А. Ефремова // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №3(25). – С.323-333. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-323-333.
- [16] Антология российского психоанализа / составители В.И. Овчаренко, В.М. Лейбин. В 2-х томах. –Москва: Московский психолого-социальный институт. – 1999. – 1712 с.
- [17] *Леогард, К.* Акцентуированные личности. – М.: Эксмо-Пресс, 2001. – С. 358.

- [18] **Волынский-Басманов, Ю.М.** Профайлинг. Технологии предотвращения противоправных действий / Ю.М. Волынский-Басманов, В.Ю. Волынский, М.Е. Каменева и др.; под редакцией Ю.М. Волынского-Басманова, Н.Д. Эриашвили. – 3-е изд. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. – 199 с. – <http://www.iprbookshop.ru/81545.html>.
- [19] Корпоративные хранилища данных. Интеграция систем. Проектная документация – Официальный сайт Project Experience, 2020. – https://www.prj-exp.ru/patterns/pattern_draft_project.php.
- [20] **Антонов, В.В.** Теоретические и прикладные аспекты построения моделей информационных систем / В.В. Антонов, Г.Г. Куликов, Д.В. Антонов // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, Германия. 2011. 134 с.
- [21] **Куликов, Г.Г.** Теоретико-множественный подход к построению дуальной системной модели ПАК для исследуемой области деятельности со смешанными реальными и виртуальными объектами / Г.Г. Куликов, В.В. Антонов, З.И. Харисова, Л.Е. Родионова // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 5–15. DOI: 10.14529/ctcr200101.
- [22] Программный аналитический комплекс с архитектурой декартово замкнутой логики. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019611359 / правообладатели Л.Е. Родионова, В.В. Антонов, Г.Г. Куликов и другие. М.: Роспатент, 2019.
- [23] **Milliez, G.** Using human knowledge awareness to adapt collaborative plan generation, explanation and monitoring / G. Milliez, R. Lallement, M. Fiore, R. Alami // The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction, IEEE Press. 2016, – P.43-50.
- [24] **Trafton, G.** ACT-R/E: an embodied cognitive architecture for human–robot interaction / G. Trafton, L.M. Hiatt, A. Harrison, F.P. Tamborello, S. Khemlani, A. Schultz // *J. Hum.-Robot Interact*, 2013, 2(1), P.30-55.
- [25] **Prasanna, M.** To Study Impact of Artificial Intelligence on Human Resource Management / P. Matsa, K. Gullamajji // International Research Journal of Engineering and Technology. – 2019. V. 06. (08). – P.1229–1238. – <https://www.irjet.net/archives/V6/i8/IRJET-V6I8226.pdf>.
- [26] **Aral, S.** Information, Technology and Information Worker Productivity / Sinan Aral, Erik Brynjolfsson, Marshall Van Alstyne // Information Systems Research, March 2012. DOI: 10.2307/23274649.
- [27] **Фоминых, И.Б.** Инженерия образов, творческие задачи, эмоциональные оценки / И.Б. Фоминых // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, №2(28). – С.175-189. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-2-175-189.

Сведения об авторах



Антонов Вячеслав Викторович, 1956 г. рождения. Окончил Башкирский государственный университет (1979), к.т.н. (2007), д.т.н. (2015). Заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ), профессор кафедры управления в органах внутренних дел Уфимского юридического института МВД России. В списке научных трудов более 130 работ в области построения интеллектуальных систем. AuthorID (РИНЦ): 530537. Author ID (Scopus): 57200254522; Researcher ID (WoS): AAN-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.

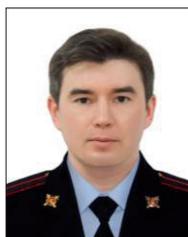
Харисова Зарина Ирекловна, 1991 г. рождения. Окончила УГАТУ (2014), к.т.н. (2018). Доцент кафедры управления в органах внутренних дел Уфимского юридического института МВД России. В списке научных трудов около 10 работ в области построения интеллектуальных систем. AuthorID (РИНЦ): 819031. Author ID (Scopus): 57194088844; Researcher ID (WoS): O-1679-2017. zarinaid@mail.ru.



Мансурова Зилья Рахимлановна, 1972 г. рождения. Окончила Башкирский государственный медицинский университет (1998), к.м.н. (2003). Старший преподаватель кафедры педагогики и психологии в деятельности сотрудников органов внутренних дел Уфимского юридического института МВД России. В списке научных трудов около 20 работ в области юридической психологии. AuthorID (РИНЦ): 915375. Author ID (Scopus): ORCID 0000-0003-2099-0307; Researcher ID (WoS): AAU-4419-2020. mansurovazr@mail.ru

Родионова Людмила Евгеньевна, 1984 г. рождения. Окончила УГАТУ (2007), к.т.н. (2019). Доцент кафедры автоматизированных систем управления УГАТУ. В списке научных трудов около 10 работ в области проектирования программных аналитических комплексов на основе моделей и методов декартово замкнутой категории. AuthorID (РИНЦ): 852968. Author ID (Scopus): ORCID 0000-0003-4041-0365; Researcher ID (WoS): AAU-3498-2020. lurik@mail.ru.





Калимуллин Наиль Расфарович, 1984 г. рождения. Окончил УГАТУ (2007), Уфимский нефтяной технический университет (2016). Преподаватель кафедры управления в органах внутренних дел Уфимского юридического института МВД России. В списке научных трудов около 10 работ в области систем поддержки принятия решений. AuthorID (РИНЦ): 1026889. Author ID (Scopus): ORCID: 0000-0003-4844-3639; Researcher ID (WoS): AAU-3638-2020. getabc@yandex.ru.

Куликов Григорий Геннадьевич, 1975 г. рождения. Окончил УГАТУ (1997), технический директор АО Уфимское научно-производственное предприятие «Молния», г. Уфа. В списке научных трудов 5 работ в области автоматизированных систем управления производственной деятельностью. grisha@molniya-ufa.ru



Поступила в редакцию 20.06.2020, после рецензирования 15.09.2020. Принята к публикации 21.09.2020.

System model of an intelligent domain-oriented profiling system

V.V. Antonov^{1,2}, Z.I. Kharisova¹, Z.R. Mansurova¹, L.E. Rodionova²,
N.R. Kalimullin¹, G.G. Kulikov^{2,3}

¹ Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Ufa, Russia

² Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

³ CJSC Ufa Scientific and Production Enterprise «Molniya», Ufa, Russia

Abstract

The modern capabilities of intelligent systems make it possible to significantly expand the application of methods of structural-parametric data analysis in domain-oriented areas, which were previously considered the exclusive prerogative of specialists-experts with relevant experience and knowledge based on the ontology of these areas. There was no exception to the possibility of using programmatic analytical complexes in the field of profiling - obtaining characteristics and forecasting of personality behavior based on private characteristics, characteristics of physiology, non-verbal and verbal manifestations. The article proposes a system model of an intelligent profile system for managing personnel reserves, which opens up opportunities for both selections of personnel and effective training, and rotation of existing employees of the organization. To implement this model, a register of open information resources is determined. The system model corresponds to the structure of an expert system in which the formation of many solutions is present. The task is to ensure validation and verification of models taking into account uncertainty management. A software analytical complex has been developed, the implementation of which will make it possible to search and analyze data, form indicators for their subsequent use in decision-making in managing the organization's processes. Representation of knowledge about the studied subject area in the form of a system model allows the use of formal logical rules, graphic-analytical metalanguages and rules for the development and design of software analytical systems, to ensure "electronic" transparency and openness in managerial, technological and other aspects. To implement this paradigm, state registers of open information resources are determined and created. The novelty of the results is presented on the example of the formation of a set of parameters necessary for assessing the personality, taking into account the specifics of the activity and the structure of the organization.

Key words: system model, expert system, artificial intelligence, profiling, software analytical complex, digital environment, personnel management.

Citation: Antonov VV, Kharisova ZI, Mansurova ZR, Rodionova LE, Kalimullin NR, Kulikov GG. System model of an intelligent domain-oriented profiling system [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(3): 338-350. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-338-350.

Acknowledgment: The study is carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the main part of the state assignment to higher educational institutions No. FEUE-2020-0007.

List of figures

- Figure 1 - Mnemonic scheme for selecting a candidate for service / work
Figure 2 - Ontological structure of profiling
Figure 3 - Fragment of the semantic network of the software analytical complex
Figure 4 - The relations between the life cycle processes
Figure 5 - Modules of the software analytical complex

References

- [1] **Perry, Walter L., Brian McInnis, Carter C. Price, Susan Smith, and John S. Hollywood**, Predictive Policing: The Role of Crime Forecasting in Law Enforcement Operations, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-23 NIJ, 2013. As of August 25, 2014: http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR233.html.
- [2] Profiling in the activities of law enforcement agencies. SearchInform official website, 2020 [In Russian]. <https://searchinform.ru/kontrol-sotrudnikov/profajling/napravlenie-profajlinga/profajling-v-ovd/>.
- [3] Federal Law of 30.11.2011 No. 342-ФЗ "On Service in the Internal Affairs Bodies of the Russian Federation and Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation" [In Russian]. Official Internet Portal of Legal Information, 2020. <http://www.pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc = 102152616 & backlink = 1 && nd = 102404054>.
- [4] **Antonov VV, Lonshchakova AR, Kharisova ZI**. Ensuring the reliability and information security of psychophysiological research in criminal proceedings in the Russian Federation and abroad. *Eurasian Law Journal* [In Russian]. 2019; 9 (136): 240-242.
- [5] Analytical Center Anti-Malware.ru [In Russian]. Official portal of the Anti-Malware.ru Analytical Center, 2020. <https://www.anti-malware.ru/team>.
- [6] **Fetisov VS, Kharisova ZI, Dmitriyev OA, Melnichuk OV**. Rapid particle size analysis of suspensions based on video technology and artificial neural network with additional training during operation. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2017; 12(7): 1271-1278.
- [7] **Hagan MT, Demuth HB, Beale MH and De Jesús O**. Neural Network design, 2nd ed., <https://hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf>.
- [8] **Minigulova IR**. Ethical and Legal Problems of Artificial Intelligence / Information Technologies for Intellectual Decision Support (ITIDS'2018) [In Russian]. Proceedings of the VI All-Russian. Conf., USATU. Ufa. P.299-300.
- [9] **Iniitsky SA**. Staff training as a strategic factor in the organization's personnel management system [In Russian]. *Young scientist*. 2018; 3: 418-423.
- [10] **Amirkhanova LR, Bikmetov EY, Zinnurov UG, Kharisova AZ**. Management of university competitiveness based on image creating research [In Russian]. *Banach Journal of Mathematical Analysis*. 2017; 11(2): 40-48.
- [11] **Lonshchakova AR**. Features of using modern scientific and technical means in interrogation [In Russian]. *Actual problems of law and state in the XXI century*. 2016; 8(4): 76-81.
- [12] **Kiryukhin DA**. Geographic profiling. Assistance in compiling a psychological profile of the offender and finding places to hide the corpses [In Russian]. *Forensic expert*. 2015; 4: 6-8.
- [13] **Ekman P**. Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life. Published March 1st 2004 by Henry Holt and Co. (first published April 7th 2003). 304 p.
- [14] **Anfinogenov AI**. Psychological portrait of the criminal, his development in the process of investigating crimes [In Russian]. Moscow, 1997. 26 p.
- [15] **Pavlov SV, Efremova OA**. Ontological model for integration of structurally heterogeneous spatial databases of various subject areas into a uniform regional database [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(3): 323-333. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-323-333.
- [16] Anthology of Russian psychoanalysis. Compiled by V.I. Ovcharenko, V.M. Leibin. In 2 volumes. Moscow: Moscow Psychological and Social Institute. 1999. 1712 p.
- [17] **Leogard K**. Accentuated personalities. Moscow: Eksmo-Press, 2001. 358 p.
- [18] **Volynsky-Basmanov YuM, Volynsky VYu, Kameneva ME**. Profiling. Technologies for preventing illegal actions: a textbook for university students enrolled in the specialties of "Law" and "Law Enforcement"; edited by Yu.M. Volynsky-Basmanov, N.D. Eriashvili. 3rd ed. Moscow. Moscow: UNITY-DANA, 2017. 199 p.
- [19] Corporate data warehouses. System integration. Project documentation [In Russian]. Official site of Project Experience. 2020. https://www.prj-exp.ru/patterns/pattern_draft_project.php.
- [20] **Antonov VV, Kulikov GG, Antonov DV**. Theoretical and applied aspects of building models of information systems [In Russian]. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, Germany. 2011.134 p.
- [21] **Kulikov GG, Antonov VV, Kharisova ZI, Rodionova LE**. The set-theoretic approach to the construction of the dual system model of the pack for the studied area of activity with mixed real and virtual objects [In Russian].

- Vestnik SUSU. Series “Computer Technologies, Management, Radio Electronics”. 2020; 20(1): 5–15. DOI: 10.14529/ctcr200101.
- [22] Software analytical complex with architecture of Cartesian closed logic. Certificate on state registration of computer programs No. 2019611359 / copyright holders L.E. Rodionova, V.V. Antonov, G.G. Kulikov [and others]; M: Rospatent, 2019.
- [23] **Milliez G, Lallement R, Fiore M, Alami R.** Using human knowledge awareness to adapt collaborative plan generation, explanation and monitoring The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction, IEEE Press 2016: 43-50.
- [24] **Trafton G, Hiatt L, Harrison A, Tamborello F, Khemlani S, Schultz A.** ACT-R/E: an embodied cognitive architecture for human–robot interaction. *J. Hum.-Robot Interact.* 2013; 2 (1): 30-55. DOI: 10.5898/JHRI.2.1.TRAFTON.
- [25] **Matsa P, Gullamajji K.** To Study Impact of Artificial Intelligence on Human Resource Management. *International Research Journal of Engineering and Technology.* 2019; 6(8): 1229–1238. <https://www.irjet.net/archives/V6/i8/IRJET-V6I8226.pdf>.
- [26] **Aral S, Brynjolfsson E, Alstynne MV.** Information, Technology and Information Worker Productivity. *Information Systems Research*, March 2012. DOI: 10.2307/23274649.
- [27] **Fominykh IB.** Mental image engineering, creative problems, emotional evaluations [In Russian]. *Ontology of designing.* 2018; 8(2): 175-189. - DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-2-175-189.
-

About the authors

Vyacheslav Viktorovich Antonov, (b. 1956) graduated from Bashkir State University (1979), PhD (1985), D. Sc. Eng. (2015). Professor of the Department of Automated Control Systems, Ufa State Aviation Technical University. The list of scientific papers contains more than 30 works in the field of building intelligent decision support systems. AuthorID (RSCI): 530537. Author ID (Scopus): 57200254522; Researcher ID (WoS): AAH-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.

Zarina Irekonna Kharisova, (b. 1991) graduated from Ufa State Aviation Technical University (2014), PhD (2018), Associate professor of the Management in Internal Affairs department at Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs». The list of scientific papers contains about 10 works in the field of building intelligent systems. AuthorID (RSCI): 819031. Author ID (Scopus): 57194088844; Researcher ID (WoS): O-1679-2017. zarinaid@mail.ru.

Zilya Rakhimlanovna Mansurova, (b. 1972) graduated from Bashkir State Medical University (1998), PhD (2003). Senior lecturer of the Management in Internal Affairs department at Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs». The list of scientific papers contains about 20 works in the field of legal psychology. AuthorID (RSCI): 915375. Author ID (Scopus): ORCID 0000-0003-2099-0307; Researcher ID (WoS): AAU-4419-2020. mansurovazr@mail.ru.

Lyudmila Evgenievna Rodionova, (b. 1984) graduated from Ufa State Aviation Technical University (2007), PhD (2019). Senior Lecturer of the department of Automated Control Systems, Ufa State Aviation Technical University. The list of scientific papers contains about 10 works in the field of designing software analytical complexes. AuthorID (RSCI): 852968. Author ID (Scopus): ORCID 0000-0003-4041-0365; Researcher ID (WoS): AAU-3498-2020. lu-rik@mail.ru.

Nail Rasfarovich Kalimullin, (b 1984) graduated from Ufa State Aviation Technical University (2007), Ufa Petroleum Technical University (2016). Lecturer of the Management in Internal Affairs department at Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs». The list of scientific papers contains about 10 papers in the field of decision support systems. AuthorID (RSCI): 1026889. Author ID (Scopus): ORCID: 0000-0003-4844-3639; Researcher ID (WoS): AAU-3638-2020. getabc@yandex.ru

Grigory Gennadievich Kulikov, (b 1975) graduated from Ufa State Aviation Technical University (1997) as a technical director, JSC Ufa Scientific and Production Enterprise «Molniya», Ufa. The list of scientific papers includes 5 works in the field of automated production management systems. grisha@molniya-ufa.ru.

Received June 20, 2020. Revised September 14, 2020. Accepted September 21, 2020.

Формирование понятийно-терминологического аппарата теории интересубъективного управления

Т.В. Моисеева

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия

Аннотация

Рассматривается проблема неоднозначного толкования терминов, применяемых в теории интересубъективного управления, что может привести к искажению смысла и неверному пониманию теории. Представлено краткое содержание теории интересубъективного управления. Предложено сформировать понятийно-терминологический аппарат теории интересубъективного управления, используя теоретические источники – публикации представителей школы известного самарского ученого В.А. Виттиха, материалы словарей, научных статей и энциклопедий. Разработана терминологическая структура данной предметной области, для построения которой был использован экспертный подход. Выделена совокупность ключевых терминов теории интересубъективного управления, требующих определения в контексте теории интересубъективного управления, впервые проанализировано тематическое поле теории. Для визуализации тематического поля теории интересубъективного управления построена укрупнённая схема ключевых понятий. Выделены две группы терминов, представляющих предметную область теории интересубъективного управления. В одну группу включены слова, из которых составлено название теории («теория», «интерсубъективность», «управление»), требующие первоочередного определения. В другую группу включены все прочие термины. Отмечено, что на базе предложенной неупорядоченной совокупности терминов может быть выстроена более структурированная и систематизированная терминосистема, а также разработан тезаурус и онтологическая модель теории интересубъективного управления.

Ключевые слова: теория интересубъективного управления, терминология, термин, понятие, понятийно-терминологический аппарат.

Цитирование: Моисеева, Т.В. Формирование понятийно-терминологического аппарата теории интересубъективного управления / Т.В. Моисеева // Онтология проектирования. – 2020. – Т. 10, №3(37). – С.351-360. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-351-360.

Введение

Интерсубъективное управление как новый вид управления, направленный на разрешение проблемных ситуаций (ПрС) в социуме [1], находится в стадии теоретического осмысления и ещё не получило широкого практического распространения и широкой поддержки научного сообщества. По данным *e-library* среди публикаций, включённых в РИНЦ, «интерсубъективное управление» указано в качестве ключевого слова всего лишь в сорока одной.

С тех пор, как сущность нового подхода к управлению была сформулирована В.А. Виттихом в препринте «Введение в теорию интересубъективного управления» [2], прошло семь лет. За это время была расширена теоретическая база подхода и представлены возможности его практического применения.

В.А. Виттихом была обоснована необходимость применения интересубъективного подхода к управлению разрешением ПрС в обществе [3, 4], предложено дополнить классический менеджмент новой теорией управления разрешением ПрС [5], выявлены ключевые субъекты теории - гетерогенные акторы [6]. Концепция В.А. Виттиха была

поддержана: С.В. Смирновым, чьи труды посвящены использованию онтологических моделей ситуаций для поддержки коллективного принятия решений в ПрС [7]; Т.В. Моисеевой и Н.Ю. Поляевой, развивающими тематику моделирования ПрС [8, 9]; Ю.В. Мятишкиным, исследующим проблемы управления общим и способы принятия решений в больших группах людей с применением интересубъективного управления для достижения консенсуса [10, 11]. В.Е. Гвоздевым, Л.Р. Черняховской и Д.В. Блиновой интересубъективный подход был взят на вооружение в качестве методологической основы управления выявлением дефектов на предпроектной стадии жизненного цикла систем обработки данных [12, 13]. В работах Т.В. Моисеевой предлагается использовать результаты интересубъективного разрешения ПрС для разработки социальных инноваций [14] и управления вузом [15, 16]. Проводя научные исследования в такой предметной области как «Онтология проектирования», Н.М. Боргест отмечает, что «онтология проектирования во многом базируется на интересубъективной теории», поскольку актор-проектант является частью процесса проектирования [17]. Практическому приложению теории в сфере мультиагентных технологий посвящены работы П.О. Скобелева [18].

Среди причин, по которым интересубъективное управление неоднозначно воспринимается научным сообществом, можно назвать следующие:

- различное понимание ключевых понятий;
- искажённое представление смысла интересубъективного управления;
- неготовность общества принять новый взгляд на управление;
- сопротивление изменениям (любым) и пр.

В данном исследовании рассмотрены первые два взаимосвязанных положения, важность которых определяется тем, что понимание ключевых понятий формирует единую систему представлений теории, базис которой сформирован этими понятиями, а различное их понимание мешает этому.

Искаженное восприятие предлагаемого подхода к управлению может быть связано с множественностью толкования терминов, которые используются в интересубъективном управлении. Причины такого неоднозначного понимания терминологии связаны с тем, что основные семантические единицы теории интересубъективного управления (ТИСУ) уже используются в обыденном языке или в различных областях знаний, где один и тот же предмет действительности (явление, процесс, признак) связывается с разными представлениями и смыслами этого предмета. Предлагая новую научную концепцию, разработчики ТИСУ стремились вложить её в уже известные слова (оговаривая границы значений), которые требуют скорее разъяснения, чем строгого определения для преодоления многозначности, сложившейся при их употреблении. Поэтому представляется важным (в контексте ТИСУ) дать описание того понятийно-терминологического аппарата, который был выстроен самарской научной школой, сформированной В.А. Виттихом, чтобы исключить «разнобой в использовании понятий», который не приведёт к созданию новой системы научного знания [19].

Исходной точкой разработки методологии любого научного направления является создание постулативно-аксиоматической основы — парадигматики, т.е. установление первых понятий, вокруг которых выстраивается весь специальный понятийно-терминологический аппарат [20]. Поэтому в основе формирования понятийно-терминологического аппарата ТИСУ лежит терминологическая структура данной предметной области (ПрО), для построения которой использовался экспертный подход - учитывалась точка зрения эксперта в данной ПрО, выделяющего множество терминов и анализирующего связи между ними [21].

Очевидно, что представить здесь полный словарь терминов ТИСУ не представляется возможным не только из-за ограничений, налагаемых рамками журнальной статьи, но и из-за того, что работа по его созданию ещё ведётся. В статье приведены перечень и значения слов,

отражающих ключевые понятия, понимание которых облегчит процесс постижения смысла теории последователями, оппонентами и самими акторами (основными действующими лицами ТИсУ).

1 Компендиум интересубъективного управления

В центре ТИсУ находится ПрС. ПрС осознаётся погруженными в неё акторами, которые очень заинтересованы в её разрешении, но не видят способов выхода. Такие ПрС могут складываться у людей и в процессе производственной деятельности, и в быту. Очевидно, что ситуации могут быть совершенно разнородные, и универсального рецепта по их преодолению не существует. Современный менеджмент имеет в своем арсенале технологии разрешения большинства производственных проблем, а технологий поиска выхода из сложных ПрС в реальном мире пока не создано. Поэтому основная цель ТИсУ – вооружить акторов, оказавшихся в ПрС, методикой поиска выхода из таких ситуаций.

Кардинальное отличие интересубъективного управления от классического менеджмента заключается в том, что управленческие функции возлагаются на людей, погруженных в ПрС и осознающих её изнутри, а не познающих извне.

Неоднородные акторы (выполняющие познавательные-созидательные функции в социуме) – ключевые субъекты ТИсУ. Каждый из них имеет уникальные ценностные установки, в соответствии с которыми выстраивает персональные онтологии ПрС.

Множеству акторов A_1, \dots, A_n , $n = 1, \dots, N$, соответствует множество ПрС PS_j , $j = 1, \dots, J$.

Недостаток персональных ресурсов заставляет акторов искать решение интересубъективно, выстраивая сообщества $G_i = \{A_1, \dots, A_n\}$, $i = 1, \dots, I$, в которых оказываются акторы, объединённые тем, что они не видят выхода из сложившейся ситуации.

Ресурсы акторов R_l , $l = 1, \dots, N$, лимитированы, а в решение конкретной проблемы каждый из акторов планирует вкладывать определённое количество каждого вида имеющихся у него ресурсов r_{lk} :

$$R_l = \sum_k r_{lk} .$$

В соответствии с собственным видением ситуации актор определяет её смысл и предлагает некоторое решение. В результате актор A_1 может предлагать решение d_1 , актор A_2 - решение d_2, \dots , актор A_n - решение d_n .

В начальный момент времени актор A_k поддерживает некоторое множество решений $D_k \subseteq \{d_1, \dots, d_n\}$, и, возможно, $D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_k = \emptyset$. Внутри интересубъективного сообщества, выстроенного акторами, формируется единое смысловое пространство, а в процессе обсуждения ситуации рождается общее решение $d_{\text{итог}} \in D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_k \neq \emptyset$. Если оно принято путём консенсуса, то может оказаться выходом из ПрС.

В ходе обсуждения ПрС акторы разрабатывают новое синтетическое знание - ТИсУ данной ПрС.

2 Систематизация понятий интересубъективного управления

ТИсУ – развивающееся научное направление, т.е. по мере накопления научных данных и развития научных теорий оно будет дополняться всё новыми признаками и свойствами. Дальнейшее развитие и продвижение ТИсУ требуют её систематизации и представления в форме, понятной и специалистам, и «социальным теоретикам» - акторам – будущим пользователям. Первым шагом в этом направлении может быть терминологическое оформление новой теории – составление перечня основных терминов, применяемых в ТИсУ, и их дефи-

ний, поскольку «всё содержание науки сводится именно к терминам в их связях, которые (связи) первично даются определениями терминов» [22]. Как отмечено в работе [23], «...в каждом конкретном случае исследователь должен ответить на вопрос, в каком смысле он использует то или иное понятие», а наука в целом строится посредством развивающегося тезауруса – системы понятий и логически выстроенных мыслей.

Терминология как совокупность терминов, обозначающих понятия ТИСУ, является важной составной частью данной ПрО, однако она характеризуется неупорядоченностью. Более структурированной и систематизированной можно считать искусственно создаваемую упорядоченную терминосистему, в которой явно обозначаются понятия и связи между терминами [24, 25]. Поэтому в дальнейшем на базе словаря, включающего в себя основные термины и их определения, целесообразно выстроить терминосистему ТИСУ и на её основе разработать тезаурус ТИСУ. Тезаурус может стать основой формирования онтологической модели теории.

Следуя методике разработки и анализа терминологической структуры ПрО [21], на первом её этапе достаточно выделить совокупности основных терминов ПрО. Выделение совокупности основных терминов ТИСУ включает в себя ряд операций, из которых автором выполнены следующие.

1. Подбор публикаций, отражающих содержание ТИСУ.
2. Выделение множества терминов, принадлежащих ПрО ТИСУ.
 - 2.1. Выделение множества общеупотребительных терминов.
 - 2.2. Выделение множества терминов, характерных для различных областей знаний: философии; социологии; теории управления; психологии; инженерии знаний и пр.
3. Анализ и построение совокупности основных терминов ПрО – ТИСУ.
4. Формирование определений основных терминов ТИСУ.

Работа по определению основных терминов показала, что ТИСУ, как и любая наука, на первом этапе своего развития пользуется, в основном, понятиями естественного языка; поэтому был проведён анализ соответствующих общеупотребительных терминов, представленных в энциклопедиях, энциклопедических словарях, словарях русских и иностранных слов, дающих приблизительно одинаковое толкование. При использовании терминологии различных наук возникла необходимость обращения к соответствующим узкоспециализированным словарям по психологии, философии и пр. Необходимо отметить вклад, который сделан в развитие понятийного аппарата многих направлений отдельными исследователями. Поэтому изучались не только словари, энциклопедии, научная литература, в которой представлены результаты, полученные учёными, работающими в сопредельных сферах, но и работы по формированию понятийно-терминологического аппарата [20, 26, 27].

В подавляющем большинстве случаев использовался уже существующий термин, и либо принималось его определение, уже сделанное ранее специалистами из разных областей знаний, либо возникала необходимость давать новое определение и его обоснование.

К новым терминам следует отнести, например, неологизм «эвергетика», или такие словосочетания, как «интерсубъективное управление» и «единое смысловое пространство». В целом же новая терминология использовалась с осторожностью и вводилась только в случае, если ни один из устоявшихся терминов не соответствовал тому смыслу, который в него вкладывался.

Терминология ТИСУ, применяемая сегодня, широко используется в практике повседневного мышления и отражается в обыденном языке или применяется в различных областях знаний. Однако в разговорном языке не предъявляются требования к точности используемой терминологии и допускается известная свобода в оперировании терминами, а в философии, социологии, психологии и др. науках эти термины могут иметь специфическое значение.

Учитывая то, что употребление одного и того же термина в разных смыслах может приводить к разногласиям и конфликтам, очень важно «договориться» об используемых понятиях и о том, какой смысл в них вложен, сформировав «словарь с полной смысловой информацией, отражающей систематизированный набор существенных идей из определённой области знания, позволяющий заинтересованному человеку и специалисту эффективно ориентироваться в ней» [24]. И поскольку смысл, вкладываемый в термин, субъективен, разрабатываемый словарь, по существу, может стать «конвенцией» сторонников интересубъективного управления.

Как отмечается в [28], «...в работе с понятийным аппаратом необходимо отметить ещё одно обстоятельство, имеющее важное значение. Отбор и систематизация понятийного аппарата, используемого в каждом конкретном исследовании, определяется его предметом, поставленными целями и задачами. Поэтому сущность явлений и процессов, выражаемых через постоянную систему понятий, определяется авторской позицией, а сама понятийная система в каждом исследовании является в той или иной мере авторской (другое дело, она может быть чёткой, стройной или наоборот – расплывчатой и противоречивой)».

Предлагается авторская понятийная система ТИсУ, разработка которой опиралась на экспертный подход.

3 Представление терминологической структуры теории интересубъективного управления

Укрупнённая схема, отражающая совокупность основных терминов ТИсУ, представлена на рисунке 1.

При описании терминов, представляющих ПрО ТИсУ, в отдельную группу выделены три слова, из которых составлено название теории, требующие определения в первую очередь. Без понимания вложенного в них смысла дальнейшее продвижение по тематическому полю приводит к формированию его искажённого образа и выстраиванию модели – симулякра.

Управление. При формировании понятия «управление» акцент делается на то, что в теории интересубъективного управления речь не идёт о такой составляющей управления как насилие (принуждение), когда субъект управления (управляющая подсистема), приняв решение, формулирует цель и диктует объекту управления (управляемой подсистеме), что нужно делать для достижения поставленной цели. Традиционное управление организационными или социально-экономическими системами подразумевает руководство группой людей, выполняющих действия, которые были определены (заданы) другими лицами. А ключевой субъект интересубъективного управления - актер - по собственной воле, без принуждения стремится выполнить некоторые действия, чтобы найти способ разрешения ПрС, в которой он оказался.

Теория. Трактовка термина «теория» по отношению к интересубъективному управлению отличается от принятой в классическом естествознании. Кардинальное противоречие скрыто в том, что ТИсУ предназначена для использования интеллектуальных и волевых ресурсов людей в процессах принятия решений, а естественнонаучная теория – для выявления и использования законов природы.

Методологически теория интересубъективного управления направлена на разрешение конкретной проблемы, возникшей у определённой группы людей в данное время. В каждой новой ситуации будет выстраиваться новая теория в реальном масштабе времени (в отличие от классической научной теории, которая выстраивается «на века»).

Интерсубъективность. «Интерсубъективность» указывает на внутреннюю социальность индивидуального сознания и является философской категорией, определяемой как «особая

общность между познающими субъектами, условие взаимодействия и передачи знания (или значимости опыта познания) одного для другого» [29]. Мир, который формируется в сознании субъекта, intersубъективен, он складывается как «пазл» из кусочков, принятых от других субъектов и заполнивших белые пятна в его собственном опыте. На базе intersубъективных знаний акторы выстраивают общую онтологическую модель ситуации, управление разрешением которой и было названо В.А. Виттихом «intersубъективным управлением».

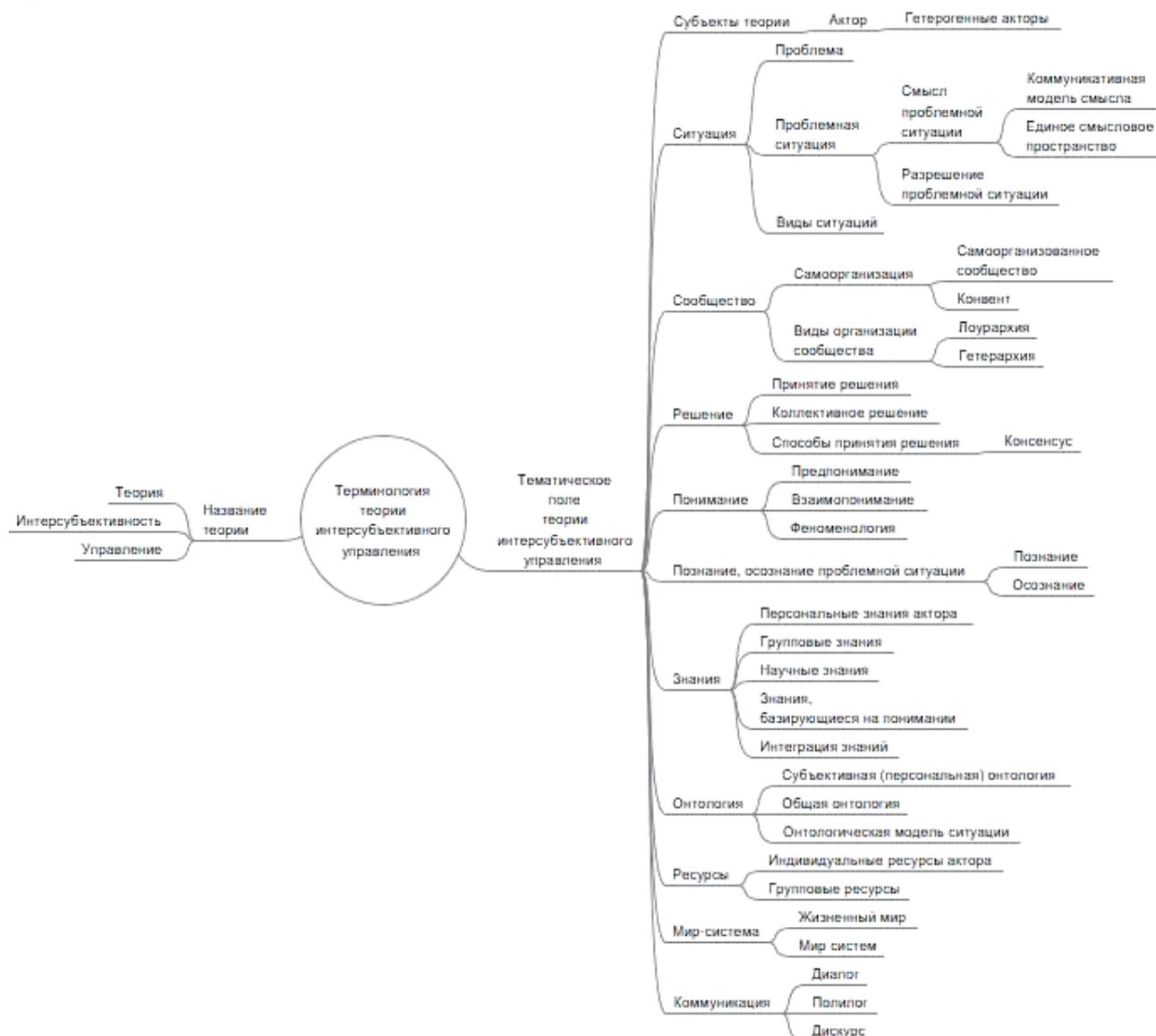


Рисунок 1 – Основные термины теории intersубъективного управления

В целом же теория intersубъективного управления – это выстраиваемая акторами в режиме реального времени теория, опирающаяся на их ценностные установки и субъективные знания, целью которой является разрешение конкретной ПрС.

При формировании терминологической структуры теории группы понятий создавались по тематическому признаку с использованием ассоциативных отношений.

Узлы первого уровня по отношению к тематическому полю теории на рисунке 1 соответствуют различным темам теории. Внутри каждой темы выделены термины, требующие объяснения. Количество терминов сведено к минимуму. В основном это термины – униграммы,

состоящие из одного слова. В некоторых случаях оказалось важно дать объяснение словосочетаниям, состоящим из двух или трёх слов.

Среди ключевых терминов ТИсУ наиболее важными представляются следующие группы терминов:

- термины, которые достаточно часто трактуются не так, как это принято в ТИсУ;
- термины, заимствованные из других областей знаний;
- словосочетания, состоящие из общеупотребительных слов, которые в совокупности ранее не использовались.

Заключение

В статье представлены результаты исследования, направленного на формирование понятийно-терминологического аппарата ТИсУ, цель которого состояла в вербализации логического представления теории. Множество терминов, обозначающих наиболее значимые для ТИсУ ментальные объекты, не является сформированным окончательно и требует доработки, как и любой понятийно-терминологический аппарат, изменяющийся в результате переосмысления существующих и применения новых или дополнительных понятий.

Список источников

- [1] *Vittikh, V.A.* Introduction to the theory of intersubjective management / V.A. Vittikh // Group Decision and Negotiation - 2015. - Issue 1, Vol. 24. - P.67-95.
- [2] *Виттих, В.А.* Введение в теорию интересубъективного управления / В.А. Виттих // Препринт – Самара, СНЦ РАН, 2013. – 64 с.
- [3] *Vittikh, V.A.* Evolution of ideas on management processes in the society: from cybernetics to evergetics / V.A. Vittikh // Group Decision and Negotiation - 2015. - Issue 5, Vol. 24. - P.825 - 832.
- [4] *Vittikh, V.A.* Evergetics: science of intersubjective management processes in everyday life / V.A. Vittikh // Int. J. Management Concepts and Philosophy – 2016. - Issue 2, Vol. 9.
- [5] *Виттих, В.А.* Принцип дополнительности в науке о процессах управления в обществе / В.А. Виттих // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». - 2016. - № 4 (52). - С.15-21.
- [6] *Vittikh, V.A.* Heterogeneous Actor and Everyday Life as Key Concepts of Evergetics / V.A. Vittikh // Group Decision and Negotiation - 2015. - Issue 6, Vol. 24. - P.949-956.
- [7] *Смирнов, С.В.* Формальный поход к представлению смысла проблемной ситуации в процессах коллективного принятия решений / С.В. Смирнов // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления. (16-19 июня 2014 г., Москва, Россия). – М.: ИПУ РАН, 2014. - С.6261-6270.
- [8] *Моисеева, Т.В.* Моделирование проблемной ситуации в теории интересубъективного управления / Т.В. Моисеева, Н.Ю. Поляева // Вестник Дагестанского технического университета. Технические науки. – 2018. - №45(1). – С.160-171.
- [9] *Moiseeva, T.V.* Intersubjective Management: Model of the Problem Situation / T.V. Moiseeva // In: S.A. Nikitov, D.E. Vykov, S.Yu. Borovik, Yu.E. Pleshivtseva (Eds.). Proc. XXI Int. Conf. "Complex Systems: Control and Modeling Problems" CSCMP 2019. - IEEE Xplore. - P.765-768.
- [10] *Мятишкин, Ю.В.* Средства достижения консенсуса в широких группах людей, объединённых общей проблемной ситуацией / Ю.В. Мятишкин // В сборнике: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XIX Международной конференции. Под редакцией Е.А. Федосова, Н.А. Кузнецова, В.А. Виттиха. 2017. - С.338-345.
- [11] *Моисеева, Т.В.* Применение интересубъективного подхода при управлении общим имуществом / Т.В. Моисеева, Ю.В. Мятишкин // В сборнике: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XIX Международной конференции. Под редакцией Е.А. Федосова, Н.А. Кузнецова, В.А. Виттиха. 2017. - С.475-478.
- [12] *Гвоздев, В.Е.* Эвергетика как методологическая основа управления выявлением дефектов на предпроектной стадии жизненного цикла систем обработки данных / В.Е. Гвоздев, Л.Р. Черняховская, Д.В. Блинова // Онтология проектирования. - 2018. - Т. 8. - №1(27). - С.152-166. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-152-166.
- [13] *Гвоздев, В.Е.* Предупреждение дефектов на ранних стадиях проектирования аппаратно-программных комплексов на основе положений теории интересубъективного управления / В.Е. Гвоздев, Л.Р. Черняховская,

- Д.В. Блинова // Онтология проектирования. - 2016. - Т. 6. - №4(22). - С.452-464. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-452-464.
- [14] **Моисеева, Т.В.** Социальные инновации: интерсубъективный подход к генерации инновационных идей / Т.В. Моисеева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2019. - № 46(3). - С.408-418.
- [15] **Моисеева, Т.В.** Инновационное развитие вуза. Интерсубъективное управление обучением в техническом вузе / Т.В. Моисеева // Инфокоммуникационные технологии. – 2016. - №14(3). - С.328-336.
- [16] **Моисеева, Т.В.** Инновационное развитие вуза. Интерсубъективное управление / Т.В. Моисеева // Инфокоммуникационные технологии. – 2016. - №14(1). - С.92-99.
- [17] **Боргест, Н.М.** Научный базис онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. - 2013. - Т. 6. - №1(7). - С.7-25.
- [18] **Skobelev, P.** Multi-Agent Systems for Real Time Adaptive Resource Management / Skobelev P. // Industrial Agents: Emerging Applications of Software Agents in Industry, Paulo Leitão, Stamatis Karnouskos (Ed.). Elsevier, 2015. – P.207-230.
- [19] **Новиков, А.М.** Методология: словарь системы основных понятий / А.М. Новиков, Д.А. Новиков – М.: Либроком, 2013. – 208 с.
- [20] **Сидельников, Ю.В.** Формирование понятийно-терминологического аппарата экспертологии / Ю.В. Сидельников // Проблемы управления. - 2017. - № 5. - С.18 -30.
- [21] **Губанов, Д.А.** Методы анализа терминологической структуры предметной области (на примере методологии) / Д.А. Губанов, А.В. Макаренко, Д.А. Новиков // Управление большими системами. - 2013. - Вып. 43. - С.5-33.
- [22] Энциклопедический словарь. - Флоренский. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/es/60694/>.
- [23] **Новиков, А.М.** Методология научного исследования / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. - М.: Либроком, 2010. – 280 с.
- [24] **Шарафутдинова, Н.С.** О понятиях "терминология", "терминосистема" и "терминополе" / Н.С. Шарафутдинова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. Тамбов: Грамота. - 2016. - № 6(60): в 3-х ч. Ч. 3. - С.168-171.
- [25] **Зайцева, А.С.** Моделирование терминосистемы чрезвычайных ситуаций / А.С.Зайцева, Ю.В. Сложеникина // Онтология проектирования – 2018. –Т. 8, №4(30). - С.562-570. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-562-570.
- [26] **Боргест, Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. - 2013. - №3 (9). – С.9-31.
- [27] **Сложеникина, Ю.В.** Авторский термин: к определению понятия / Ю.В. Сложеникина, А.В. Растягаев, И.Ю. Кухно // Онтология проектирования. - 2018. - №1(27). – С.49-57. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-49-57.
- [28] **Мухина, В.** Наука: учёные, фальсификаторы и плагиаторы / В. Мухина // Развитие личности. – 2012. - №4. - С.162-183.
- [29] Новейший философский словарь / Сост. А.А. Грицанов. - Минск: Изд. В.М. Скакун, 1998. – 877 с.
-

Сведения об авторе



Моисеева Татьяна Владимировна. Окончила Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королева, аспирантуру в Финансовой академии при Правительстве Российской Федерации, к.э.н. С.н.с., учёный секретарь ИПУСС РАН – СамНЦ РАН, доцент кафедры информационных систем и технологий ПГУТИ. В списке научных трудов более 100 работ в области информационных систем, маркетинга, менеджмента, инженерии знаний, проблем управления в сложных системах. ORCID: 0000-0003-0115-4346; Researcher ID (WoS): D-6103-2016. mtv-2002@yandex.ru.

Поступила в редакцию 10.08.2020, после рецензирования 22.09.2020. Принята к публикации 23.09.2020.

Conceptual and terminological apparatus formation of the intersubjective management theory

T.V. Moiseeva

Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute for the Control of Complex Systems RAS, Samara, Russia

Abstract

The problem of ambiguous interpretation of terms used in this theory which can lead to a distortion of meaning and misunderstanding of the theory of intersubjective management is considered in the article. The summary of the theory of intersubjective management is presented. It is proposed to form the conceptual and terminological apparatus of the theory, using theoretical sources - publications of the Vittikh school representatives, materials of dictionaries and encyclopedias. The terminological structure of this subject area is developed. An expert approach is used in the process of terminological structure creation. In the process of developing and analyzing the terminological structure, a set of key terms of the theory of intersubjective management was identified. To define the key terms that require explanation in the context of the theory of intersubjective management, the thematic field of the theory is analyzed for the first time. To visualize the thematic field of the theory of intersubjective management the mind map of key concepts is built. When describing the terms that represent the subject area of the theory of intersubjective management, two groups of terms are distinguished. One of them includes the words forming the very name of the theory ("theory", "intersubjectivity", "management"), which require priority definition, since without understanding the meaning embedded in them, further comprehension of the theory of intersubjective management leads to its distorted image if it is misunderstood. All other terms are included in another group. It is noted that on the basis of the proposed disordered set of terms, a more structured and systematized terminological system will be built, which will form the basis for the development of thesaurus and ontological model of the theory of intersubjective management.

Key words: *theory of intersubjective management, terminology, term, concept, conceptual and terminological apparatus.*

Citation: *Moiseeva TV. Conceptual and Terminological apparatus formation of the Intersubjective Management Theory [In Russian]. Ontology of designing. 2020; 10(3): 351-360. DOI: 10.18287/2223-9537-10-3-351-360.*

List of figures

Figure 1 - Key terms of the theory of intersubjective management

References

- [1] *Vittikh VA.* Introduction to the Theory of Intersubjective Management. Group Decision and Negotiation, 2015; 24(1): 67-95.
- [2] *Vittikh VA.* Introduction to the Theory of Intersubjective Management [In Russian]. Samara, 2013. 64 p.
- [3] *Vittikh VA.* Evergetics Problems [In Russian]. Management Problems, 2014; 4: 69-71.
- [4] *Vittikh VA.* Evolution of ideas on management processes in the society: from cybernetics to evergetics. Group Decision and Negotiation, 2015; 24(5): 825-832.
- [5] *Vittikh VA.* The principle of complementarity in the science of management processes in society [In Russian]. Bulletin of SamSTU. Series "Engineering Sciences", 2016; 4 (52): 15-21.
- [6] *Vittikh VA.* Heterogeneous Actor and Everyday Life as Key Concepts of Evergetics. Group Decision and Negotiation, 2015; 24(6): 949-956.
- [7] *Smirnov SV.* Formal approach to the presentation of the meaning of a problem situation in the processes of collective decision-making [In Russian]. Proceedings of the XII All-Russian Meeting on Management Problems. (June 16-19, 2014, Moscow, Russia). - Moscow: IPU RAN; 2014: 6261-6270.
- [8] *Moiseeva TV, Polyayeva NYu.* Modeling problem situation in the theory of intersubjective management [In Russian]. Bulletin of the Dagestan Technical University. Technical science, 2018; 45 (1): 160-171.

- [9] **Moiseeva TV**. Intersubjective Management: Model of the Problem Situation. In: S.A. Nikitov, D.E. Bykov, S.Yu. Borovik, Yu.E. Pleshivtseva (Eds.). Proc. XXI Int. Conf. "Complex Systems: Control and Modeling Problems" (CSCMP 2019). IEEE Xplore; 2019: 765–768.
- [10] **Myatishkin YuV**. Methods of reaching consensus in large groups of people united by a common problem [In Russian]. Problems of control and modeling in complex systems. Proceedings of the XIX International Conference. Ed. by E.A. Fedosov, N.A. Kuznetsov, V.A. Vittikh; 2017: 338-345.
- [11] **Moiseeva TV, Myatishkin YuV**. Applying the intersubjective approach in common property management [In Russian]. Proceedings of the XIX International Conference. Ed. by E.A. Fedosov, N.A. Kuznetsov, V.A. Vittikh; 2017: 475-478.
- [12] **Gvozdev VE, Chernyakhovskaya LR, Blinova DV**. Evergetics as a methodological basis for managing defects detection at the pre-design stage of the data processing systems life cycle [In Russian]. *Ontology of designing*, 2018; 1(27): 152-166. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-152-166.
- [13] **Gvozdev VE, Chernyakhovskaya LR, Blinova DV**. Defects prevention at the early stages of hardware and software systems designing based on the provisions of the theory of intersubjective management [In Russian]. *Ontology of designing*, 2016; 4(22): 452-464. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-452-464.
- [14] **Moiseeva TV**. Social innovations: an intersubjective approach to the generation of innovative ideas [In Russian]. Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: *Economics. Informatics*, 2019; 46 (3): 408-418.
- [15] **Moiseeva TV**. Innovative development of the university. Intersubjective management of learning in a technical university management [In Russian]. *Infocommunication technologies*, 2016; 14 (3): 328-336.
- [16] **Moiseeva TV**. Innovative development of a university. Intersubjective management [In Russian]. *Infocommunication technologies*, 2016; 14 (1): 92-99.
- [17] **Borgest NM**. Scientific basis of ontology of designing [In Russian]. *Ontology of designing*, 2013; 1(7): 7-25.
- [18] **Skobelev P**. Multi-Agent Systems for Real Time Adaptive Resource Management. *Industrial Agents: Emerging Applications of Software Agents in Industry*, Paulo Leitão, Stamatis Karnouskos (Ed.) - Elsevier; 2015: 207-230.
- [19] **Novikov AM, Novikov DA**. Methodology: Dictionary of the Basic Concepts System [In Russian]. Moscow: Librokom; 2013. 208 p.
- [20] **Sidelnikov YuV**. Conceptual and terminological apparatus formation of expertology [In Russian]. *Control problems*, 2017; 5: 18-30.
- [21] **Gubanov DA, Makarenko AV, Novikov DA**. Methods of the terminological structure analysis of the subject area (on the example of methodology) [In Russian]. *Management of large systems*, 2013; 43: 5-33.
- [22] Encyclopedic Dictionary. Florensky. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/es/60694/>.
- [23] **Novikov AM, Novikov DA**. Methodology of scientific research [In Russian]. Moscow: Librokom, 2010. 280 p.
- [24] **Sharafutdinova NS**. About terminology, system of terminology and terminological field concepts [In Russian]. *Philological sciences. Theory and practice*. Tambov: Diploma, 2016; 6 (60): 168-171.
- [25] **Zaytseva AS, Slozhenikina YuV**. Terminological system modeling of emergency situations [In Russian]. *Ontology of designing*, 2018; 8(4): 562-570. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-562-570.
- [26] **Borgest NM**. Key terms of ontology of designing: overview, analysis, generalization [In Russian]. *Ontology of designing*, 2013; 3(9): 9-31.
- [27] **Slozhenikina YuV, Rastyagaev AV, Kuhno IYu**. Author's term: to definition of the concept [In Russian]. *Ontology of designing*, 2018; 1(27): 49-57. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-49-57.
- [28] **Mukhina V**. Science: scientists, falsifiers and plagiarists [In Russian]. *Personal development*, 2012; 4: 162-183.
- [29] The latest philosophical dictionary. Comp. A.A. Gritsanov. Minsk: Ed. V.M. Skakun, 1998. 877 p.
-

About the author

Tatiana Vladimirovna Moiseeva graduated from Kuibyshev Aviation Institute named after S.P. Korolyov, completed the post-graduate course at the Financial Academy under the Government of Russia. Candidate of science in the sphere of economics, Associate Professor. Nowadays works as senior researcher, science secretary at the Institute for the Control of Complex Systems of the Russian Academy of Sciences, holding a part-time position of Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics. She is the author of more than 100 publications in the sphere of information systems, marketing, management, knowledge engineering, and management in complex systems. ORCID: 0000-0003-0115-4346; Researcher ID (WoS): D-6103-2016. mtv-2002@yandex.ru.

Received August 10, 2020. Revised September 22, 2020. Accepted September 23, 2020.

ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ

УДК 004.021:004.82

DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-361-379

Алгоритмизация формирования и прагматической трансформации ограничений существования свойств предметной области**В.А. Семенова^{1,2}, С.В. Смирнов²**¹ Самарский государственный технический университет, Самара, Россия² Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия**Аннотация**

Областью исследований является интеллектуальный анализ данных, конкретно - развиваемое авторами направление «онтологический анализ данных», что следует понимать как анализ эмпирических данных о неизученной, неструктурированной предметной области с целью построения ее формальной онтологии. Предметом исследования статьи является формирование набора свойств, которые, как предполагается, характеризуют объекты изучаемой предметной области (и, следовательно, подлежат измерению в самом широком смысле этого слова), но с ограничениями на сочетания таких характеристик у объектов – «ограничениями существования» свойств. Задачи исследования состоят в разработке алгоритмов пошагового формирования набора измеряемых свойств с ограничениями существования, алгоритмов модификации такого набора (замещения и удаления свойств), алгоритма преобразования «естественного» описания этого набора как множества с заданными на нём отношениями в форму, удобную для последующего конструктивного, прагматического использования информации об ограничениях существования в онтологическом анализе данных. В работе используются методы теории множеств и бинарных отношений, модели и методы анализа формальных понятий, а также существующая методология применения ограничений существования для построения формальных онтологий. Отличие и новизна предложенных алгоритмов формирования набора свойств с ограничениями существования заключается в «естественном» и эффективном с точки зрения машинной реализации представлении таких наборов в форме графов и матриц инцидентности. Новизна алгоритмов модификации набора свойств с ограничениями существования – в выполненной впервые алгоритмизации уникальных методов расширения набора измеряемых свойств, непосредственно опирающихся на фундаментальные законы классической логики. Сказанное верно и для алгоритма трансформации набора измеряемых свойств в набор групп свойств, однородных по виду экзистенционального сопряжения свойств-членов. Значение полученных результатов состоит в алгоритмическом обеспечении ряда этапов онтологического анализа данных.

Ключевые слова: анализ формальных понятий, ограничения существования свойств, онтология, онтологический анализ данных, алгоритмизация.

Цитирование: Семенова, В.А. Алгоритмизация формирования и прагматической трансформации ограничений существования свойств предметной области / В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Онтология проектирования. – 2020. – Т. 10, №3(37). – С.361-379. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-361-379.

Введение

В инжиниринге онтологий сосуществуют два различных математически хорошо обоснованных подхода, основанных на теоретико-множественной семантике.

Наибольшее признание, распространение и значение (в том числе для развития теории и практики в ряде смежных областей) получил в этом смысле *анализ формальных понятий* (АФП) [1-3]. Более двух десятилетий он служит базой для развития и совершенствования методов построения, сравнения, объединения и т.д. формальных онтологий (см., например, ретроспективную подборку [4-10]). На наш взгляд, этот успех во многом определяется тем, что концепции и модели АФП оказались адекватны чрезвычайно востребованной ныне парадигме *анализа данных*, или, как теперь принято говорить, «науки о данных»¹.

Фундаментальная форма представления эмпирической информации в анализе данных – *таблица «объекты-свойства»* [11, 12] – фактически тождественна модели исходных данных АФП – *многозначному формальному контексту*

$$(G, M, V, I), \quad (1)$$

где $G = \{g_i\}_{i=1,\dots,r}$, $r = |G| \geq 1$ – множество объектов; $M = \{m_j\}_{j=1,\dots,s}$, $s = |M| \geq 1$ – множество признаков объектов («свойств»); V – совокупное множество значений разных свойств, $V = \cup_{j=1,\dots,s} V_j$, V_j – область существования значений (*домен*) свойства m_j ; I – тернарное отношение между G , M и V ($I \subseteq G \times M \times V$), определённое для всех пар из $G \times M$. Грануляция (1) с помощью *концептуального шкалирования* [13, 14] формирует² ключевую структуру АФП – *однозначный формальный контекст* (G, M, I) , где I – *бинарное* соответствие между G и M ($I \subseteq G \times M$), в котором рассматриваются операторы Галуа φ , ω (общая нотация « ω ») [1]:

- $\varphi(X) = X' = \{m_j \mid m_j \in M, \forall g_i \in X: I(g_i, m_j) = \mathbf{True}\}$ – общие свойства объектов, составляющих $X \subseteq G$;
- $\omega(Y) = Y' = \{g_i \mid g_i \in G, \forall m_j \in Y: I(g_i, m_j) = \mathbf{True}\}$ – объекты, которые обладают всеми свойствами из $Y \subseteq M$;
- для набора объектов X совокупность их общих признаков X' служит описанием *сходства* этого набора объектов, а замкнутое множество X'' является *кластером* сходных объектов.

Анализ соответствия Галуа между булеанами 2^G и 2^M позволяет выявить *бикластеры* (X, Y) , $X \subseteq G$, $Y \subseteq M$, $X = Y'$, $Y = X'$, которые сохраняют информацию об объектах с *одинаковым составом* свойств и находятся *по вложенности составов* в отношении частичного порядка. Фундаментальная роль такого анализа (и в целом АФП) состоит в том, что названные его результаты соответствуют в философии и классической логике определению *понятия* и *отношению обобщения* на множестве понятий [15, 16]. Т.е. каждый выявленный бикластер (X, Y) описывает понятие (точнее – *формальное понятие*), у которого X – *объем*, Y – *содержание*, и $(X_1, Y_1) \leq (X_2, Y_2)$, если $Y_1 \supseteq Y_2$ (или, равно, $X_1 \subseteq X_2$). Если интерпретировать (1) как данные многомерных наблюдений и измерений в исследуемой и моделируемой ПрО [4], то совокупность выявленных формальных понятий и связывающее их бинарное отношение частичного порядка « \leq » («*is a*») определяет, по меньшей мере, «скелет» *формальной онтологии* этой ПрО.

Принципиально иной подход в инжиниринге онтологий предлагают авторы [17-19]. В его основе лежит концепция *ограничений существования свойств* (ОСС) – *исходная данность* трёх бинарных отношений на множестве принимаемых во внимание свойств объектов ПрО:

- *обусловленность* $C: M \times M \rightarrow \{\mathbf{True}, \mathbf{False}\}$, которая устанавливает, что всякий объект g обладая свойством m_j обладает и свойством m_k (хотя обратное может быть неверно), т.е.

¹ «На первый план выходят области науки с интенсивным использованием данных (*data intensive sciences*). Значимый научный продукт или прорывную технологию сегодня можно получить, только если опираешься на колоссальные объемы информации и результаты их глубокой смысловой переработки» (из интервью академика И.А. Соколова газете «Поиск» от 17.10.2015).

² Роль, аналогичную концептуальному шкалированию, здесь также может играть требование и учёт полной определённости функций отображения «объект – значение свойства», осуществляемых процедурами измерения свойств объектов ПрО [4].

во введённых обозначениях $C(m_j, m_k) \leftrightarrow \forall g \in G: m_j \in \{g\}' \rightarrow m_k \in \{g\}'$. Обусловленность рефлексивна, несимметрична и транзитивна (рисунок 1а);

- **взаимообусловленность** $H: M \times M \rightarrow \{\text{True}, \text{False}\}$ - рефлексивное, симметричное и транзитивное отношение, индуцируемое отношением обусловленности: $H(m_j, m_k) \leftrightarrow C(m_j, m_k) \wedge C(m_k, m_j)$ (рисунок 1б);
- **несовместимость** $E: M \times M \rightarrow \{\text{True}, \text{False}\}$, когда всякий объект g , обладая свойством m_j , не может иметь m_k в качестве другого свойства, и наоборот, т.е. $E(m_j, m_k) \leftrightarrow \forall g \in G: m_j \in \{g\}' \rightarrow m_k \notin \{g\}'$. Отношение E антирефлексивно, симметрично и нетранзитивно, но характеризуется так называемой «транзитивностью относительно обусловленности» («ЕС-транзитивностью»), что означает $\forall x, y, z \in M: C(x, y) \wedge E(y, z) \rightarrow E(x, z)$ (рисунок 1в).

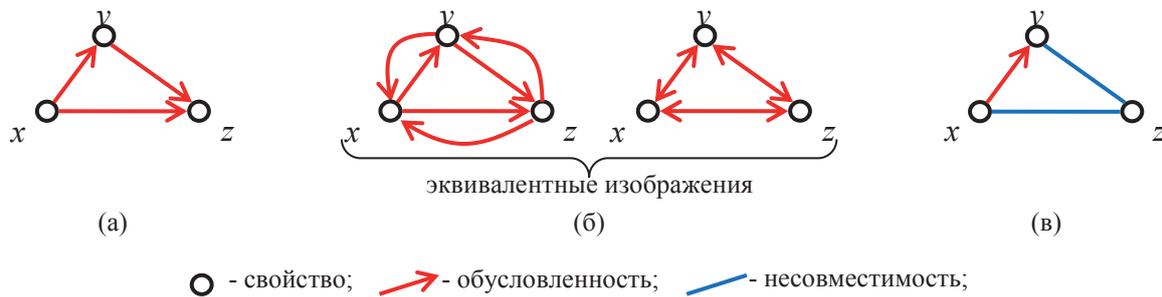


Рисунок 1 - Примеры ограничений существования свойств (самообусловленность свойств не изображена)

Тогда формирование онтологии ПрО из набора характеризующих её свойств (т.е. свойств объектов ПрО) и набора ограничений существования (т.е. ОСС как набора *сопряжённых пар свойств*, реализующих *экзистенциальные отношения* обусловленности и несовместимости свойств) состоит в выявлении всех *нормальных* подмножеств актуальных свойств ПрО, которые *замкнуты* и *совместимы*:

- $Y \subseteq M$ замкнуто, если оно содержит все свойства, обусловленные любым элементом Y , т.е. $\forall m_j \in Y: (\exists m_k \in M, m_k \neq m_j: C(m_j, m_k)) \rightarrow m_k \in Y$;
- $Y \subseteq M$ совместимо, если любые два элемента Y не связаны отношением несовместимости, т.е. $\forall m_j \in Y: (\exists m_k \in M, m_k \neq m_j: E(m_j, m_k)) \rightarrow m_k \notin Y$.

Нормальные подмножества актуальных свойств ПрО описывают все формальные понятия искомой онтологии, которые по вложенности составов нормальных множеств свойств организуются в граф наследования «*is a*».

В контексте вышесказанного наш вклад состоит в развитии *онтологического анализа данных* (ОАД) – комплекса моделей и методов вывода формальных онтологий ПрО из характеризующих её *неполных* и *противоречивых* эмпирических данных, представленных в форме *обобщённой* таблицы «объекты-свойства» [20, 21]. При этом установлена общность очерченных формальных подходов в аспекте единства их гипотетико-дедуктивной основы и *необходимость* их *совместного* использования в ОАД [22, 23]. Последнее объясняет интерес к формированию наборов измеряемых свойств ПрО и ОСС как в аспекте их генезиса и когнитивных задач - эти вопросы рассмотрены в [22, 23], - так и чисто в структурном плане, что является предметом этой работы.

В предлагаемой статье решается задача алгоритмизации пошагового формирования и модификации субъектом ОАД набора свойств с ОСС, а также его преобразования в набор частично пересекающихся *групп сопряжённых свойств*, обеспечивающих эффективную

идентификацию нормальных множеств свойств ПрО. В отличие от техники нормализации, основанной на булевых функциях и уравнениях, которая предложена в [17, 18], используется «естественное» описание ОСС в форме графов (см. рисунок 1) и матриц инцидентности. Это по нашему убеждению предопределяет больший когнитивный и «объясняющий» потенциал такого представления для субъекта ОАД, а также эффективную машинную реализацию соответствующих алгоритмов. Кроме того, *алгоритмы модификации* реализуют не имеющие аналогов методы расширения набора актуальных свойств с ОСС, которые опираются непосредственно на фундаментальные законы классической логики [22, 23].

1 Пошаговое формирование набора свойств с ограничениями существования

Для обозначения свойств объектов исследуемой ПрО, или *измеряемых свойств*, в данном разделе используются идентификаторы, у которых первым символом является строчная латинская буква, например, $x \in M$.

Здесь и далее до определённого момента не принимается во внимание (в силу локальности действия) имманентная самообусловленность каждого свойства. Тогда нетрудно видеть, что с каждым свойством в наборе свойств с ОСС связаны три множества (рисунок 2):

- $\underline{C}(x)$ – множество свойств, обуславливающих свойство x , $0 \leq |\underline{C}(x)| \leq |M| - 1$,
- $\overline{C}(x)$ – множество свойств, обусловленных свойством x , $0 \leq |\overline{C}(x)| \leq |M| - 1$,
- $E(x)$ – множество свойств, несовместимых со свойством x , $0 \leq |E(x)| \leq |M| - 1$,

- причём лишь $\underline{C}(x)$ и $\overline{C}(x)$ могут пересекаться. Очевидно несложное выявление $\underline{C}(x)$, $\overline{C}(x)$ и $E(x)$ будем относить к числу *базовых алгоритмических примитивов*, которые не детализируются.

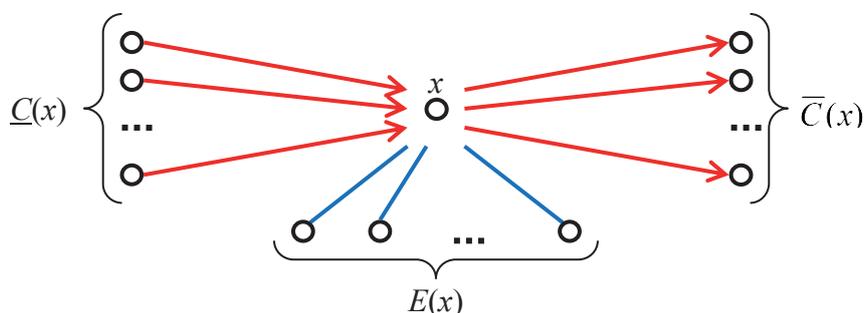


Рисунок 2 – Множества свойств, ассоциированные в наборе свойств с ограничениями существования с каждым отдельно взятым свойством (пояснение графических образов см. на рисунке 1)

В разделе рассматриваются два следующих элементарных созидательных действия:

- 1) *добавление нового свойства* в существующий набор измеряемых свойств;
- 2) *добавление новой сопряжённости пары свойств* – обусловленности или несовместимости - в набор ОСС.

Все этапы последующего изложения иллюстрирует граф на рисунке 3, который описывает матрица инцидентности, представленная на рисунке 4.

1.1 Расширение набора свойств

Задача добавления множества новых свойств в набор измеряемых свойств с ОСС, когда не выдвигается требование их какой-либо сопряжённости с уже существующими в этом наборе свойствами, *тривиальна*. Однако постановку этой задачи можно обобщить, считая, что в добавляемом множестве свойств могут присутствовать «свои» ОСС. Поскольку акты

добавления свойств и включения их в экзистенциальные отношения (добавления сопряжённостей) разумно разделять, то такое в целом полезное обобщение задачи целесообразно ограничить. Здесь во внимание следует принять *когнитивный смысл* расширения набора измеряемых свойств [22, 23], а также практические соображения по упрощению реализации алгоритмических примитивов, используемых при построении матрицы инцидентности, пример которой приведён на рисунке 4. С учётом этого рационально ограничиться тремя возможностями расширения набора измеряемых свойств, алгоритмы которых приводятся ниже.

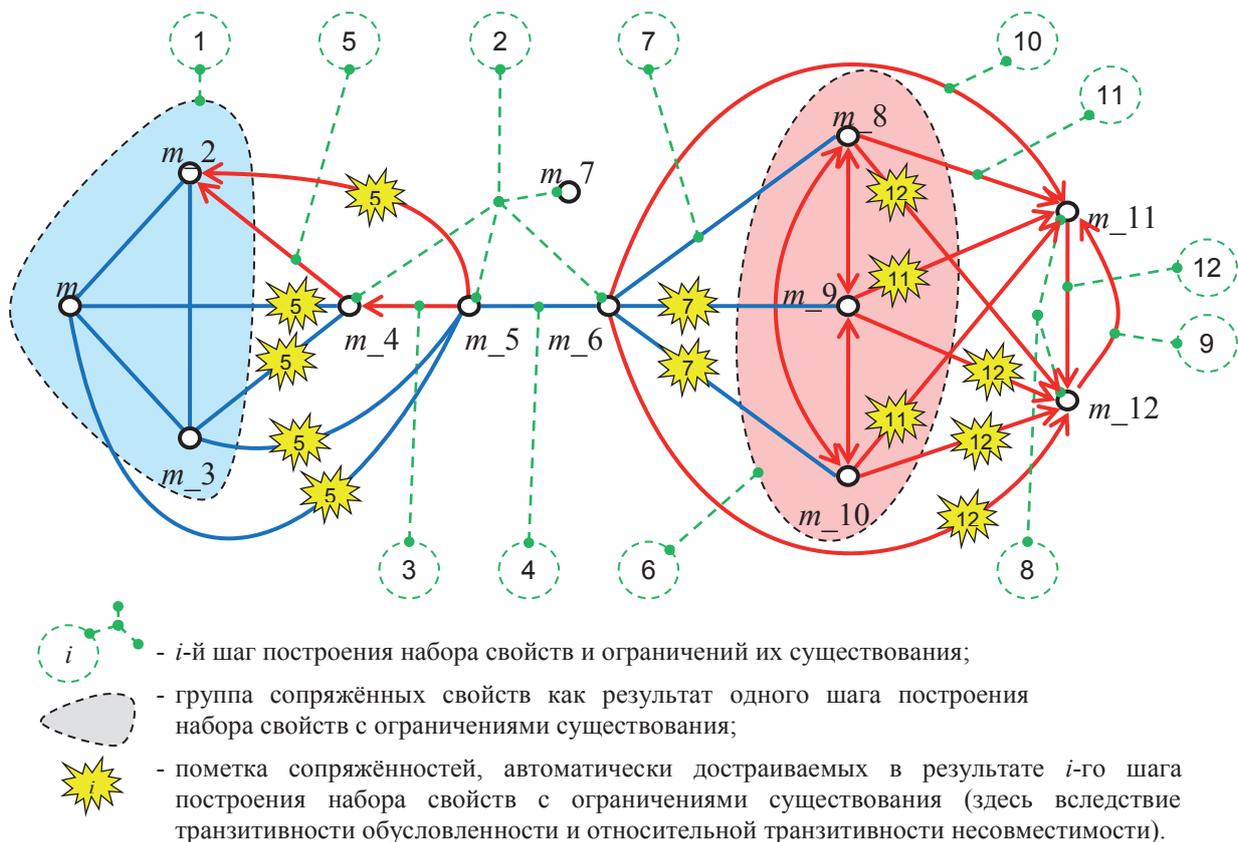


Рисунок 3 – Пример пошагового построения набора свойств с ограничениями существования (пояснение ряда графических образов см. на рисунке 1)

Алгоритм «Добавление k несопряжённых свойств», $k \geq 1$

- 1) **for** $i := 1$ **to** k
- 2) $x := \text{new } P'P$ - класс «Свойство»
- 3) $M := M \cup \{x\}$ 'добавление свойства x в набор измеряемых свойств
- 4) **next** i

Алгоритм «Добавление k взаимообусловленных свойств», $k \geq 2$

- 1) $n := |M|$
- 2) Добавление k несопряжённых свойств 'см. описание выше
- 3) **for** $i := 1$ **to** k
- 4) **for** $j := i + 1$ **to** k
- 5) $C[M[n + i], M[n + j]] := \text{True}$ 'сопрягаемые свойства извлекаются из набора M
- 6) $C[M[n + j], M[n + i]] := \text{True}$ 'с помощью примитива $[\cdot]$
- 7) **next** j
- 8) **next** i

Алгоритм «Добавление k попарно несовместимых свойств», $k \geq 2$

- 1) $n := |M|$
- 2) Добавление k несопряжённых свойств
- 3) **for** $i := 1$ **to** k
- 4) **for** $j := i + 1$ **to** k
- 5) $E(M[n + i], M[n + j]) := \text{True}$
- 6) **next** j
- 7) **next** i

На рисунках 3, 4 шаг 1 добавляет три попарно несовместимых свойства, шаг 2 – четыре несопряжённых свойства, шаг 6 – три взаимообусловленных (ВЗО-) свойства, шаг 8 – два не-сопряжённых свойства.

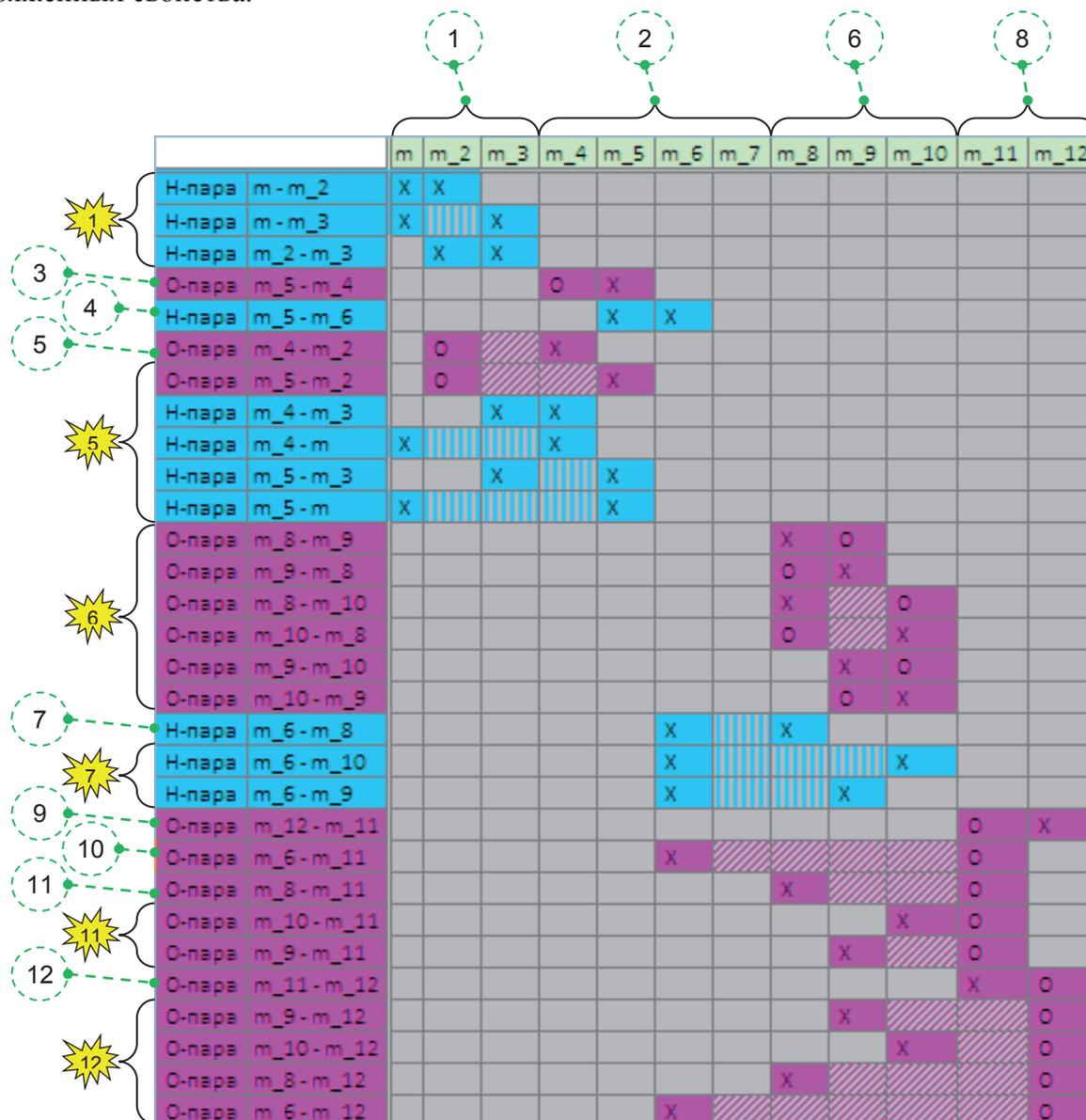


Рисунок 4 – Пример пошагового построения матрицы инцидентности «сопряжённости пар свойств – свойства», описывающей набор свойств с ограничениями существования: Н-пара – пара несовместных свойств; О-пара – пара свойств с обусловленностью, где знак инцидентности «О» указывает обусловленное свойство (пояснение других графических образов см. на рисунке 2)

1.2 Добавление сопряжённости пары свойств

Желание субъекта ОАД добавить в набор ОСС сопряжённость пары свойств $x, y \in M$ – будь то обусловленность любой «направленности» (О-пара), либо несовместимость (Н-пара) – должно быть *отклонено*, если:

- указанная сопряжённость уже существует;
- указанная сопряжённость противоречит существующей сопряжённости x и y , т.е. требуется либо несовместимость x и y , а эта пара так или иначе уже состоит в отношении обусловленности, либо наоборот ($\forall x, y \in M: E(x, y) \wedge (C(x, y) \vee C(y, x)) \equiv \mathbf{False}$);
- добавление указанной сопряжённости нарушит законы транзитивности экзистенциальных отношений. Нетрудно показать, что нарушение ЕС-транзитивности произойдёт лишь при попытке добавления в ОСС О-пары (x, y) в случае, когда $\exists z \in \underline{C}(x) \cap E(y)$, а нарушение транзитивности обусловленности – при попытке добавления Н-пары (x, y) в случае, когда $\exists z \in \underline{C}(x) \cap \underline{C}(y)$.

Сказанное вполне определяет порядок проверки допустимости добавления сопряжённости пары свойств, а собственно добавление сопряжённости пары свойств, инициированное субъектом ОАД, в общем случае вызывает необходимость *добавления* в ОСС других новых сопряжённостей свойств в силу транзитивности экзистенциальных отношений. Эти действия составляют содержание алгоритмов добавления О- и, отдельно, Н-пары свойств.

Алгоритм «Добавление О-пары (x, y) », $x, y \in M$

- 1) **if not** $C(x, y) = \mathbf{True}$ **and not** $E(x, y) = \mathbf{True}$ **and** $|\underline{C}(x) \cap E(y)| = 0$ **then**
- 2) $\underline{C}(x) := \underline{C}(x) \cup \{x\}$ 'x и обуславливающие его свойства
- 3) $\bar{C}(y) := \bar{C}(y) \cup \{y\}$ 'y и обуславливаемые им свойства
- 4) 'Добавление в ОСС новых О-пар (включая указанную субъектом ОАД),
'если они там отсутствуют и речь не идёт об образовании самообусловленности;
'тем самым транзитивность обусловленности оказывается выполненной:
 for each $z1$ **in** $\underline{C}(x)$
- 5) **for each** $z2$ **in** $\bar{C}(y)$
- 6) **if** $C(z1, z2) = \mathbf{False}$ **and** $z1 \neq z2$ **then** $C(z1, z2) := \mathbf{True}$
- 7) **next** $z2$
- 8) **next** $z1$
- 9) $M^* := \emptyset$ 'начало формирования множества свойств,
'несовместимых с каждым свойством из $\bar{C}(y)$
- 10) **for each** $z1$ **in** $\bar{C}(y)$
- 11) **for each** $z2$ **in** $E(z1)$ $M^* := M^* \cup \{z2\}$ **next** $z2$ 'бесповторное добавление свойства $z2$
- 12) $M^* := M^* \cup \{z2\}$ **next** $z2$ 'бесповторное добавление свойства $z2$
- 13) **next** $z2$
- 14) **next** $z1$
- 15) 'Добавление в ОСС новых Н-пар $(z1, z2)$ –
'несовместимости каждого свойства из $\underline{C}(x)$ с каждым свойством в M^* ,
'если она в ОСС отсутствует;
'тем самым ЕС-транзитивность оказывается выполненной:
 for each $z1$ **in** $\underline{C}(x)$
- 16) **for each** $z2$ **in** M^*
- 17) **if** $E(z1, z2) = \mathbf{False}$ **then** $E(z1, z2) := \mathbf{True}$
- 18) **next** $z2$
- 19) **next** $z1$
- 20) **end if**

На рисунках 3, 4 шаг 5 добавляет О-пару (m_4, m_2) , и для выполнения транзитивности экзистенциальных отношений автоматически добавляются О-пара (m_5, m_2) и Н-пары (m_4, m_3) , (m_4, m) , (m_5, m_3) , (m_5, m) . Аналогично при добавлении О-пары (m_8, m_{11})

автоматически формируются О-пары (m_{10}, m_{11}) , (m_9, m_{11}) , а при добавлении О-пары (m_{11}, m_{12}) - О-пары (m_9, m_{12}) , (m_{10}, m_{12}) , (m_8, m_{12}) , (m_6, m_{12}) .

Алгоритм «Добавление Н-пары (x, y) », $x, y \in M$

- 1) **if not** $E(x, y) = \text{True}$ **and not** $(C(x, y) = \text{True}$ **or** $C(x, y) = \text{True})$ **and** $|\underline{C}(x) \cap \underline{C}(y)| = 0$ **then**
- 2) $\underline{C}(x) := \underline{C}(x) \cup \{x\}$ 'x и обуславливающие его свойства
- 3) $\underline{C}(y) := \underline{C}(y) \cup \{y\}$ 'y и обуславливающие его свойства
- 4) 'Добавление в ОСС новых Н-пар (включая указанную субъектом ОАД),
'если они там отсутствуют; тем самым ЕС-транзитивность оказывается выполненной:
 for each $z1$ **in** $\underline{C}(x)$
- 5) **for each** $z2$ **in** $\underline{C}(y)$
- 6) **if** $E(z1, z2) = \text{False}$ **then** $E(z1, z2) := \text{True}$
- 7) **next** $z2$
- 8) **next** $z1$
- 9) **end if**

На рисунках 3, 4 шаг 7 добавляет Н-пару (m_6, m_8) , и для выполнения ЕС-транзитивности автоматически добавляются Н-пары (m_6, m_{10}) , (m_6, m_9) .

2 Алгоритмы модификации набора свойств с ограничениями существования

В данном разделе вначале анализируются такие элементарные модификации набора измеряемых свойств с ОСС как *удаление свойства* из набора измеряемых свойств и *удаление сопряжённости пары свойств* из ОСС. Затем рассматриваются более «нагруженные» в когнитивном смысле модификации набора измеряемых свойств и ОСС, возникающие в результате концептуального шкалирования измеряемых свойств, и, наконец, *замещение* свойства группой взаимообусловленных свойств.

2.1 Удаление сопряжённости пары свойств

Вне сомнения, изъятие из ОСС сопряжённости свойств $x, y \in M$ чревато нарушением транзитивности экзистенциональных отношений измеряемых свойств:

- транзитивность обусловленности нарушится, если из ОСС удалить О-пару (x, y) , являющуюся «замыканием» двухзвенной цепочки обусловленностей, т.е. $\exists z \in M, z \neq x, z \neq y: C(x, z) \wedge C(z, y) = \text{True}$;
- транзитивность несовместимости относительно обусловленности - ЕС-транзитивность – нарушится, если из ОСС удалить Н-пару (x, y) , являющуюся «замыканием» двухзвенной цепочки «обусловленность–несовместимость», конкретно $\exists z \in M, z \neq x, z \neq y: C(x, z) \wedge E(z, y) \vee C(y, z) \wedge E(z, x) = \text{True}$ (дизъюнкция в последней формуле объясняется симметричностью несовместимости пары свойств).

Таким образом, основным содержанием алгоритмов удаления сопряжённости пар свойств из ОСС является проверка допустимости такого действия.

Алгоритм «Удаление О-пары (x, y) », $x, y \in M$

- 1) **if** $|\bar{C}(y) \cap \underline{C}(y)| = 0$ **then** 'О-пара (x, y) не является «замыкающей»
- 2) $C(x, y) := \text{False}$ 'удаление обусловленности свойством x свойства y
- 3) **end if**

Алгоритм «Удаления Н-пары (x, y) », $x, y \in M$

- 1) **if** $|\bar{C}(y) \cap E(y)| + |\bar{C}(y) \cap E(x)| = 0$ **then** 'Н-пара (x, y) не является «замыкающей»
- 2) $E(x, y) := \text{False}$ 'удаление несовместимости свойств x и y
- 3) **end if**

Например, в наборе свойств с ОСС на рисунке 3 попытка удаления О-пары (m_6, m_{12}) или Н-пары (m, m_5) будет отклонена, а удаление О-пары (m_4, m_2) или Н-пары (m, m_3) возможно.

2.2 Удаление свойства

Удаление свойства $x \in M$ – абсолютно неконфликтная модификация набора измеряемых свойств с ОСС, поскольку она предполагает удаление всех сопряженностей этого свойства, причём отсутствие нарушений транзитивности экзистенциальных отношений измеряемых свойств гарантируется «автоформированием» условия

$$\exists z \in M, z \neq x, z \neq y: C(x, z) \wedge C(z, y) = \mathbf{True}, C(x, z) \wedge E(z, y) \vee C(y, z) \wedge E(z, x) = \mathbf{True},$$

а удаление несопряженного свойства из набора измеряемых свойств тривиально.

Алгоритм «Удаление свойства x », $x \in M$

- 1) **for each** y **in** $\bar{C}(x)$ 'удаление сопряжения с обуславливаемыми свойствами
- 2) $C(x, y) := \mathbf{False}$
- 3) **next** y
- 4) **for each** y **in** $\underline{C}(x)$ 'удаление сопряжения с обуславливающими свойствами
- 5) $C(y, x) := \mathbf{False}$
- 6) **next** y
- 7) **for each** y **in** $E(x)$ 'удаление сопряжения с несовместимыми свойствами
- 8) $E(y, x) := \mathbf{False}$
- 9) **next** y
- 10) $M := M \setminus \{x\}$

2.3 Когнитивное шкалирование свойств

В [22, 23] обоснована концепция, согласно которой набор измеряемых свойств с ОСС – продукт, возникающий в результате выдвижения субъектом ОАД *гипотез о понятийной структуре*, описывающей исследуемую ПрО.

Например, добавление в набор измеряемых свойств одного нового свойства знаменует образование множества новых гипотетических понятий, содержания которых возникают как определенные комбинаторные объекты из нового и существовавших измеряемых свойств, а также новых гипотетических понятий, обобщающих такие комбинаторные объекты.

Два (и только два) других способа формирования новых гипотетических понятий - известные в классической логике *деление* и *ограничение* существующего понятия [15, 16] - вызывают *модификации* набора измеряемых свойств, которые следует расценивать как соответственно *дизъюнктивное* и *уточняющее* концептуальное шкалирование свойств [22, 23]:

- дизъюнктивное (номинальное) шкалирование свойства выполняется путём деления его домена на $k \geq 2$ непересекающихся частей и приводит к *замещению* шкалируемого свойства набором k новых *несовместимых* свойств;
- уточняющее (порядковое) шкалирование свойства устанавливается покрытием его домена двумя областями, первая из которых есть домен целиком, а вторая – какая-то его часть («строгая часть»). Тогда у объектов исследуемой ПрО *добавляется* новое свойство, которое некоторым образом определяет выделенную часть домена шкалируемого свойства и *обуславливает* последнее. Обобщением такого приема является уточняющее шкалирование одновременно $k \geq 2$ свойств, когда добавляемое новое свойство описывает одновременно *все* выделенные части (среди которых хотя бы одна строгая) доменов шкалируемых свойств и, следовательно, обуславливает все k шкалируемых свойств.

2.3.1 Дизъюнктивное шкалирование свойства

Анализ возможности дизъюнктивного шкалирования свойства $x \in M$ иллюстрирует рисунок 5, где, в частности, демонстрируется *неопределённость* результата шкалирования обусловленного свойства ($|\underline{C}(x)| > 0$), возникающая в силу ЕС-транзитивности отношения несовместимости свойств. Поэтому предлагается постулировать невозможность дизъюнктивного шкалирования обусловленного измеряемого свойства, и алгоритм такого шкалирования начинать с соответствующей проверки.

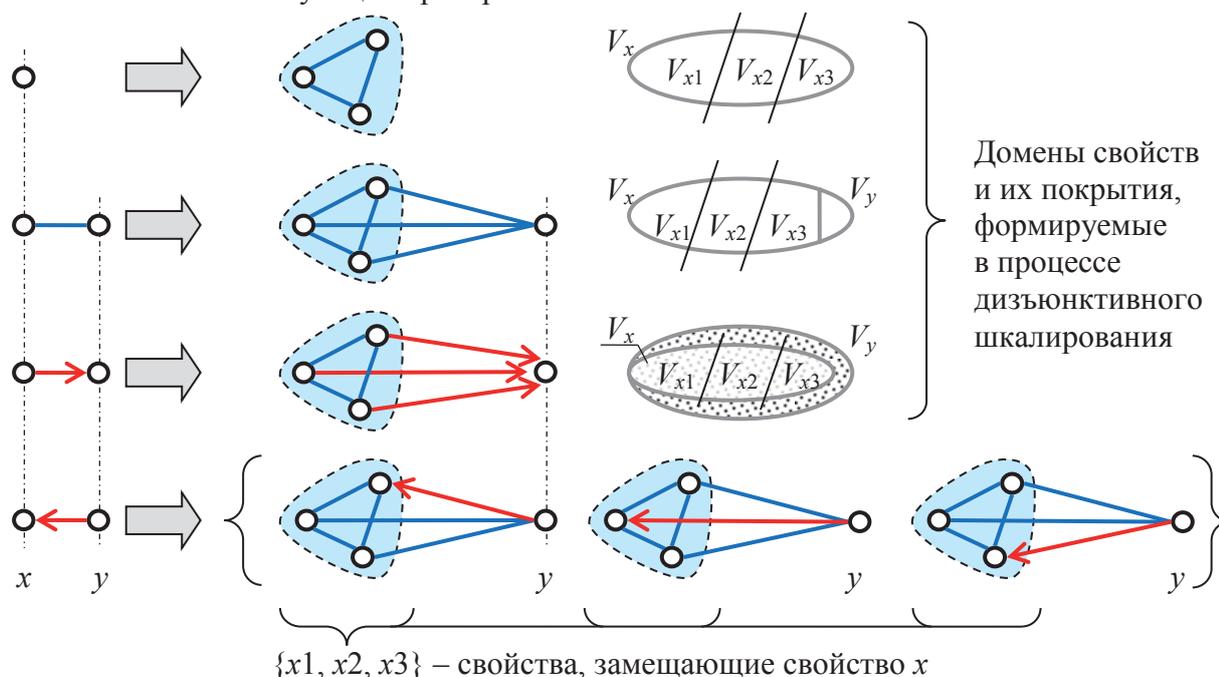


Рисунок 5 – Пример дизъюнктивного шкалирования: замещение тремя несовместимыми свойствами $\{x_1, x_2, x_3\}$ свойства x , сопряжённого со свойством y ; приведены случаи: x без сопряжения, $y \in E(x)$, $y \in \bar{C}(x)$, $y \in \underline{C}(x)$ (пояснение ряда графических образов см. на рисунке 1)

Алгоритм «Дизъюнктивное шкалирование свойства x с замещением шкалируемого свойства k новыми свойствами», $x \in M, k \geq 2$

- 1) **if** $|\underline{C}(x)| = 0$ **then** 'дизъюнктивное шкалирование свойства x возможно
- 2) $n := |M|$
- 3) Добавление k несопряжённых свойств 'см. описание выше
- 4) **for** $i := 1$ **to** k
- 5) **for each** y **in** $E(x)$
- 6) Добавление_Н-пары_ $(M[n + i], y)$ 'см. описание выше
- 7) **next** y
- 8) **for each** y **in** $\underline{C}(x)$
- 9) Добавление_О-пары_ $(M[n + i], y)$ 'см. описание выше
- 10) **next** y
- 11) **next** i
- 12) Удаление_свойства_ x 'см. описание выше
- 13) **end if**

2.3.2 Уточняющее шкалирование свойства

Анализ, аналогичный тому, что очерчен для дизъюнктивного шкалирования, позволяет установить, что невозможно реализовать обобщённую версию уточняющего шкалирования множества $M^* \subseteq M, |M^*| \geq 2$ измеряемых свойств, если хотя бы два из них несовместимы

(естественно, для уточняющего шкалирования одного свойства, т.е. при $|M^*| = 1$, последнее условие не возникает; формально это следует из антирефлексивности отношения несовместимости свойств).

Например, присутствующее на рисунке 3 множество свойств $\{m_4, m_5, m_6\}$ не может быть подвергнуто уточняющему шкалированию, а множество $\{m_4, m_5, m_7\}$ шкалировать таким образом допустимо.

В приводимом далее алгоритме смысл проверки возможности уточняющего шкалирования заданного множества $M^* \subseteq M$ свойств передан, но её реализация может быть эффективнее, т.к. первое же обнаружение несовместимости пары свойств в M^* проясняет ситуацию.

Алгоритм «Уточняющее шкалирование множества свойств M^* с добавлением нового свойства», $M^* \subseteq M, |M^*| \geq 1$

```

1) b := True 'флажок «Шкалирование возможно»
2) if  $|M^*| \geq 2$  then
3)   for each x in  $M^*$ 
4)     for each  $y \in M^* \setminus \{x\}$ 
5)       if  $E(x, y) = \text{True}$  then b := False
6)     next y
7)   next x
8) end if
9) if b = True then 'уточняющее шкалирование множества  $M^*$  возможно
10)  n :=  $|M|$ 
11)  Добавление_k_несопряжённых_свойств, k = 1
12)  for each x in  $M^*$ 
13)    Добавление_О-пары_( $M[n + 1], x$ )
14)  next x
15) end if

```

2.4 Замещение свойства группой взаимообусловленных свойств

По определению во множестве гипотетических понятий, отвечающих формируемому субъектом ОАД набору измеряемых свойств с ОСС, содержание отдельно взятого понятия отличается от содержаний других понятий, по меньшей мере, одним свойством. Когда таких *отличительных* свойств в содержании какого-то понятия несколько, то в аспекте ОСС они *взаимообусловлены* [22]. Действительно, у всех объектов из объёма этого гипотетического понятия (и только у них среди всех объектов, гипотетически присутствующих в исследуемой ПрО) кроме, возможно, других свойств наличествуют *все* рассматриваемые отличительные свойства. Следовательно, устанавливая, что наблюдаемый в ПрО объект обладает *любым одним* таким отличительным свойством, согласно выдвинутой гипотетической картине следует констатировать, что он характеризуется и всеми остальными отличительными свойствами, и, таким образом, любое одно такое отличительное свойство обуславливает все другие, а это означает, что все обсуждаемые отличительные свойства взаимообусловлены.

Опыт показывает, что формируя гипотезы о понятийной структуре, описывающей исследуемую ПрО, субъект ОАД нередко решает, что вместо одного отличительного свойства некоторое гипотетическое понятие о ПрО должно характеризоваться несколькими, например, уточняя, что интересующие его люди должны характеризоваться не только фамилией, но и именем. Поэтому целесообразно при формировании набора измеряемых свойств с ОСС предполагать возможностью *замещения* одного свойства группой ВЗО-свойств.

Очевидно, что в силу транзитивности экзистенциальных отношений между свойствами *каждое* из ВЗО-свойств, замещающих выбранное измеряемое свойство, «наследует» все его сопряжённости в наборе измеряемых свойств (это также следует из того, что отношение вза-

имообусловленности H в силу характеризующих его свойств симметрии – см. введение - разбивает множество измеряемых свойств на классы эквивалентности). Реализация наследования сопряжённостей замещаемого свойства замещающими его ВЗО-свойствами составляет основное содержание рассматриваемого алгоритма замещения.

Алгоритм «Замещение свойства x группой k ВЗО-свойств», $x \in M, k \geq 2$

- 1) Добавление k взаимообусловленных свойств 'см. описание выше
- 2) $y := M[n + k]$ 'последнее из замещающих ВЗО-свойств,
'которое далее наследует все сопряжённости замещаемого свойства x ;
'при этом остальные замещающие ВЗО-свойства получают все эти сопряжённости
'автоматически – см. алгоритмы добавления сопряжённостей пар свойств
- 3) **for each** z **in** $\bar{C}(x)$
- 4) Добавление_О-пары_(y, z)
- 5) **next** z
- 6) **for each** z **in** $\underline{C}(x)$
- 7) Добавление_О-пары_(z, y)
- 8) **next** z
- 9) **for each** z **in** $E(x)$
- 10) Добавление_Н-пары_(z, y)
- 11) **next** z
- 12) Удаление_свойства_ x

Иллюстрацию замещения измеряемого свойства группой ВЗО-свойств можно найти на рисунке 3, если предположить, что группа ВЗО-свойств $\{m_8, m_9, m_{10}\}$ - результат замещения некоторого «протосвойства» m_{8910} , которое было несовместимо со свойством m_6 и обуславливало свойства m_{11}, m_{12} .

3 Трансформация ограничений существования свойств

В отличие от метода построения онтологий, прямо основанного на анализе ОСС [17-19], в ОАД информация об ОСС используется при дефаззификации нестроого формального контекста, который возникает вследствие неполноты и противоречивости имеющихся эмпирических данных, причём локально для каждого объекта, попавшего в поле зрения исследователя [20, 21]. Однако и та и другая методики связаны выявлением подмножеств свойств, *совместимых* с ОСС, т.е. нормальных подмножеств измеряемых свойств. Разбор формального определения нормального подмножества свойств (см. введение) позволяет указать в наборе свойств с ОСС *структуры*, которые будучи выявлены, открывают путь к быстрой констатации «нормальности» *актуальных* подмножеств измеряемых свойств³:

- *группа ВЗО-свойств* (ВЗО-группа) принадлежит нормальному подмножеству *только целиком* (что естественно для отдельно взятого свойства, которое формально в силу самообусловленности следует считать частным случаем ВЗО-группы);
- *группа с односторонней обусловленностью* (О-группа), в которой одно свойство или, эквивалентно, группа ВЗО-свойств обуславливает другое свойство или, эквивалентно, группу ВЗО-свойств, либо входит в нормальное подмножество *целиком*, либо своей *обусловливаемой частью*. Отношение обусловленности между ВЗО-группами обобщает отношение между свойствами в том смысле, что каждое свойство-член одной группы обуславливает все свойства-члены другой (формальный анализ этого отношения можно найти в [19]);

³ Именно это – выяснение нормально или нет некоторое *данное* подмножество свойств, - а не выявление *всех* нормальных подмножеств набора свойств с ОСС, необходимо при дефаззификации формального контекста в ОАД [20].

- группа попарно несовместимых свойств (Н-группа) может быть представлена в нормальном подмножестве только одним своим членом.

Таким образом, актуальна задача *трансформации* «естественного» представления набора измеряемых свойств с ОСС как конечного множества с заданными на нём бинарными отношениями в набор групп свойств, однородных по виду экзистенционального сопряжения свойств-членов. Решение этой задачи в форме матрицы инцидентности «однородные группы свойств – свойства» для набора свойств с ОСС, представленного на рисунках 3, 4, демонстрирует рисунок 6.

	m	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_10	m_11	m_12
ВЗО-группа	0											
ВЗО-группа		0										
ВЗО-группа			0									
ВЗО-группа				0								
ВЗО-группа					0							
ВЗО-группа						0						
ВЗО-группа							0					
ВЗО-группа								0	0	0		
ВЗО-группа											0	0
О-группа		0		X								
О-группа		0			X							
О-группа				0	X							
О-группа						X					0	0
О-группа							X	X	X		0	0
Н-группа	X		X		X							
Н-группа	X		X	X								
Н-группа	X	X	X									
Н-группа					X	X						
Н-группа						X			X			
Н-группа						X				X		
Н-группа						X	X					

Рисунок 6 - Пример описания набора свойств с ограничениями существования в виде матрицы инцидентности «однородные группы свойств – свойства»

3.1 Выявление групп взаимообусловленных свойств

Во-первых, каждое в отдельности измеряемое свойство является самостоятельной ВЗО-группой. Во-вторых, ясно, что признаком ВЗО-группы является не только взаимообусловленность входящих в неё свойств, но и отсутствие пересечения с другими ВЗО-группами (исключая, разумеется, некоторые ВЗО-группы, состоящие из одного свойства). Поэтому после выявления очередной ВЗО-группы её свойства-члены следует исключить из дальнейшего анализа, что сокращает трудоёмкость выявления каждой следующей такой группы.

Алгоритм «Выявление ВЗО-групп»

- 1) $M^* := M$ 'получение копии множества свойств
- 2) **do while** $|M^*| > 0$
- 3) $x := M^*[1]$ 'очередное свойство, не состоящее в ранее выявленных ВЗО-группах
- 4) $G := \text{new } VZO$ 'VZO - класс «ВЗО-группа»;
'G используется здесь лишь как множество свойств-членов группы G
- 5) $G := G \cup \{x\}$ 'x – ядро и, возможно, единственный член новой ВЗО-группы

```

6)   for each y in C(x)
7)     for each z in C(y)
8)       if z = x then G := G ∪ {y}
9)     next z
10)  next y
11)  M* := M* \ G
12) loop 'множество свойств конечно
    
```

3.2 Выделение групп с односторонней обусловленностью

Поскольку по определению О-группа - это две ВЗО-группы, одна из которых обуславливает другую, то алгоритм выделения О-групп строится в предположении, что все ВЗО-группы в наборе измеряемых свойств с ОСС уже выявлены.

Алгоритм «Выявление О-групп»

```

1) for each G2 in VZO's 'перебор всех построенных ВЗО-групп
   'G2 используется здесь лишь как множество свойств-членов группы G2
2)  M* := C(G2[1]) \ G2
   'множество свойств-членов ВЗО-групп, отличных от ВЗО-группы G2;
   'каждое из этих свойств обуславливает каждый член ВЗО-группы G2
3)  for each G1 in VZO's 'перебор всех построенных ВЗО-групп
   'G1 используется здесь лишь как множество свойств-членов группы G1
4)    if |G1 ∩ M*| > 0 then 'ВЗО-группа G1 обуславливает ВЗО-группу G2
5)      G := new O 'O - класс «О-группа»
6)      G.C := G2 'обуславливаемые свойства-члены О-группы
7)      G.C := G1 'обуславливающие свойства-члены О-группы
8)    end if
9)  next G1
10) next G2
    
```

3.3 Выявление групп попарно несовместимых свойств

Проблемой выявления Н-групп в наборе измеряемых свойств с ОСС является не только их пересечение между собой, но, прежде всего, вложенности одних таких групп в другие - как правило, подобные структуры эффективно обрабатываются лишь путём рекурсии. Например, на рисунке 3 Н-группы $\{m, m_2, m_3\}$ и $\{m, m_3, m_5\}$ пересекаются, а в Н-группу $\{m, m_2, m_3\}$ вложены Н-группы $\{m, m_2\}$, $\{m, m_3\}$, $\{m_2, m_3\}$.

Алгоритм «Выявление Н-групп»

```

1) for each x in M
2)  G := Ассоциированные_с_x_Н-группы
   'множество Н-групп, каждая из которых включает свойство x и
   'определённое подмножество попарно несовместимых с ним свойств
3)  Ns := Ns ∪ G 'бесповторное (по составу свойств-членов) накопление Н-групп
4) next x
    
```

Алгоритм рекурсивной функции «Ассоциированные_с_x_Н-группы» выявляет как все пересекающиеся, так и вложенные одна в другую Н-группы, включающие в себя свойство x.

Алгоритм «Ассоциированные с x Н-группы», $x \in M$

```

1) Gs := ∅ 'множество Н-групп, ассоциированных со свойством x
2) for each y in E(x)
3)  M* := E(y) ∩ E(x) 'свойства, несовместимые как со свойством y, так и со свойством x
4)  if |M*| ≤ 1 then 'M* пусто или содержит одно свойство
5)    G := new N 'N - класс «Н-группа»
   'G используется здесь и как множество свойств-членов группы G
6)  G := G ∪ {y}
    
```

```

7)      if  $|M^*| = 1$  then  $G := G \cup M^*$ 
8)      else
9)       $G :=$  Ассоциированные_с_у_Н-группы 'рекурсия для свойства у
10)     end if
11)      $G_s := G_s \cup G$  'бесповторное накопление Н-групп
12) next z
13) for each  $G$  in  $G_s$ 
14)    $G := G \cup \{x\}$ 
15) next  $G$ 
16) Ассоциированные_с_x_Н-группы :=  $G_s$ 

```

Заключение

Представленные в статье алгоритмы формирования набора свойств, подлежащих измерению у объектов исследуемой ПрО, с набором ограничений существования этих свойств призваны обеспечить поддержку и сохранение результатов *априорных когнитивных актов* субъекта, намеревающегося получить данные измерений, а затем формально вывести из этой эмпирической информации онтологическую модель интересующей его ПрО. Полнота, достаточность и эффективность алгоритмической поддержки этой деятельности субъекта-исследователя достигнута как за счёт теоретического обоснования логического смысла рассматриваемых актов, так и благодаря целесообразному ограничению мыслимых возможностей такой поддержки.

Алгоритмы трансформации исходного «естественного» представления набора измеряемых свойств с ограничениями существования в набор субструктур, однородных по виду экзистенционального сопряжения свойств-членов, обеспечивают возможность эффективного практического использования априорных соображений субъекта онтологического анализа эмпирических данных. Основанием для такого вывода является возможность *прямого соотнесения* внутреннего устройства названных субструктур с прагматически важным и теоретически строгим понятием нормального подмножества измеряемых свойств.

Представленный в статье комплекс алгоритмов предполагается реализовать в разрабатываемой в Институте проблем управления сложными системами РАН системе онтологического анализа данных на массовой программной платформе.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (регистрационный номер НИОКТР АААА-А19-119030190053-2).

Список источников

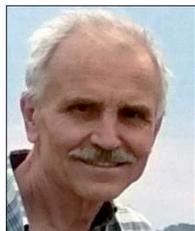
- [1] **Ganter, B.** Formal Concept Analysis. Mathematical foundations / B. Ganter, R. Wille. – SpringerVerlag Berlin Heidelberg, 1999.
- [2] **Ferré, S.** Formal Concept Analysis: From Knowledge Discovery to Knowledge Processing / S. Ferré, M. Huchard, M. Kaytoue, S.O. Kuznetsov, A. Napoli // In: P. Marquis, O. Papini, H. Prade (eds.): A Guided Tour of Artificial Intelligence Research. Vol. II: AI Algorithms. - Springer International Publishing, 2020 - P.411-445.
- [3] Formal Concept Analysis Homepage - <http://www.upriss.org.uk/fca/fca.html>
- [4] **Смирнов, С.В.** Онтологический анализ предметных областей моделирования / С.В. Смирнов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2001. – Т. 3, № 1. – С.62-70.
- [5] **Obitko, M.** Ontology Design with Formal Concept Analysis / M. Obitko, V. Snasel, J. Smid // In: V. Snasel, R. Belohlavek (eds.): Proc. of the CLA 2004 Int. Workshop on Concept Lattices and their Applications (Ostrava, Czech Republic, September 23-24, 2004). - VŠB–Technical University of Ostrava, Dept. of Computer Science, 2004. - P.111-119.

- [6] **Sertkaya, B.** A survey on how description logic ontologies benefit from FCA / B. Sertkaya // In: Proc. of the 7th Int. Conf. on Concept Lattices and Their Applications (October 19-21, 2010). - University of Sevilla, 2010. P.2–21.
- [7] **Priya, M.** A Survey of State of the Art of Ontology Construction and Merging using Formal Concept Analysis / M. Priya, Ch.A. Kumar // Indian journal of science and technology. – 2015. – Vol. 8, Issue 24. - P.1-7.
- [8] **Ganter, B.** Conceptual Exploration / B. Ganter, S. Obiedkov. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. – 315 p.
- [9] **Bhuyan, Z.** FCA Based Ontology Revision / Z. Bhuyan, S.M. Hazarika // In: J.K. Mandal, G. Saha, D. Kandar, A.K. Maji (eds.): Proc. of the Int. Conf. on Computing and Communication Systems I3CS 2016 (NEHU, Shillong, India 2016). Lecture Notes in Networks and Systems, vol 24. – Springer Singapore, 2018. – P.745-755.
- [10] **Zhao, M.** Matching biomedical ontologies based on formal concept analysis / M. Zhao, S. Zhang, W. Li, G. Chen // Journal of Biomedical Semantics. - 2018. – Vol. 9:11. - 27 p.
- [11] **Загоруйко, Н.Г.** Когнитивный анализ данных / Н.Г. Загоруйко. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013.
- [12] **Барсегян, А.А.** Анализ данных и процессов / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод, М.Д. Тесс, С.И. Елизаров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
- [13] **Ganter, B.** Conceptual scaling / B. Ganter, R. Wille // In: F. Roberts (ed.): Applications of Combinatorics and Graph Theory to the Biological and Social Sciences. – New York Springer-Verlag, 1989. – P.139-167.
- [14] **Ignatov, D.I.** Introduction to Formal Concept Analysis and Its Applications in Information Retrieval and Related Fields / D.I. Ignatov // In: P. Braslavski, N. Karpov, M. Worring, Y. Volkovich, D.I. Ignatov (eds.): Information Retrieval. Revised Selected Papers 8th Russian Summer School, RuSSIR 2014 (Nizhniy Novgorod, Russia, August 18-22, 2014). – Springer International Publishing, 2015. – P.42-141.
- [15] **Гетманова, А.Д.** Логика. Углубленный курс / А.Д. Гетманова - М.: КНОРУС, 2016.
- [16] **Ивин, А.А.** Словарь по логике / А.А. Ивин, А.Л. Никифоров. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997.
- [17] **Lammari, N.** Building and maintaining ontologies: a set of algorithms / N. Lammari, E. Metais // Data & Knowledge Engineering. – 2004. – Vol. 48, No. 2. – P.155-176.
- [18] **Lammari, N.** POEM: an Ontology Manager based on Existence Constraints / N. Lammari, C. du Mouza, E. Metais // In: S.S. Bhowmick, J. Küng, R. Wagner (eds.): Database and Expert Systems Applications. Proc. 19th Int. Conf. DEXA 2008 (Turin, Italy, September 1-5, 2008). Lecture Notes in Computer Science, vol. 5181. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. – P.81-88.
- [19] **Пронина, В.А.** Использование отношений между атрибутами для построения онтологии предметной области / В.А. Пронина, Л.Б. Шипилина // Проблемы управления. – 2009. – №1. – С.27-32.
- [20] **Самойлов, Д.Е.** Анализ неполных данных в задачах построения формальных онтологий / Д.Е. Самойлов, В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №3(21). – С.317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.
- [21] **Samoylov, D.E.** Defuzzification of the initial context in Formal Concept Analysis / D.E. Samoylov, V.A. Semenova, S.V. Smirnov // In: V Fursov, Y Goshin, D Kudryashov (eds.): Information Technology and Nanotechnology ITNT 2019: Data Science. Proc. of the Data Science Session at the V Int. Conf. on Information Technology and Nanotechnology (Samara, Russia, May 21-24, 2019). - CEUR Workshop Proceedings, 2019. - Vol. 2416. - P.1-9. - DOI: 10.18287/1613-0073-2019-2416-1-9.
- [22] **Samoylov, D.E.** Multilevel recursive model of properties existence constraints in machine learning / D.E. Samoylov, V.A. Semenova, S.V. Smirnov // Journal of Physics: Conf. Series 1096 (2018) 012096. DOI: 10.1088/1742-6596/1096/1/012096
- [23] **Смирнов, С.В.** Две методологии вывода формальных понятий: когда и как они должны работать вместе / С.В. Смирнов // Знания – Онтологии – Теории: Материалы VII международной конференции. – Новосибирск: Институт математики СО РАН, Новосибирский государственный ун-т, 2019. - С.355-363.

Сведения об авторах



Семенова Валентина Андреевна, 1994 г. рождения. Бакалавр Самарского государственного аэрокосмического университета им. С.П. Королёва по направлению «Прикладная математика и информатика» (2015), магистр Самарского университета по направлению «Механика и математическое моделирование» (2017). Аспирантка Самарского государственного технического университета по направлению «Информатика и вычислительная техника», младший научный сотрудник Института проблем управления сложными системами Самарского федерального исследовательского центра РАН. Автор и соавтор 19 научных трудов в области интеллектуального анализа данных и проектирования программных систем. ORCID: 0000-0002-0557-3890; Author ID (Scopus): 57204366624. queenbfjr@gmail.com



Смирнов Сергей Викторович, 1952 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва в 1975 г., д.т.н. (2002). Главный научный сотрудник Института проблем управления сложными системами Самарского федерального исследовательского центра РАН, профессор Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта, Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям (IAOA). В списке научных трудов более 170 работ в области прикладной математики, компьютерного моделирования сложных систем, создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений. ORCID: 0000-0002-3332-5261; Author ID (РИНЦ): 17628; Author ID (Scopus): 57205017287. smirnov@iccs.ru

Поступила в редакцию 10.08.2020, после рецензирования 01.09.2020. Принята к публикации 14.09.2020.

Algorithms for the formation and pragmatic transformation of Existence Constraints

V.A. Semenova^{1,2}, S.V. Smirnov²

¹ Samara State Technical University, Samara, Russia

² Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute for the Control of Complex Systems RAS, Samara, Russia

Abstract

The research area of this article is data mining, specifically the direction “ontological data analysis” developed by the authors, which should be understood as the analysis of empirical data on an unexplored, unstructured knowledge domain in order to build its formal ontology. The research subject of this article is the formation of a set of properties which are supposed to characterize objects of the studied knowledge domain (and, therefore, are subject to measurement in the broadest sense of the word), but with restrictions on the combination of such characteristics in objects — properties “existence constraints”. The objectives of the research are to develop algorithms for the step-by-step formation of a set of measured properties with existence constraints, algorithms for modifying such a set (replacing and deleting properties), an algorithm for transforming the “natural” description of this set as a set with relations specified on it into a form convenient for the subsequent constructive use of information about existence constraints in ontological data analysis. In the paper we use the methods of set theory, binary relations, models and methods of formal concept analysis and the methodology for applying the existence constraints to construct formal ontologies. The difference and novelty of the proposed algorithms for the formation of a set of properties with existence constraints lies, first of all, in the “natural” and efficient representation of such sets in the form of graphs and incidence matrices (from the point of view of machine implementation). The novelty of the algorithms for modifying a set of properties with existence constraints lies in performed for the first time algorithmization of unique methods for expanding the set of measured properties that address directly the fundamental laws of classical logic. The same is true for the algorithm for transforming a set of measured properties into a set of properties groups that are homogeneous in the form of existential conjugation of member properties. The significance of the results obtained lies in the algorithmic support of a number of stages of ontological data analysis.

Key words: Formal Concept Analysis, Existence Constraints, ontology, ontological data analysis, algorithms.

Citation: Semenova VA, Smirnov SV. Algorithms for the formation and pragmatic transformation of Existence Constraints [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(3): 361-379. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-361-379.

Acknowledgment: This research was funded by Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, R&D registration numbers AAAA-A19-119030190053-2.

List of figures

Figure 1 - Examples of Property Existence Constraints (self-conditionality of properties is not shown)

Figure 2 - Sets of properties associated with each individual property in a set of properties and a set of existence constraints (for an explanation of graphical images, see Figure 1)

- Figure 3 - An example of a step-by-step formation of a set of properties and a set of existence constraints (for an explanation of graphical images, see Figure 1)
- Figure 4 - An example of a step-by-step formation of incidence matrix of “conjugation of pairs of properties – properties”, which describes a set of properties and a set of existence constraints:
 “Н-пара” - a pair of incompatible properties; “О-пара” - a pair of properties with conditionality, where the incidence “O” indicates the conditioned property (for an explanation of other graphical images, see Figure 2)
- Figure 5 - Example of disjunctive scaling: substitution of property x (associated with property y) with three incompatible properties $\{x_1, x_2, x_3\}$; the following situations are given:
 x not related, $y \in E(x)$, $y \in \bar{C}(x)$, $y \in \underline{C}(x)$ (for an explanation of some graphical images, see Figure 1)
- Figure 6 - An example of describing a set of properties and a set of existence constraints in the form of an incidence matrix “homogeneous groups of properties – properties”

References

- [1] **Ganter B, Wille R.** Formal Concept Analysis. Mathematical foundations. Springer Berlin-Heidelberg, 1999.
- [2] **Ferré S, Huchard M, Kaytoue M, Kuznetsov SO, Napoli A.** Formal Concept Analysis: From Knowledge Discovery to Knowledge Processing. In: P Marquis, O Papini, H Prade (eds.): A Guided Tour of Artificial Intelligence Research. Vol. II: AI Algorithms. Springer International Publishing, 2020: 411-445.
- [3] Formal Concept Analysis Homepage. Source: <http://www.upriss.org.uk/fca/fca.html>
- [4] **Smirnov SV.** Ontological analysis of modeling domain [In Russian]. Bulletin of the Samara Scientific Center of RAS, 2001; 3(1): 62-70.
- [5] **Obitko M, Snasel V, Smid J.** Ontology Design with Formal Concept Analysis. In.: V Snasel, R Belohlavek (eds.): Proc. of the CLA 2004 Int. Workshop on Concept Lattices and their Applications (Ostrava, Czech Republic, September 23-24, 2004). VŠB–Technical University of Ostrava, Dept. of Computer Science, 2004: 111-119.
- [6] **Sertkaya B.** A survey on how description logic ontologies benefit from FCA. In: Concept Lattices and Their Applications: Proc. of the 7th Int. Conf. (Sevilla, Spain, 2010, October 19-21). University of Sevilla, 2010: 2–21.
- [7] **Priya M, Kumar ChA.** A Survey of State of the Art of Ontology Construction and Merging using Formal Concept Analysis. Indian journal of science and technology, 2015; 8(24): 1-7.
- [8] **Ganter B, Obiedkov S.** Conceptual Exploration. Springer, 2016.
- [9] **Bhuyan Z, Hazarika SM.** FCA Based Ontology Revision. In: JK Mandal, G Saha, D Kandar, AK Maji (eds.): Proc. of the Int. Conf. on Computing and Communication Systems. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 24. Springer Singapore, 2018: 745-755.
- [10] **Zhao M, Zhang S, Li W, Chen G.** Matching biomedical ontologies based on formal concept analysis. Journal of Biomedical Semantics, 2018; 9:11.
- [11] **Zagoruyko NG.** Cognitive data analysis [In Russian]. Novosibirsk: “Geo” Publisher, 2013.
- [12] **Barsegyan AA, Kupriyanov MS, Holod II, Tess MD, Elizarov SI.** Data and Process Analysis [In Russian]. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2009.
- [13] **Ganter B, Wille R.** Conceptual scaling. In: F Roberts (ed.): Applications of Combinatorics and Graph Theory to the Biological and Social Sciences. Springer-Verlag New York, 1989: 139-167.
- [14] **Ignatov DI.** Introduction to Formal Concept Analysis and Its Applications in Information Retrieval and Related Fields. In: P Braslavski, N Karpov, M Worrington, Y Volkovich, DI Ignatov (eds.): Information Retrieval (Revised Selected Papers 8th Russian Summer School, RuSSIR 2014 (Nizhniy Novgorod, Russia, 2014, August 18-22, 2014). Springer International Publishing, 2015: 42-141.
- [15] **Getmanova AD.** Logic. Advanced course [In Russian]. Moscow: KNORUS Publisher, 2016.
- [16] **Ivin AA, Nikiforov AL.** Logic dictionary [In Russian]. Moscow: VLADOS Publisher, 1997.
- [17] **Lammari N, Metais E.** Building and maintaining ontologies: a set of algorithms. Data & Knowledge Engineering, 2004; 48(2): 155-176.
- [18] **Lammari N, du Mouza C, Metais E.** POEM: an Ontology Manager based on Existence Constraints. In: S.S. Bhowmick, J. Küng, R. Wagner (eds.): Database and Expert Systems Applications. Proc. 19th Int. Conf. DEXA 2008 (Turin, Italy, September 1-5, 2008). Lecture Notes in Computer Science, vol. 5181. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008: 81-88.
- [19] **Pronina VA, Shipilina LB.** Using the relationships between attributes to build domain ontology [In Russian]. Control Science, 2009; 1: 27-32.
- [20] **Samoilov DE, Semenova VA, Smirnov SV.** Incomplete data analysis of for building formal ontologies [In Russian]. Ontology of designing. 2016; 6(3): 317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.

- [21] **Samoilov DE., Semenova VA, Smirnov SV.** Defuzzification of the initial context in Formal Concept Analysis. In: V Fursov, Y Goshin, D Kudryashov (eds.): Information Technology and Nanotechnology ITNT 2019: Data Science. Proc. of the Data Science Session at the V Int. Conf. on Information Technology and Nanotechnology (Samara, Russia, May 21-24, 2019). CEUR Workshop Proceedings, 2019; 2416: 1-9. DOI: 10.18287/1613-0073-2019-2416-1-9.
- [22] **Samoilov DE., Semenova VA, Smirnov SV.** Multilevel recursive model of properties existence constraints in machine learning. Journal of Physics: Conf. Series 1096 (2018) 012096. DOI: 10.1088/1742-6596/1096/1/012096
- [23] **Smirnov SV.** Two methodologies for formal concepts inference: when and how they should work together [In Russian]. In: Znaniya – Ontologii – Teorii: Materials of VII int. conf. – Novosibirsk: Sobolev Institute of mathematics of the Siberian Branch of RAS, Novosibirsk State University, 2019: 355-363.
-

About the authors

Semenova Valentina Andreevna (b. 1994). Bachelor in Applied Mathematics and Computer Science (Samara State Aerospace University, 2015) and Master in Mechanics and Mathematical Modeling (Samara University, 2017). Post-graduate student of Samara State Technical University in the direction of Informatics and Computer Engineering, junior researcher at Institute for the Control of Complex Systems of Russian Academy of Sciences. Author and co-author of 19 scientific papers in the field of data mining and software engineering. ORCID: 0000-0002-0557-3890; Author ID (Scopus): 57204366624. queenbfjr@gmail.com

Sergey Victorovich Smirnov (b. 1952) graduated from the Kuybyshev Aerospace Institute (Kuibyshev-city) in 1975, D. Sc. Eng. (2002). Chief Researcher at Institute for the Control of Complex Systems of Russian Academy of Sciences, professor at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics. He is a member of Russian Association of Artificial Intelligence and International Association for Ontology and its Applications. He is a co-author of more than 170 publications in the field of applied mathematics, complex systems simulation and development knowledge based decision support systems in control and management. ORCID: 0000-0002-3332-5261; Author ID (RSCI): 17628; Author ID (Scopus): 57205017287. smirnov@iccs.ru

Received August 10, 2020. Revised September 01, 2020. Accepted September 14, 2020.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

УДК 629.73.07

DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-380-392

Классификация приоритетности боевых беспилотных летательных аппаратов на основе комплексной оценки

А.В. Крянев¹, С.С. Семенов², А.Э. Калдаева¹

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ), Москва, Россия*

² *АО Государственное научно-производственное предприятие «Регион», Москва, Россия*

Аннотация

Рассмотрена задача получения оценок перспективности боевых беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и дальнейшей их кластеризации по значению комплексного показателя приоритета. Предложена новая схема оценивания с использованием пяти известных частных показателей БЛА, которые после их нормирования объединены в комплексный показатель БЛА. На основе полученных оценок комплексных показателей рассматриваемых БЛА, проведена кластеризация рассматриваемых БЛА согласно принадлежности комплексного показателя интервалам его возможных значений в баллах от 0 до 100. Сто или ноль баллов может получить тот БЛА, у которого все частные показатели имеют лучшие или худшие значение среди всех сравниваемых БЛА, соответственно. Кластеризация позволила разделить БЛА на группы по принципу близости значений комплексного показателя. На языке программирования Python разработана программа, которая реализует предложенную схему кластеризации, позволяет получать оценки объектов и классифицировать их по указанному принципу. Эта схема позволяет выявить лучшие и худшие БЛА в каждом из классов БЛА, выделяемых по обычно используемому показателю кластеризации – взлётной массе. Около 14% БЛА, рассмотренных в настоящей работе, вошли в лучший по комплексному показателю кластер со значением показателя не ниже 59 баллов при максимальной оценке 100 баллов. Полученные результаты могут быть использованы при разработке требований к оборудованию и эксплуатации БЛА.

Ключевые слова: классификация, беспилотные летательные аппараты, оценочные показатели, метрический анализ.

Цитирование: Крянев, А.В. Классификация приоритетности боевых беспилотных летательных аппаратов на основе комплексной оценки / А.В. Крянев, С.С. Семенов, А.Э. Калдаева // *Онтология проектирования*. – 2020. – Т.10, №3(37). - С.380-392. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-380-392.

Введение

Разработка разведывательно-ударных и ударных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) является одним из перспективных направлений развития боевых БЛА. Разведывательно-ударные БЛА предназначены для осуществления разведывательных задач, наблюдения и мониторинга с возможностью применения авиационных средств поражения (АСП) класса «воздух-поверхность» по обнаруженным объектам поражения. Ударные БЛА предназначены для поражения заданных или обнаруженных объектов поражения. В начале XXI века роль БЛА значительно возросла, особенно в локальных военных конфликтах [1].

Ведущие позиции в области создания комплексов БЛА указанных классов занимают страны: США, Китай, Израиль; другие страны – Иран, Турция, ОАЭ, Италия, Южная Корея, Индия, ЮАР – также осуществляют подобные разработки БЛА. Страны Евросоюза (Герма-

ния, Франция, Великобритания, Испания, Италия) в кооперации с другими странами проводят исследования по выбору варианта ударного комплекса БЛА. Состав комплекса БЛА может изменяться в зависимости от решаемых задач и условий применения БЛА.

Знаковым образцом разведывательно-ударного типа БЛА стал многоцелевой БЛА MQ-1 «Предейтор» [2]. Эволюция БЛА серии «Предейтор» (рисунок 1) в различных модификациях выглядит следующим образом:

- модель MQ-1 «Предейтор» с поршневым двигателем имела продолжительное время полёта и возможность нести оружие;
- в модели MQ-9 «Предейтор В» («Рипер») была увеличена масса полезной (целевой) нагрузки, скорость и максимальная высота полёта;
- модель «Предейтор С» («Эвенджер») получила дополнительную скорость для более быстрого ответного удара или быстрой передислокации с целью повышения гибкости выполнения боевой задачи и выживаемости.



Рисунок 1 – Эволюция беспилотных летательных аппаратов семейства «Предейтор»¹: сверху вниз – «Предейтор», «Предейтор В» («Рипер»), «Предейтор С» («Эвенджер»)

Модель MQ-9 «Рипер» («Предейтор В») [3, 4], прошла сертификацию и было получено разрешение на полеты в общем с гражданской авиацией воздушном пространстве.

1 Основные подходы к классификации БЛА

Целью классификации БЛА является выделение групп БЛА, характеризующихся определёнными свойствами по своим тактико-техническим характеристикам. В основу классификации современных БЛА положены такие признаки как дальность, высота и продолжительность полёта, взлётная масса.

В статье рассмотрены варианты классификаций БЛА массой от 300 кг и более, способные нести оружие класса «воздух-поверхность» массой от 50 кг и более для поражения широкой номенклатуры целей на театре военных действий. Например, в статье [5] предложена классификация по категориям по признаку взлётной массы (таблица 1). В работе [6] классификация основана на трёх признаках – радиусе действия, высоте полёта и времени полёта (таблица 2). Классификация БЛА, учитывающая взлётную массу, высоту и продолжитель-

¹ Щербаков В. "Мститель" – наследник "Хищника" и "Жнеца". Разведывательно-ударный аппарат "Эвенджер" // Аэрокосмическое обозрение. – 2017. – № 1. – С. 42-49.

ность полёта, принята в вооружённых силах США (таблица 3) [7]. В монографии [8] приведены данные, характеризующие БЛА категории *MALE* и *HALE* (таблица 4).

Таблица 1 – Классификация БЛА по категориям (III-IX) [5]

Категория БЛА	Взлетная масса БЛА, кг	Тип БЛА	Требования БАС	
			В Европе	В России
III-IV	от 150 до 750	Лёгкие	Нормы на основе NATO STANAG 4671. Единые требования EASA (разработка). Разрешение EASA пользоваться в настоящее время STANAG 4671 (EASA Rulemaking EY013-01)	Проект АП с лёгкими и средними БЛА ЦЭСАТ ФГУП «ЦАГИ» (разработка)
IV-VII	от 750 до 8600	Средние		–
VII-IX	от 8600 до 20000	Тяжёлые		–

Таблица 2 – Классификация БЛА с учётом летно-тактико-технических характеристик [6]

БЛА		Радиус действия (РД), км	Высота полёта, м	Время полёта, ч
Тактические	Микро	< 10	250	< 1
	Мини	< 10	500	< 2
	Ограниченного РД	10-30	3000	2-4
	Ближнего РД	30-70	3000	3-6
	Среднего РД	70-200	3000-5000	6-10
	Среднего РД с большой продолжительностью полёта	500	5000-8000	10-18
	Низковысотные БЛА с большой продолжительностью полёта	> 500	250-3000	> 24
	Низковысотные БЛА дальнего действия	> 250	50-5000	0,5-1
	Средневысотные БЛА с большой продолжительностью полёта	500-750	5000-8000	24-48
Стратегические	Высотные БЛА с большой продолжительностью полёта	1000-6000	15000-20000	24-48
	Стратосферные БЛА	> 2000	> 20000	> 48

Таблица 3 – Классификация БЛА, принятая в вооружённых силах США [7]

Категория	Максимальная взлётная масса, кг	Максимальная высота, м	Продолжительность полёта, ч
Средние	100-1500	3000-8000	2-24
Средневысотные с большой продолжительностью полёта (<i>Medium Altitude Long Endurance, MALE</i>)	1500-2500	3000-8000	12-24
Высотные с большой продолжительностью полёта (<i>High Altitude Long Endurance, HALE</i>)	2500 – 5000	5000-20 000	12-24
Ударные / Боевые	–	8000-12 000	–

Таблица 4 – Классификация БЛА категории MALE и HALE [8]

Категория	Максимальная взлётная масса, кг	Радиус действия, км	Максимальная высота, м	Продолжительность полёта, ч
Средневысотные с большой продолжительностью полёта (MALE)	1000-1500	> 500	≤ 8000	24-48
Высотные с большой продолжительностью полёта (HALE)	2500-5000	> 2000	20 000	24-48

Международной ассоциацией по беспилотным системам *AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International)*, до 2004 г. она называлась Европейской ассоциацией по беспилотным системам – *EURO UVS*) была предложена универсальная классификация БЛА (таблица 5), в основе которой лежит масса аппарата и основные лётно-тактико-технические характеристики [9].

Таблица 5 – Универсальная классификация БЛА по лётным параметрам (фрагмент) [9]

Группа	Категория (англоязычное обозначение)	Взлётная масса, кг	Дальность полёта, км	Высота полёта, м	Продолжительность полёта, ч
Тактические	Средние БЛА (Medium Range, MR)	150-500	70-200	5000	6-10
	Средние БЛА с большой продолжительностью полёта (Medium Range Endurance, MRE)	500-1500	> 500	8000	10-18
	Маловысотные БЛА для проникновения в глубину обороны противника (Low Altitude Deep Penetration, LADP)	250-2500	> 250	50-9000	0,5-1
	Маловысотные БЛА с большой продолжительностью полёта (Low Altitude Long Endurance, LALE)	15-25	> 500	3000	>24
	Средневысотные БЛА с большой продолжительностью полёта (Medium Altitude Long Endurance, MALE)	1000-1500	> 500	5000-8000	24-48
Стратегические	Высотные БЛА с большой продолжительностью полёта (High Altitude Long Endurance, HALE)	2500-5000	> 2000	20000	24-48
	Боевые (ударные) БЛА (Unmanned Combat Aerial Vehicles, UCAV)	> 1000	1500	12000	2

В связи с тем, что в источниках информации можно обнаружить данные как о «радиусе действия», так и о «дальности полёта», которые могут быть использованы при проведении сравнительного анализа БЛА, целесообразно уточнить их понятия с целью правильного использования. По данным работы [10] *тактический радиус* действия авиационного комплекса – максимальное удаление авиационного комплекса от аэродрома базирования, при котором обеспечивается воздействие по цели и возвращение на свой аэродром; *максимальная практическая дальность полёта* – это практическая дальность полёта по маршруту на наиболее выгоднейшей высоте и режиме максимальной дальности с полной заправкой и выходом на аэродром посадки с гарантийным остатком топлива. При использовании оценочного показателя «Радиус действия $R_{\text{БЛА}}$ » его значение при наличии данных о дальности полёта составит 30-40% дальности полёта $D_{\text{БЛА}}$. Из приведённых сведений видно, что устойчивая классификация БЛА на сегодняшний момент окончательно не сложилась.

Было выявлено более восьмидесяти БЛА массой в диапазоне от 300 до 40000 кг и более, предназначенных для решения разведывательно-ударных и ударных задач, которые образуют самостоятельную большую группу боевых авиационных систем (БАС). Распределение количества существующих и разрабатываемых разведывательно-ударных и ударных БЛА по взлётной массе на равномерной шкале представлено на рисунке 2.

Определяющими факторами в техническом облике по конструктивному исполнению БЛА рассматриваемых классов являются выбор планера и тип двигательной установки, определяющие дальность полёта, маневренные и ударные возможности. Предварительный анализ информации по собранным материалам о БЛА самолётного типа показал, что все со-

временные разведывательно-ударные и ударные БЛА выполнены по известным аэродинамическим схемам (см. рисунок 3).

При определении уровня разработки БЛА в данной работе используется понятие «приоритетность», которое измеряется в баллах (100 баллов – верхняя граница). Для оценки приоритетности БЛА приняты следующие оценочные показатели: взлётная масса, масса полезной нагрузки, продолжительность, дальность, крейсерская скорость и высота полёта.

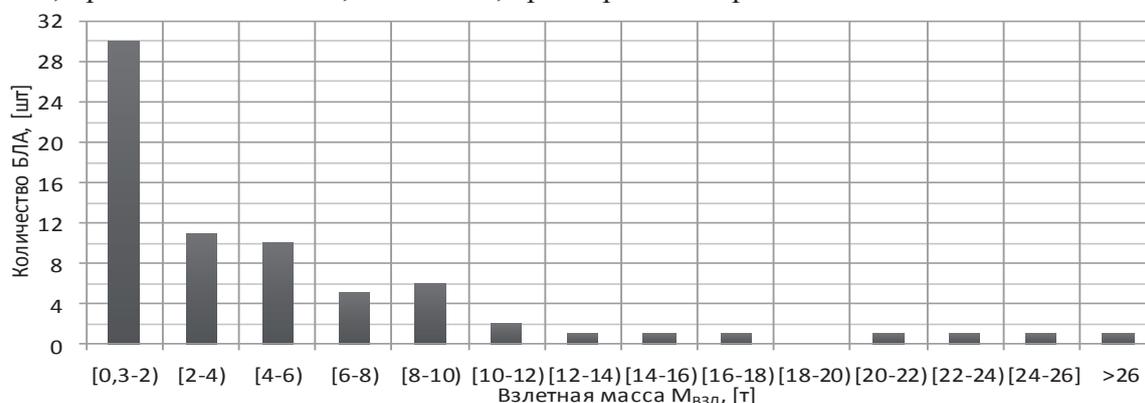


Рисунок 2 – Гистограмма распределения разведывательно-ударных и ударных БЛА стран мира по взлётной массе



Рисунок 3 – Разведывательно-ударные (а, б, в) и ударный (г) БЛА:

а) «Скай Уорриор» (США)², б) «Фотрос» (Иран)³, в) Р.11НН «Хаммер Хед» (Италия)⁴; г) СН-7 (Китай)⁵

2 Параметрические зависимости как фактор кластеризации БЛА

Задача кластер-анализа состоит в выяснении по набору данных о скоплении объектов в виде отдельных групп – «кластеров» (от англ. *cluster* – гроздь, скопление) [11]. Точечные диаграммы и графические аппроксимации, отражающие связи основных оценочных показателей БЛА из таблицы 6, представлены на рисунках 4-6. На рисунках каждая точка соответствует характеристикам конкретного БЛА. Приведённые данные позволяют выявить воз-

² Мальшиев С. Состояние и перспективы разработки боевых БЛА. Часть I // Аэрокосмическое обозрение. – 2018. – № 3. – С.24-30.

³ Беспилотный летательный аппарат дальнего действия Fotros (Иран). <http://bastion-karpenko.ru/fotros/> ВТС "БАСТИОН" А.В. Карпенко.

⁴ Серийное производство разведывательных БЛА Р.11НН "Хаммер Хед". Экспресс-информация. – 2016. – № 41. – С. 6.

⁵ Курильченко А. Боевой беспилотник СН-7: как в Китае умеют чужие неудачи превращать в свои реальные достижения / А. Курильченко // Звезда. 26.08.2018. <https://zvezdaweekly.ru/news/t/201811231442-q8Bh0.html>.

возможные группы разведывательно-ударных и ударных БЛА с лучшими и худшими соотношениями различных пар показателей этих аппаратов и провести их кластеризацию.

Таблица 6 – Исходные оценочные показатели разведывательно-ударных и ударных БЛА (по возрастанию взлётной массы)

Наименование БЛА (страна)	Взлётная масса $M_{ВЗЛ}$, кг	Масса полезной (боевой) нагрузки $M_{ПН}$, кг	Отношение $M_{ПН} / M_{ВЗЛ}$	Дальность полёта $D_{П}$, км	Продолжительность полёта $T_{П}$, ч	Максимальная скорость полёта $V_{МАКС}$, км/ч	Высота полёта (практический потолок) $H_{П}$, м
1. «Буревестник-МБ» (Белоруссия)	300	70	0,23	300	8	250	5000
2. «Шахед 129» (Иран)	450	60	0,13	350	24	170	9000
3. «Сикер-400» (ЮАР)	450	100	0,22	750	16	220	6000
4. «Форпост-М» (Россия)	454	100	0,22	500	17,5	200	5000
5. «Дозор-600» (Россия)	640	220	0,34	3700	30	210	7500
6. СН-3 (Китай)	640	100	0,15	2400	12	250	6000
7. «Байрактар ТВ2» (Турция)	650	55	0,08	300	24	220	7000
8. RQ-5A «Хантер» (США)	726	90	0,12	300	21	220	4570
9. RQ-1/MQ-1 «Предейтор А» (США)	1020	340	0,33	7400	40	240	7600
10. «Стар Лайнер» (Израиль)	1100	350	0,32	4000	36	110	9000
11. «Вин Лун-1» (Китай)	1150	200	0,17	4000	20	280	7500
12. «Гермес 900» (Израиль)	1180	350	0,29	4000	36	220	9145
13. «Скай-У» (Италия)	1200	150	0,12	1850	14	320	7620
14. СН-4С (Китай)	1200	345	0,29	2000	40	235	7200
15. «Орион-1 (Э)» (Россия)	1200	200	0,16	600	24	200	8000
16. «Импакт 1300» (Израиль)	1300	400	0,30	1500	30	250	9000
17. СН-4В (Китай)	1350	345	0,25	1600	14	250	7000
18. «Скай-Х» (Италия)	1450	350	0,24	2600	1	860	9150
19. RQ-1С «Скай Уорриор» (США)	1451	488	0,33	8000	30	250	9000
20. «Вин Лун-1D» (Китай)	1500	400	0,26	2000	35	280	7500
21. MQ-1С «Грэй Игл» (США)	1634	478	0,29	8000	36	280	8840
22. «Анка-S» (Турция)	1680	230	0,13	400	24	260	9145
23. «Рустом-2» (Индия)	1800	350	0,19	900	24	300	10600
24. MQ-1С «Грей Игл» GE-ER (США)	1905	487	0,25	8000	48	240	8800
25. X-47A (США)	2678	454	0,17	4400	12	720	12200
26. TW328 (Китай)	2800	1100	0,39	7500	45	280	8000
27. «Клауд Шэдоу» (Китай)	3000	400	0,13	2000	6	620	14000
28. FL-1 (Китай)	3200	1000	0,31	500	45	320	8000
29. СН-5 (Китай)	3300	1200	0,36	2000	40	300	7000
30. «Фотрос» (Иран)	3500	1000	0,28	2000	30	400	9000
31. «Вин Лун-2» (Китай)	4200	400	0,09	2000	32	370	9000
32. «Акинчи» (Турция)	4500	1350	0,30	500	24	463	12200
33. MQ-9 «Рипер» (США)	4760	1760	0,37	5900	32	480	15240
34. «Орион-2» (Россия)	5000	1000	0,20	5000	24	350	12000
35. MQ-9 «Рипер-ER» (США)	5020	1760	0,35	7500	40	480	15000
36. «Херон ТР» (Израиль)	5300	1000	0,19	7400	40	450	14000
37. X-45A (США)	5530	500	0,09	2400	24	980	10700
38. TW356 (Китай)	5600	1000	0,18	7000	30	330	9000
39. Р.1НН «Хаммерхед» (ОАЭ)	6146	500	0,08	8148	16	737	13700
40. «Нейрон» (Франция)	7000	1500	0,21	500	10	980	12000
41. «Альтиус-У» (Россия)	7500	2000	0,26	10000	48	450	15000
42. «Предейтор С» (Эвенджер) (США)	8255	1360	0,16	6000	20	740	18290
43. «Предейтор С» (Си-Эвенджер) (США)	8255	2948	0,35	6000	18	740	15240
44. «Эвенджер-ER» (США)	8255	1360	0,16	6000	20	740	20000
45. «Мантисс» (Великобритания)	9000	1000	0,11	16000	36	555	15200
46. X-45С (США)	15556	2040	0,13	4800	7	1040	12200
47. X-45С («Фантом Рэй») (США)	16556	2000	0,12	4800	2	1020	12200
48. X-47В (США)	20865	2040	0,09	9750	9	1100	12200
49. TW756 (Китай)	65000	24000	0,37	7500	30	795	13000

Подобные зависимости могут быть полезными при анализе тенденций развития БЛА. Они позволяют определить коэффициент использования БЛА по полезной нагрузке, выявить

возможности использования БЛА на различных дальностях, выбрать наиболее рациональные решения при разработке БЛА.

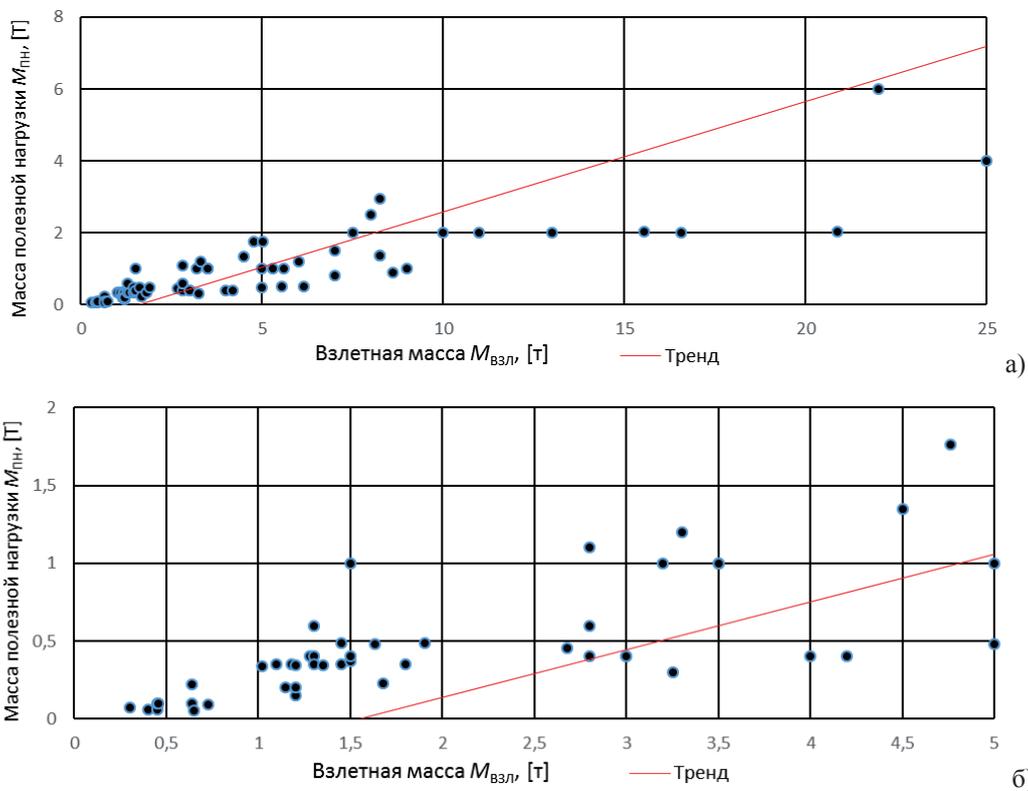


Рисунок 4 – Связь между массой полезной нагрузки и взлётной массой БЛА: а) для значений 0,5-25 т; б) для значений 0,5-5 т.

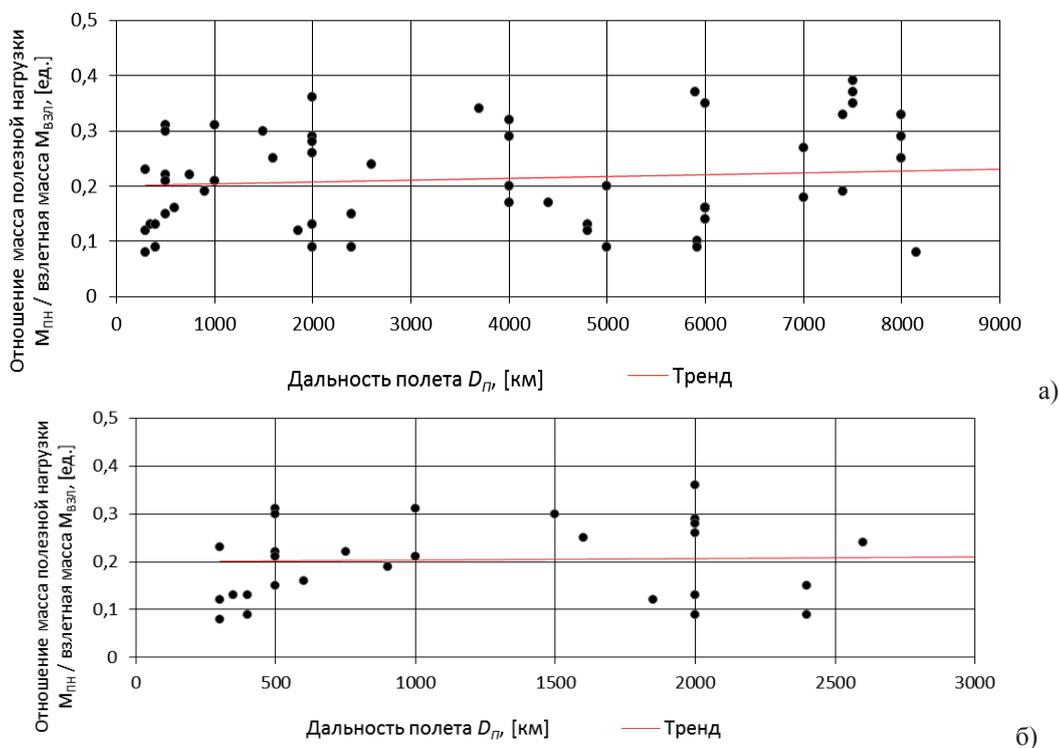


Рисунок 5 – Связь между соотношением масса полезной нагрузки / взлётная масса и дальностью полёта БЛА: а) для значений 350-9000 км; б) для значений 350-3000 км

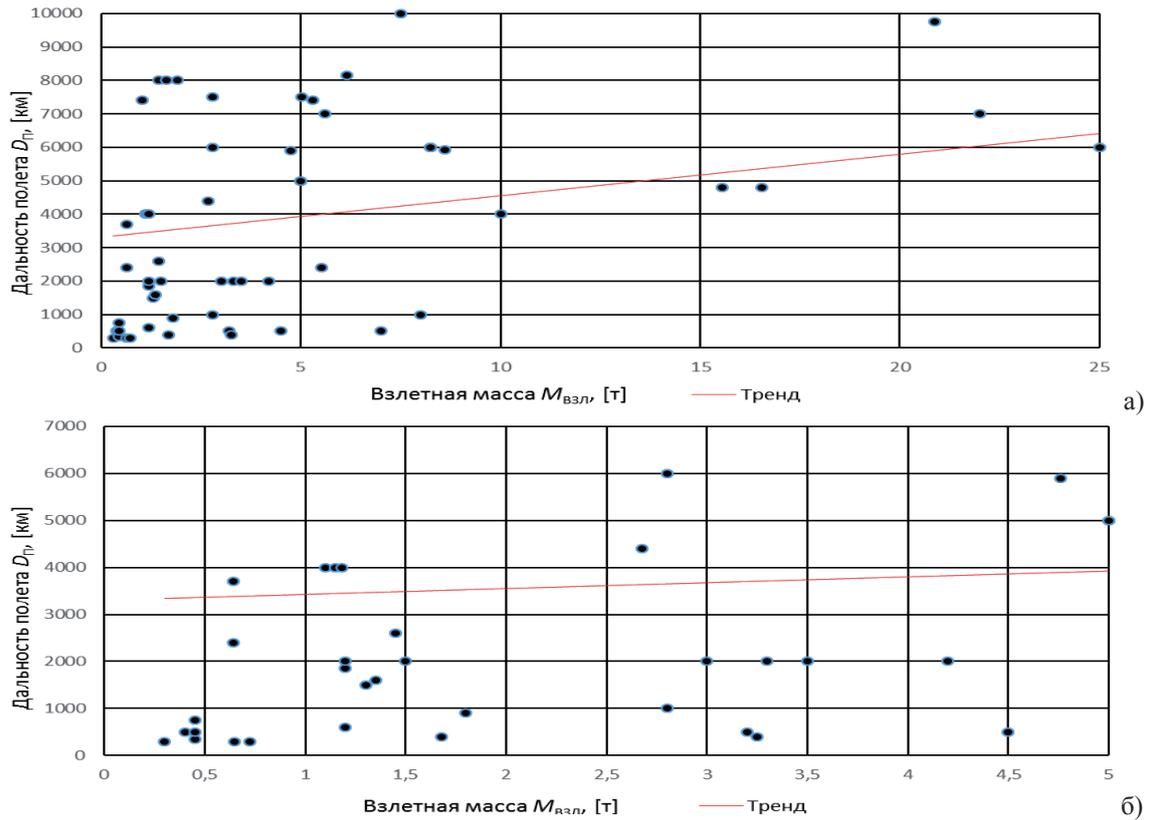


Рисунок 6 – Связь между дальностью полёта и взлётной массой БЛА:

а) для значений 1-25 т; б) для значений 1-5 т

Анализ рисунков 4-6 показывает, что визуально можно обнаружить скопление объектов относительно центра групп БЛА массой 500, 1500, 3000, 5000, 8000 кг. Если положить, что одним из интегральных показателей, воплощающим все основные свойства БЛА, является масса БЛА, то классификация может быть представлена пятью группами (рисунок 7): группа первая – от 300 до 2000 кг включительно; группа вторая – от 2000 до 6000 кг включительно; группа третья – от 6000 до 13000 кг включительно; группа четвёртая – от 13000 до 25000 кг включительно; группа пятая – более 25000 кг.

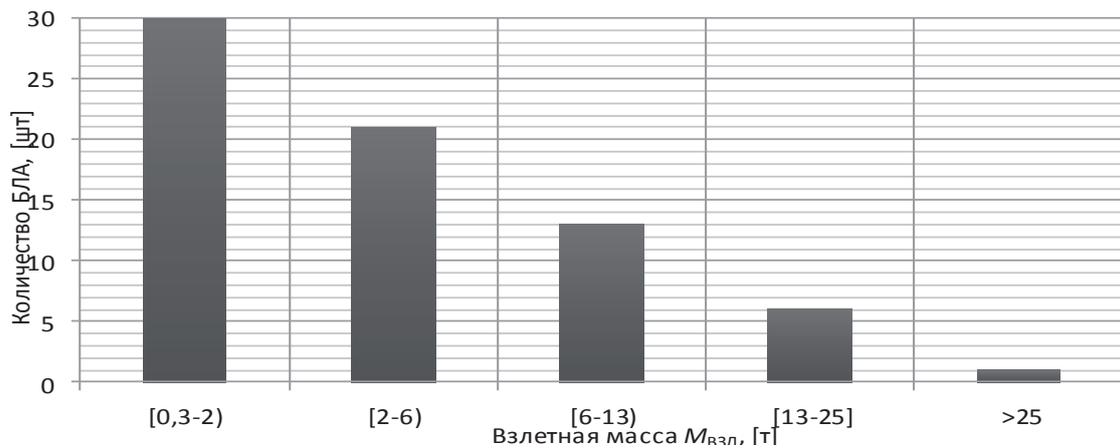


Рисунок 7 – Гистограмма распределения групп БЛА по взлётной массе

3 Кластеризация беспилотных летательных аппаратов

В основу кластеризации БЛА с помощью метрического анализа положен принцип близости БЛА друг к другу по интегральному комплексному показателю [12-14]. Исходные оценочные показатели разведывательно-ударных и ударных БЛА для проведения расчётов представлены в таблице 6, где приведены значения пяти частных показателей: отношение массы полезной (боевой) нагрузки к взлётной массе; дальность полёта; продолжительность полёта; максимальная скорость полёта; высота полёта.

При расчёте в качестве примера использовались приведённые на рисунке 10 первые четыре кластера БЛА по взлётной массе. В каждом из них отдельно для каждого частного показателя производилось нормирование по формуле

$$P_{\text{норм.}i,j} = \frac{P_{i,j} - P_{\text{min},j}}{P_{\text{max},j} - P_{\text{min},j}},$$

где $P_{\text{min},j} = \min \{P_{1,j}, \dots, P_{n,j}\}$
 $P_{\text{max},j} = \max \{P_{1,j}, \dots, P_{n,j}\}$

n – число БЛА в кластере,

$P_{i,j}$ – j -й частный показатель i -го БЛА.

Нормирование частных показателей производилось в рамках каждого кластера по взлётной массе отдельно. Нормированные показатели для каждого БЛА приведены в таблице 7.

Алгоритм программы кластеризации реализован средствами языка программирования Python и состоит из расчёта комплексного показателя для каждого БЛА в каждой из четырёх групп в отдельности, составленных по величине взлётной массы и дальнейшего распределения всех БЛА на четыре кластера по значениям комплексного показателя, находящимся в заданном интервале.

Расчёт комплексного показателя проводился по формуле

$$K_i = \sum_{j=1}^5 p_j \cdot P_{\text{норм.}i,j},$$

где p_j – коэффициент значимости j -го частного показателя.

При расчёте комплексного показателя коэффициенты значимости частных показателей считались одинаковыми и равными 20. Комплексные показатели принимают значения от 0 до 100 баллов, где 0 баллов (100 баллов) может получить тот БЛА, у которого все частные показатели имеют худшие (лучшие) значения среди всех сравниваемых БЛА. Принадлежность БЛА к четырём введённым кластерам по значению комплексного показателя представлено в таблице 7. В нулевой кластер попали БЛА с комплексным показателем до 29 и ниже, в первый – от 29 до 43, во второй – от 43 до 59, в третий – от 59 и выше.

Принадлежность БЛА выделенным четырём кластерам по значению комплексного показателя указана в правом столбце таблицы 7.

Заключение

1. Кластеризация БЛА позволяет классифицировать БЛА по интегральному комплексному показателю, выделяя, в частности, лучшие из них и худшие. Экспертное задание разных приоритетов частных показателей даёт возможность при оценке БЛА учитывать наиболее важные функции, которые должен выполнять оцениваемый аппарат во время его эксплуатации.

2. Анализ распределения рассмотренных БЛА по интегральному комплексному показателю на четыре кластера позволяет отметить следующее:

Таблица 7 – Нормированные оценочные показатели разведывательно-ударных и ударных БЛА (по возрастанию взлётной массы)

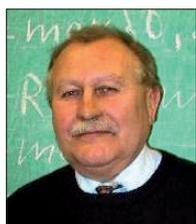
Наименование БЛА (страна)	Взлётная масса $M_{взл}$, кг	Масса полезной (боевой) нагрузки $M_{пн}$, кг	Нормированные значения оценочных показателей					Комплексный показатель	Класс
			Отношение $M_{пн} / M_{взл}$	Дальность полета $D_{п}$	Продолжительность полета $T_{п}$	Максимальная скорость полета $V_{макс}$	Высота полета (практический потолок) $H_{п}$		
1. «Буревестник-МБ» (Белоруссия)	300	70	0.58	0.0	0.18	0.19	0.09	20.74	0
2. «Шахед 129» (Иран)	450	60	0.19	0.01	0.59	0.08	0.97	36.72	1
3. «Сикер-400» (ЮАР)	450	100	0.54	0.06	0.38	0.15	0.31	28.81	0
4. «Форпост-М» (Россия)	454	100	0.54	0.03	0.42	0.12	0.09	24.03	0
5. «Дозор-600» (Россия)	640	220	1.0	0.44	0.74	0.13	0.64	59.16	2
6. СН-3 (Китай)	640	100	0.27	0.27	0.28	0.19	0.31	26.46	0
7. «Байрактар ТВ2» (Турция)	650	55	0.0	0.0	0.59	0.15	0.53	25.34	0
8. RQ-5A «Хантер» (США)	726	90	0.15	0.0	0.51	0.15	0.0	16.27	0
9. RQ-1/MQ-1 «Предейтор А» (США)	1020	340	0.96	0.92	1.0	0.17	0.66	74.37	3
10. «Стар Лайнер» (Израиль)	1100	350	0.92	0.48	0.9	0.0	0.97	65.37	3
11. «Вин Лун-1» (Китай)	1150	200	0.35	0.48	0.49	0.23	0.64	43.61	1
12. «Гермес 900» (Израиль)	1180	350	0.81	0.48	0.9	0.15	1.0	66.62	3
13. «Скай-У» (Италия)	1200	150	0.15	0.2	0.33	0.28	0.67	32.69	1
14. СН-4С (Китай)	1200	345	0.81	0.22	1.0	0.17	0.57	55.39	2
15. «Орион-1 (Э)» (Россия)	1200	200	0.31	0.04	0.59	0.12	0.75	36.11	1
16. «Импакт 1300» Израиль	1300	400	0.85	0.16	0.74	0.19	0.97	57.99	2
17. СН-4В (Китай)	1350	345	0.65	0.17	0.33	0.19	0.53	37.46	1
18. «Скай-Х» (Италия)	1450	350	0.62	0.3	0.0	1.0	1.0	58.28	2
19. RQ-1С «Скай Уорриор» (США)	1451	488	0.96	1.0	0.74	0.19	0.97	77.18	3
20. «Вин Лун-1D» (Китай)	1500	400	0.69	0.22	0.87	0.23	0.64	53.03	2
21. MQ-1С «Грэй Игл» (США)	1634	478	0.81	1.0	0.9	0.23	0.93	77.28	3
22. «Анка-S» (Турция)	1680	230	0.13	0.0	0.43	0.04	0.26	17.28	0
23. «Рустом-2» (Индия)	1800	350	0.33	0.07	0.43	0.12	0.44	27.79	0
24. MQ-1С «Грэй Игл» GE-ER (США)	1905	487	0.53	1.0	1.0	0.0	0.22	55.04	2
25. X-47A (США)	2678	454	0.27	0.53	0.14	1.0	0.63	51.34	2
26. TW328 (Китай)	2800	1100	1.0	0.93	0.93	0.08	0.12	61.35	2
27. «Клауд Шэдоу» (Китай)	3000	400	0.13	0.21	0.0	0.79	0.85	39.70	1
28. FL-1 (Китай)	3200	1000	0.73	0.01	0.93	0.17	0.12	39.26	1
29. СН-5 (Китай)	3300	1200	0.9	0.21	0.81	0.12	0.0	40.90	1
30. «Фотрос» (Иран)	3500	1000	0.63	0.21	0.57	0.33	0.24	39.83	1
31. «Вин Лун-2» (Китай)	4200	400	0.0	0.21	0.62	0.27	0.24	26.86	0
32. «Акинчи» (Турция)	4500	1350	0.7	0.01	0.43	0.46	0.63	44.75	1
33. MQ-9 «Рипер» (США)	4760	1760	0.93	0.72	0.62	0.5	1.0	75.52	3
34. «Орион-2» (Россия)	5000	1000	0.37	0.61	0.43	0.23	0.61	44.73	1
35. MQ-9 «Рипер-ER» (США)	5020	1760	1.0	0.45	0.79	0.23	0.55	60.35	2
36. «Херон ТР» (Израиль)	5300	1000	0.41	0.45	0.79	0.18	0.45	45.62	1
37. X-45A (США)	5530	500	0.04	0.12	0.37	1.0	0.15	33.65	1
38. TW356 (Китай)	5600	1000	0.37	0.42	0.53	0.0	0.0	26.32	0
39. Р.1НН «Хаммерхед» (ОАЭ)	6146	500	0.0	0.49	0.16	0.63	0.43	34.09	1
40. «Нейрон» (Франция)	7000	1500	0.48	0.0	0.0	1.0	0.27	35.08	1
41. «Альтиус-У» (Россия)	7500	2000	0.67	0.61	1.0	0.18	0.55	60.19	2
42. «Предейтор С» (Эвенджер) (США)	8255	1360	0.3	0.35	0.26	0.63	0.84	47.79	1
43. «Предейтор С» (Си-Эвенджер) (США)	8255	2948	1.0	0.35	0.21	0.63	0.57	55.27	2
44. «Эвенджер-ER» (США)	8255	1360	0.3	0.35	0.26	0.63	1.0	50.9	2
45. «Мантисс» (Великобритания)	9000	1000	0.11	1.0	0.68	0.35	0.56	54.10	2
46. X-45С (США)	15556	2040	0.14	0.0	0.18	0.8	0.0	22.49	2
47. X-45С («Фантом Рэй») (США)	16556	2000	0.11	0.0	0.0	0.74	0.0	16.90	0
48. X-47В (США)	20865	2040	0.0	1.0	0.25	1.0	0.0	45.00	1
49. TW756 (Китай)	65000	24000	1.0	0.55	1.0	0.0	1.0	70.91	3

- Нулевому кластеру, в который вошли БЛА, получившие оценку до 29 баллов, принадлежат БЛА в основном со средней взлётной массой, а процентное количество таких аппаратов составляет 22.4% по отношению ко всем БЛА, рассмотренным в настоящей работе.
- Первому кластеру, в который вошли БЛА, получившие оценку от 29 до 43 баллов, принадлежат БЛА со средней и большой взлётной массой, а процентное количество таких аппаратов составляет 34.7%.
- Второму кластеру, в который вошли БЛА, получившие оценку до 43 до 59 баллов, в большинстве принадлежат БЛА со средней взлётной массой, а процентное количество таких аппаратов около 28.6%.
- Третьему кластеру, в который вошли БЛА, получившие оценку выше 59 баллов, принадлежат БЛА с разными значениями взлётной массой, а процентное количество таких аппаратов составляет около 14.3%.

Список источников

- [1] Увеличение количества ударов в Афганистане с применением БЛА. Экспресс-информация. Авиационные системы / ГосНИИАС. – 2016. – № 40. – С. 6.
- [2] *Reg, A.* Unmanned Aircraft systems. UAVS Design, Development and Deployment / A. Reg // Austin Reg. John Wiley and Sons, Ltd. Publication, 2010. – 332 p.
- [3] *Martin J. Dougherty.* Drones. An illustrated guide to the unmanned aircraft that are filling our skies. 2015 Amber Books Ltd.
- [4] Jane's. All the World's Aircraft. 2017-2018. – 458 p.
- [5] *Шибанов, В.* Беспилотные авиационные системы: безопасность полетов и критические факторы / В. Шибанов, А. Шнырев, В. Буня // Аэрокосмический курьер. – 2011. № 1 (73). – С.55–57.
- [6] *Полтавский, А.В.* Боевые комплексы беспилотных летательных аппаратов. Часть 1. Системная характеристика боевых комплексов беспилотных летательных аппаратов / А.В. Полтавский, А.А. Бурба, О.А. Лапсаков и др. // Под ред. А.Н. Максимова. – М.: ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 2005. – 237 с.
- [7] *Никольский, М.* Российские ударные БПЛА самолетного типа / М. Никольский // Аэрокосмическое обозрение. – 2018. – № 4. – С.14-19.
- [8] *Кошкин, Р.П.* Беспилотные авиационные системы / Р.П. Кошкин. – М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2016. – 676 с.
- [9] Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В.С. Фетисов, Л.М. Неугодинова, В.В. Адамовский, Р.А. Красноперов. Под ред. В.С. Фетисова. – Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.
- [10] Штурманское обеспечение. Монино: ВВА им. Ю.А. Гагарина, 2010 г. – 565 с.
- [11] *Орлов, А.И.* Прикладная статистика / А.И. Орлов. – М.: Изд-во «Экзамен», 2004. – 656 с.
- [12] *Крянев, А.В.* Метрический анализ и обработка данных / А.В. Крянев, Г.В. Лукин, Д.К. Удумян. - М.: Физматлит, 2012. – 308 с.
- [13] *Пивавский, С.А.* Прогрессивность многокритериальных альтернатив / С.А. Пивавский // Онтология проектирования. – 2013 – № 4(10). - с. 60-71.
- [14] *Келлехер, Д.* Наука о данных. Базовый курс / Д. Келлехер, Б. Тирни. – М.: Альпина паблишер, 2020. – 220 с.

Сведения об авторах



Крянев Александр Витальевич, 1941 г. рождения. Окончил Московский инженерно-физический институт в 1965 г. по специальности «Ядерные энергетические установки», доктор физико-математических наук (1990), профессор (1993 г.). С 1993 г. по настоящее время профессор кафедры «Прикладная математика». Автор более 150 публикаций, 5 монографий и 4 учебных пособий. AuthorID (РИНЦ): 153456. Author ID (Scopus): 6603101568; Researcher ID (WoS): G-2761-2011. av-kryanev@mephi.ru.



Семенов Сергей Сергеевич, 1942 г. рождения. В 1963 г. окончил с отличием Московский радиомеханический техникум по специальности «Радиолокационные устройства», в 1969 г. – Московский инженерно-физический институт по специальности



«Автоматика и электроника», кандидат технических наук (2010). Руководитель группы анализа и перспективного проектирования АО «ГНПП «Регион». Автор и соавтор 210 научно-технических статей, 8 монографий и 6 книг, 47 изобретений и 116 научных трудов. AuthorID (РИНЦ): 26334. gnppregion@sovintel.ru.

Калдаева Алла Эдуардовна, 1999 г. рождения. Окончила бакалавриат Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ) в 2020 г. kaldaeva.a@mail.ru.

Поступила в редакцию 29.07.2020, после рецензирования 06.09.2020. Принята к публикации 24.09.2020.

Priority classification of combat unmanned aerial vehicles based on a comprehensive assessment of the main indicators

A.V. Kryanov¹, S. S. Semenov², A. E. Kaldaeva¹

¹ National research nuclear University (MEPhI), Moscow, Russia

² Joint Stock Company «State research and production enterprise «Region», Moscow, Russia

Abstract

In this work, we solved the problem of obtaining estimates of the prospects combat of unmanned aerial vehicles (UAVs) according to the available estimates of a certain part of UAVs and their further clustering by the value of the complex priority indicator. A new estimation scheme is proposed that uses five known particular indicators of each assessed UAV, which, after normalizing them and determining the significance coefficients of particular indicators, were combined into a complex UAV indicator. Based on the obtained estimates of the complex indicator of each of the considered UAVs, the clustering of the set of the considered UAVs was carried out according to the belonging of the complex indicator to the intervals of its possible values from 0 to 100. One hundred or zero points can be obtained by that UAV, in which all particular indicators have respectively the best or worst values among all compared UAVs. Clustering made it possible to divide the UAVs into groups according to the principle of similarity of the tasks performed. In the Python programming language, a program was developed that implements the proposed clustering scheme, and allows to obtain estimates of objects and classify these objects according to the principle of proximity of complex indicators. This scheme allows to identify the best (and worst) UAVs in each of the UAV classes, distinguished by the commonly used clustering indicator, takeoff weight. About 14% of UAVs considered in this work were included in the best cluster in terms of complex indicator with an indicator value of at least 59 points with a maximum score of 100 points. The obtained results can be used in the development of requirements for the equipment and operation of UAVs.

Key words: classification, complex unmanned aerial vehicles, reconnaissance-strike drones, combat drones, estimates, diagram of metric analysis

Citation: Kryanov AV, Semenov SS, Kaldaeva AE. Priority classification of combat unmanned aerial vehicles based on a comprehensive assessment of the main indicators [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(3): 380-392. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-380-392.

List of figures and tables

- Figure 1 – Evolution of unmanned aerial vehicles of the "Predator" family
- Figure 2 – Distribution histogram of reconnaissance-shock and shock UAVs of different countries by take-off weight
- Figure 3 – Reconnaissance-shock and shock UAV
- Figure 4 – The relationship between the mass of the payload and the take-off mass of a UAV
- Figure 5 – The relationship between the payload / take-off weight ratio and the UAV flight range
- Figure 6 – The relationship between the flight range and the takeoff weight of a UAV
- Figure 7 – Distribution histogram of UAV groups by take-off weight
- Table 1 – UAV classification by categories (III-IX)

Table 2 – UAV classification, taking into account flight, tactical and technical characteristics

Table 3 – UAV classification adopted by the US armed forces

Table 4 – UAV classification of MALE and HALE categories

Table 5 – Universal classification of UAVs by flight parameters (fragment)

Table 6 – Initial estimated indices of reconnaissance-shock and shock UAVs (by take-off weight in ascending order)

Table 7 – Normalized estimated indicators of reconnaissance-shock and shock B (by take-off weight in ascending order)

References

- [1] An increase in the number of strikes in Afghanistan with the use of UAVs. Express information. Aviation systems [In Russian]. GosNIIAS. 2016; 40: P.6.
- [2] **Reg A.** Unmanned Aircraft systems. UAVS Design, Development and Deployment / Austin Reg. John Wiley and Sons, Ltd. Publication, 2010. 332 p.
- [3] **Martin J. Dougherty.** Drones. An illustrated guide to the unmanned aircraft that are filling our skies. 2015 Amber Books Ltd.
- [4] Jane's. All the World's Aircraft. 2017-2018. 458 p.
- [5] **Shibaev V, Shnyrev A, Bunya V.** Unmanned aviation systems: flight safety and critical factors [In Russian]. Aerospace courier. 2011; 1(73): 55-57.
- [6] **Poltavsky AV, Burba AA, Lupikov OA and others.** Combat complexes of unmanned aerial vehicles. Part 1. System characteristics of combat complexes of unmanned aerial vehicles [In Russian]. Scientific and methodological material. Ed. Maximov. – M.: VVIA named after Prof. N.E. Zhukovsky, 2005. 237 p.
- [7] **Nikolsky M.** Russian shock UAVs of the airplane type [In Russian]. Aerospace review. 2018; 4: 14-19.
- [8] **Koshkin RP.** Unmanned aircraft systems [In Russian]. M.: publishing house «Strategic priorities», 2016. 676 p.
- [9] Unmanned aviation: terminology, classification, current state [In Russian]. VS Fetisov, LM Neugodnikova, VV Adamovsky, RA Krasnoperov. Under the editorship of V. S. Fetisov. Ufa: PHOTON, 2014. 217 p.
- [10] Navigation software [In Russian]. Monino: VVA named after Yu. A. Gagarin, 2010. 565 p.
- [11] **Orlov AI.** Applied statistics [In Russian]. M.: Publishing house «Exam», 2004. 656 p.
- [12] **Kryanev AV, Lukin G.V., Udumyan D.K.** Metric analysis and data processing [In Russian]. M.: Fizmatlit, 2012. 308 p.
- [13] **Piyavsky SA.** Progressiveness of multicriteria alternatives [In Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 4 (10): 60-71.
- [14] **John D. Kelleher and Brendan Tierney.** Data science. Basic course [In Russian]. M.: Alpina publisher, 2020. 220 p.

About the authors

Alexander Vitalyevich Kryanev (b. 1941). Graduated from the Moscow engineering physics Institute in 1965, Doctor of Physical and Mathematical Sciences (1990), academic degree Professor (1993). He is a Professor of the Department of Applied mathematics from 1993 till present. He is the author of more than 150 publications, 5 monographs and 4 textbooks. AuthorID (RSCI): 153456. Author ID (Scopus): 6603101568; Researcher ID (WoS): G-2761-2011. *avkryanev@mephi.ru*

Sergey Sergeevich Semenov (b. 1942). In 1963, he graduated with honors from the Moscow Radio-Mechanical Technical School, specializing in Radar Devices, and in 1969 he graduated from the Moscow Engineering Physics Institute with a degree in Automation and Electronics, and in 2010 he received a Candidate of technical Sciences degree. Head of the analysis and prospective design group of JSC «GNPP «Region». Author and co-author of 210 scientific and technical articles, 8 monographs and 6 books, 47 inventions and 116 scientific papers. AuthorID (RSCI): 26334. *gnppregion@sovintel.ru*

Alla Eduardovna Kaldaeva, (b. 1999) graduated from National Research Nuclear University MEPhI in 2020. *kaldaeva.a@mail.ru*

Received July 29, 2020. Revised September 06, 2020. Accepted September 24, 2020.

Онтологии научно-технологического прогнозирования в интересах обеспечения обороны и безопасности государства

А.Л. Афанасьев¹, С.С. Голубев^{1,2}, А.В. Курицын¹

¹ ФГУП «ВНИИ «Центр»», Москва, Россия

² Московский политехнический университет, Москва, Россия

Аннотация

Обоснована актуальность и сформулированы предложения по созданию онтологий научно-технологического прогнозирования в области обороны и безопасности государства на основе методологии построения концептуальных карт. Разработан базовый вариант онтологии, отражающий взаимосвязи основных концептов. Определены основные направления применения онтологий для решения задач программно-целевого развития системы вооружения и оборонно-промышленного комплекса. Визуальный подход к созданию онтологических моделей научно-технологического прогнозирования позволяет участникам формирования прогноза облегчить процесс исследования материала научно-технологического прогнозирования. Разработаны концептуальные карты формирования прогноза в целом, научно-технологического прогноза, прогноза военных технологий, а также показаны области применения онтологии научно-технологического прогноза и рассмотрены вопросы автоматизации формирования прогноза. Новизна представленных результатов заключается в том, что системно описаны онтологии формирования прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства, что позволяет устранить неоднозначность взглядов на процессы научно-технологического прогнозирования. Сформированная онтологическая система научно-технологического прогнозирования в области обеспечения обороны страны и безопасности государства расширяет знания специалистов по формированию прогнозов в указанной сфере, позволяет однозначно трактовать понятия, системно подходить к формированию прогнозов, что будет способствовать повышению качества формируемых прогнозов. Прогнозы входят в состав единых исходных данных при формировании государственных программ вооружения и развития оборонно-промышленного комплекса. Авторы полагают, что предлагаемая онтологическая система научно-технологического прогнозирования будет способствовать повышению реализуемости мероприятий и эффективности государственных программ.

Ключевые слова: онтология, прогноз, оборона страны, безопасность, наука, техника, технологии.

Цитирование: Афанасьев, А.Л. Онтология формирования научно-технологического прогноза в интересах обеспечения обороноспособности и национальной безопасности государства / А.Л. Афанасьев, С.С. Голубев, А.В. Курицын // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №3(37). – С.393-407. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-393-407.

Введение

Обороноспособность и безопасность государства (ОБГ) во многом определяются уровнем развития вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Уровень развития ВВСТ зависит от научно-технического уровня существующего и формируемого научно-технического задела, определяемого как совокупность научных и технологических знаний, позволяющих создавать перспективное и нетрадиционное оружие, а также от новизны используемых технологий. Прогнозирование и стратегическое планирование научно-технологического развития оборонно-промышленного комплекса (ОПК) является необходимым условием соответствия научно-технологического задела современным требованиям для создания на основе использования новых и современных технологий перспективного и не-

традиционного оружия, а также конкурентоспособных образцов ВВСТ. Для обоснования результатов прогноза необходимо понимание его сущности, структуры, свойств, закономерностей формирования и валидации результатов. Это обусловлено тем, что научно-технологический прогноз формирует цели и задачи развития науки и технологий для промышленного производства конкретного образца ВВСТ, является важнейшей частью подготовки решения и фактически определяет траекторию развития и научно-технологический задел ВВСТ.

В настоящее время не существует общепринятой методологии формирования прогнозов в области обеспечения ОБГ, отвечающей на основные вопросы о свойствах и особенностях прогнозирования, об источниках формирования прогноза и путях его использования при создании новых изделий, тенденциях его развития и эволюции, его связи с прорывными и критическими технологиями. Отсутствие общей теории научно-технологического прогнозирования (НТП) порождает многообразие взглядов и мнений, несогласованность в вопросах планирования и реализации исследований по созданию новых технологий и перспективных образцов ВВСТ, в вопросах обучения молодых специалистов по НТП.

Неоднозначность и многообразие взглядов и мнений на порядок формирования научно-технологических прогнозов приводят к межведомственной несогласованности, в результате этого уменьшается функциональный и экономический эффект от планирования и реализации работ по созданию новых технологий и образцов ВВСТ, происходит затягивание сроков выпуска новой техники, возрастают экономические потери. Практика показывает, что открытие опытно-конструкторских работ по созданию высокотехнологических образцов ВВСТ с незрелым научно-техническим заделом приводит к увеличению сроков их создания в 1,9 раза, повышению стоимости разработок в среднем на 40%, а стоимости закупок финальных образцов - на 20% [1].

1 Постановка цели и задач

Целью исследования является формирование онтологии НТП в области обеспечения ОБГ, которая позволит наглядно представлять основные концептуальные элементы области НТП в указанной сфере и характер их взаимодействия в условиях многообразия и динамичности потоков информации.

Научно-технические задачи, обуславливающие необходимость разработки онтологии НТП, представлены в таблице 1.

2 Методы исследования

Основой для разработки онтологии НТП послужили публикации по проблемам НТП [2-3], а также онтологические подходы, представленные в работах [4, 5].

Область НТП в целях укрепления ОБГ характеризуется отсутствием нормативно установленных определений, строгой классификации прогнозов. При этом представление прогноза постоянно развивается, что отражается в расширении и изменении понятийной системы. Основы концептуальной модели источников угроз экономической безопасности на национальном уровне и методика анализа рисков и угроз экономической безопасности в социально-экономической системе на основе факторной модели рассмотрены в работах [6, 7]. Специалистам в области формирования прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения ОБГ необходим простой и наглядный инструмент для осмысления и понимания понятий указанной предметной области (ПрО), а также для описания взаимоотношений между концептами и классами (подклассами) этой ПрО.

Таблица 1 - Научно-технические задачи, обуславливающие необходимость разработки онтологии НТП

Задачи	Пути решения
Улучшить взаимопонимание специалистов, участвующих в формировании НТП в области укрепления ОБГ	Разработка онтологии НТП в сфере обеспечения ОБГ.
Повысить достоверность прогноза, в том числе путём внедрения машинных методов обработки «больших данных» и неструктурированной информации в области ОБГ.	Внедрение машинных методов обработки «больших данных» в методологию прогноза. Использование для поиска разработанных онтологий прогноза.
Обеспечить учёт сферы ответственности участвующих в формировании прогноза генеральных конструкторов и руководителей приоритетных технологических направлений	Включение в онтологию прогноза и структуру рубрикаторов прогнозной информации атрибуты, учитывающих сферы ответственности институтов генеральных конструкторов и руководителей приоритетных технологических направлений.
Совершенствовать механизмы полноценного использования прогнозной информации в процессе программно-целевого планирования, в том числе в программах ОПК.	Разработка в составе онтологии прогноза перспективных направлений научно-технологического развития ОПК в целях повышения эффективности применения результатов прогноза при формировании базовых критических военных технологий. Создание в защищенных сетях системных сервисов формирования и применения электронных площадок.
Разработать единый подход к организации хранения, обработке и анализу информации о научно-технологическом развитии на уровне государств, включая прогнозы, программные мероприятия, рабочую научно-техническую документацию.	Совершенствование механизмов программной реализации военно-технической политики путём создания единой системы прогнозирования и управления научно-технологическим развитием ОПК.

Для формирования онтологической модели области НТП в целях укрепления ОБГ предлагается использовать концептуальные карты (концепт-карты) [8, 9]. Концепт-карта представляет собой графический инструмент, используемый для представления знаний в виде циклического графа. Вершинами графа являются понятия (концепты), а ребрами - отношения (взаимосвязи) между понятиями. Концепт-карты отражают иерархические связи между понятиями, тем самым раскрывая особенности и специфику ПрО.

Онтологию, основанную на концепт-картах, можно считать формальной онтологией с большой степенью визуализации предмета исследования, по сравнению с другими неформальными моделями.

3 Понятие онтологии научно-технологического прогнозирования

Онтология как спецификация концептуализации используется как междисциплинарный инструмент структурирования и визуализации информации в менеджменте, экономике, бизнесе, где имеется необходимость упорядочения информации [9]. Особенностью онтологического подхода является его системность и комплексность к анализу ПрО, что позволяет описать эту область более полно и точно [10, 11]. При этом вид онтологии определяется контекстом и целями использования онтологии.

В структуре онтологической модели НТП в рассматриваемой ПрО предлагается выделить четыре уровня (таблица 2).

Таблица 2 - Уровни онтологической модели НТП в области обеспечения ОБГ

Уровни	Наименование	Описание
1. Онтология представления знаний	Методология создания онтологии с помощью системы концепт-карт	Представляет собой описание метода построения онтологии
2. Онтология верхнего уровня	Онтология прогнозирования	Содержит основные концепты и их взаимосвязи, раскрывающие понятие прогнозирования (вид, срок, качество, полнота и т.д.),
3. Онтология предметной области	Онтология НТП в интересах обеспечения ОБГ	Содержит основные концепты, описывающие прогнозирование для целей обеспечения ОБГ (угрозы, военный эффект, безопасность государства)
4. Прикладные онтологии	Прикладные онтологии в области прогнозирования военных технологий	Представляет собой совокупность онтологий, раскрывающих прикладную область прогнозирования военных технологий (технологии программируемой логической матрицы, технология умных материалов для вооружения, технологии лазерного оружия и др.)

Первый уровень является онтологией представления знаний в виде методологии концепт-карт.

Второй уровень отражает онтологию прогноза в целом. Необходимость этого уровня обусловлена тем, что НТП в рассматриваемой ПрО является подклассом области прогнозирования. Соответствующая методология верхнего уровня используется для построения онтологий различных ПрО прогноза. Она описывает основные понятия в области прогнозирования, такие как вид, срок, качество, полнота прогноза и др.

Третий уровень содержит онтологию ПрО - НТП в области обеспечения ОБГ, являющейся конкретизацией онтологии прогноза в целом.

Четвёртый уровень раскрывает содержание прикладных онтологий, например, прогнозирования военных технологий, критических технологий, промышленных технологий и др.

Стратегическое планирование осуществляется на трёх уровнях: федеральном, уровне субъектов и уровне муниципальных образований [12]. Например, в Российской Федерации в соответствии с Федеральным законом формируются следующие виды прогнозов, представленные на рисунке 1 [13].



Рисунок 1 - Виды прогнозов стратегического планирования

Отечественная система НТП предусматривает разработку прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на 15-летний период и прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения ОБГ на 15-летний период. Эти прогнозы в целом базируются на единых научно-методических подходах к их составлению.

Концепт-карта формирования прогноза представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 –Концепт-карта формирования прогноза

4 Модель онтологии НТП в интересах обеспечения обороноспособности страны и безопасности государства

Пример концепт-карты формирования прогноза НТП в ПрО ОБГ представлен на рисунке 3. НТП в области обеспечения ОБГ представляет собой сложную структуру, которая включает как абстрактные, обобщающие, так и практические понятия по конкретным путям формирования прогноза. В модели НТП в области укрепления ОБГ выделены четыре основных уровня прогнозов: *разделы, области, направления и объекты прогноза*, способ формирования которых задаётся рубриками.

Структура прогноза включает три *раздела* - это прогнозы развития науки, технологий и техники.

Рубрикаторы научной (технологической, технической) деятельности построены по двух-уровневому иерархическому принципу: первый уровень образуют *области* науки, технологий, техники; второй уровень – по каждой области направления науки, технологий, техники.

Объектами прогноза являются научные, технологические, технические достижения и результаты, которые предполагается получить в прогнозный период в рамках обозначенных направлений. Прикладные онтологии четвёртого уровня описывают множество реализаций в виде объектов прогноза. Они содержат специфическую информацию, отражающую основные задачи прогноза.

а) прогнозную информацию в виде текстовых блоков и иллюстративных материалов (таблиц, графиков, диаграмм, рисунков), раскрывающих в соответствии с рубриками направлений развития науки, техники и технологий следующие аспекты:

Онтология НТП в области укрепления ОБГ включает в себя информацию об организации процесса формирования прогноза.

Источниками прогнозной информации являются академические институты, головные отраслевые организации ОПК, генеральные конструкторы по созданию ВВСТ и руководители приоритетных технологических направлений, предприятия ОПК, а также федеральные органы исполнительной власти и государственные корпорации.

Разработанная методология формирования прогноза основывается на комплексном анализе отечественного и зарубежного опыта в данной сфере исследований, широком внедрении машинных методов поиска и обработки больших массивов данных, Интернет-ресурсов и предусматривает использование четырёх групп источников прогнозной информации [14]:

- результатов обработки ретроспективных фактографических данных о развитии науки, техники и технологий;
- результатов реализации федеральных и отраслевых целевых программ по смежным областям прогнозных исследований;
- «фоновых» прогнозных данных на основе контекстного поиска и многомерного анализа Интернет-ресурсов;
- результатов адресного опроса экспертного сообщества, представляющего отраслевые центры компетенций в области науки, техники и технологий.

Для подготовки результатов фактографической обработки ретроспективных данных о развитии науки, техники и технологий производится комплексный анализ по следующим направлениям:

- анализ Интернет-ресурсов и выявление технологических трендов;
- оценка достигнутого уровня развития технологий на основе обобщения данных паспортов предприятий и организаций ОПК страны;
- оценка и прогноз результатов программ научно-технического и технологического развития по данным федеральных органов исполнительной власти;
- оценка текущего состояния фундаментальной науки и подготовки кадров.

При выполнении работ по указанным направлениям используются известные методы научно-технологического прогнозирования: экспертных оценок, математическое моделирование, форсайт, экстраполяции тенденций, цитатно-индексный метод, технологии «Online-Techcast», а также современные методы поиска и обработки прогнозной информации в составе больших массивов данных [14].

Результаты реализации федеральных и отраслевых целевых программ по смежным областям прогнозных исследований включают:

- оценку и прогноз целевых и индикативных показателей основных программ в сфере науки, техники и технологий, имеющих связь с оборонной тематикой;
- прогнозную оценку целевых и индикативных показателей зарубежных программ развития военных технологий;
- прогнозную оценку кадровой обеспеченности отечественной оборонной науки и промышленности.

Исследования и анализ «фоновых» прогнозных данных включают: контекстный поиск, многомерный анализ и верификацию прогнозной информации, содержащейся в Интернет-ресурсах с использованием специализированного программно-технического комплекса.

Результаты адресного опроса экспертного сообщества позволяют создать систематизированное представление прогнозной информации на основе данных от вышеуказанных источников, а также в соответствии с собственным видением, интуицией и прогнозными оценками экспертов. В качестве информационной базы используются:

- прогноз развития фундаментальной науки в интересах ОБГ, подготовленный на основе экспертного опроса специалистов научных учреждений;
- прогноз развития промышленных технологий и кадровой обеспеченности на основе экспертного опроса специалистов организаций промышленности;
- результаты анализа данных прогноза зарубежных источников (Military Critical Technologies List и других) [15];
- прогноз развития науки и техники в интересах ОБГ по данным образовательных организаций высшего образования.

В интересах формирования прогноза рассматриваются два основных сценария социально-экономического развития страны:

Инновационный сценарий предполагает догоняющее развитие, точечную модернизацию и локальную технологическую конкурентоспособность. Главным фактором научно-технологического развития останется спрос на новые технологии со стороны базовых отраслей экономики. Продолжится использование мер государственного регулирования управления инновациями. Реализацию инновационного сценария будет ограничивать слабая распространённость практики открытых инноваций и сохранение нормативных и административных барьеров. Научно-техническая политика будет сосредоточена на создании условий для повышения спроса на научные результаты и инновации. Спрос на отечественные технологии преимущественно будет формироваться в соответствии с потребностями обеспечения интересов национальной безопасности и обороны. Финансирование предполагается осуществлять в основном из государственных источников.

Форсированный сценарий предполагает технологический рывок, который обеспечит лидерство в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях. Данный вариант характеризуется модернизацией отечественного сектора НИОКР и фундаментальной науки, значительным повышением их эффективности, концентрацией усилий на прорывных научно-технологических направлениях, которые позволят резко расширить применение отечественных разработок и улучшить позиции России на мировом рынке высокотехнологической продукции и услуг. Научно-техническая политика будет иметь более форсированный, опережающий характер. Спектр внедрения новых разработок будет расширяться за счёт процессов диверсификации военного производства. Успешной реализации форсированного сценария будут содействовать стимулирование коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности.

При данном варианте развития техническое и технологическое перевооружение экономики будет определяться ускоренным развитием технологий в промышленности и энергетике, информационных, био- и нанотехнологий, робототехники, искусственного интеллекта, беспилотных летательных аппаратов. Развитие ОПК будет ориентировано на обеспечение технологической независимости Российской Федерации в области производства образцов ВВСТ. Будет осуществляться концентрация ресурсов на перспективных направлениях, производстве высокотехнологической конкурентоспособной продукции военного, двойного и гражданского назначения. Финансирование предполагается осуществлять как из государственных, так и частных источников.

Прогноз во всех случаях должен являться результатом научных исследований, направленных на выявление тенденций и перспектив развития фундаментальных исследований, состава и показателей перспективных военных и промышленных технологий, тактико-технических характеристик основных видов ВВСТ на период до 2035 года с разбивкой по пятилеткам прогнозного периода. При инновационном сценарии развития должны вскрываться «болевые точки», определяющие это развитие.

Верификация результатов прогноза осуществляется при его экспертизе совместно с генеральными конструкторами, руководителями приоритетных технологических направлений и привлекаемыми экспертами.

Решению комплекса задач автоматизации формирования прогноза способствуют инструменты сбора и верификации данных. Одним из таких инструментов является автоматизированная программа сбора данных (АПСД), позволяющая организациям вводить информацию в утверждённые шаблоны форм отчётности (рисунок 4). Её разработка потребовала формирования онтологии научно-технологического прогноза. При этом осуществлялась привязка данных к используемым классификаторам, справочникам и первичная верификация данных.



Рисунок 4 – Организационно-технологическая схема сбора данных на основе применения АПСД Прогноз

Организация сбора информации с использованием АПСД направлена на то, чтобы:

- уменьшить нагрузку на предприятия ОПК в части формирования отчётности;
- гармонизировать формы и сроки представления ведомственной и отраслевой отчётности;
- сократить трудоёмкость заполнения отчётных форм;
- исключить (сократить) ошибки ввода информации за счёт привязки данных к системе классификаторов и автоматизации загрузки данных в информационную систему.

Автоматизация процесса формирования прогноза способствует уменьшению количества неточных решений и ошибок при его реализации, обеспечит целостность и сохранность данных.

Универсальность автоматизированной системы позволяет пользователям настроиться на любую ПрО, в которой необходимо дать многокритериальную оценку соответствия предъявляемым к объекту требованиям:

- реализация научно-методического аппарата формирования прогноза;
- автоматизация процессов сбора, классификации, регистрации, хранения, обработки и оценки прогнозной информации по научно-техническим направлениям;
- автоматизация функций анализа предложений и формирования структуры прогноза;
- автоматизация функций экспертизы предложений и формирования прогноза;
- информационное обеспечение участников процесса НТП;
- информационная поддержка при формировании предложений по структуре прогноза;
- информационная поддержка формирования предложений в проект прогноза развития;
- подготовка промежуточных и выходных документов прогноза.

Результатом внедрения автоматизированной системы является повышение эффективности механизмов формирования, мониторинга и актуализации прогноза, а также уровня координации заинтересованных организаций.

5 Модель онтологии прогноза военных технологий

Четвёртый уровень онтологической модели НТП в области обеспечения ОБГ (см. таблицу 2) описывает множество онтологий реализации научно-технических прогнозов по направлениям, областям, рубрикам и объектам прогноза. Они содержат специфическую информацию в виде концептов и отношений, раскрывающих особенности прогнозов по науке, технике, технологиям, конкретным областям и объектам прогноза. В качестве примера можно рассмотреть онтологию прогнозирования военных технологий.

Военные технологии подразделяются на технологии продукции, определяющие облик и конструктивные особенности вооружения, а также производственные технологии, используемые для производства вооружения. К основным концептам военных технологий относят технологии вооружения, технологии производства вооружения, а также наиболее важные для научно-технологического развития и формирования задела базовые военные технологии и критические военные технологии. Они, как правило, группируются в соответствующие перечни и определяют формирование программы базовых военных технологий [16].

Базовые военные технологии делятся на основные и обеспечивающие. Они реализуются в конкретных образцах вооружения, входящих в систему вооружения государства. Среди базовых военных технологий выделяют наиболее важные, которые называют критическими военными технологиями. Эти технологии позволяют решать принципиально новые военно-технические задачи, вносят существенный вклад в прирост тактико-технических характеристик ВВСТ и существенно снижают расходы по эксплуатации военной техники. Базовые военные технологии постоянно совершенствуются и изменяются, поэтому они периодически вносятся в соответствующий перечень, который утверждается Правительством РФ. Прогноз военных технологий определяет их состав и приоритетность [17].

Онтология (концепт-карта) формирования прогноза военных технологий представлена на рисунке 5.

Объект прогноза в части военных технологий представляет собой паспорт, отражающий раздел рубрикатора технологий, наименование, зарубежные аналоги и передовые разработки.

Прогнозная оценка уровня развития технологии осуществляется экспертом по перечню ключевых параметров и характеристик и оценки степени готовности разработки по этапам прогнозного периода данной технологии в России и за рубежом. В прогнозе также указыва-

ются критически значимые для обеспечения ключевых технических характеристик образца направления научных исследований.

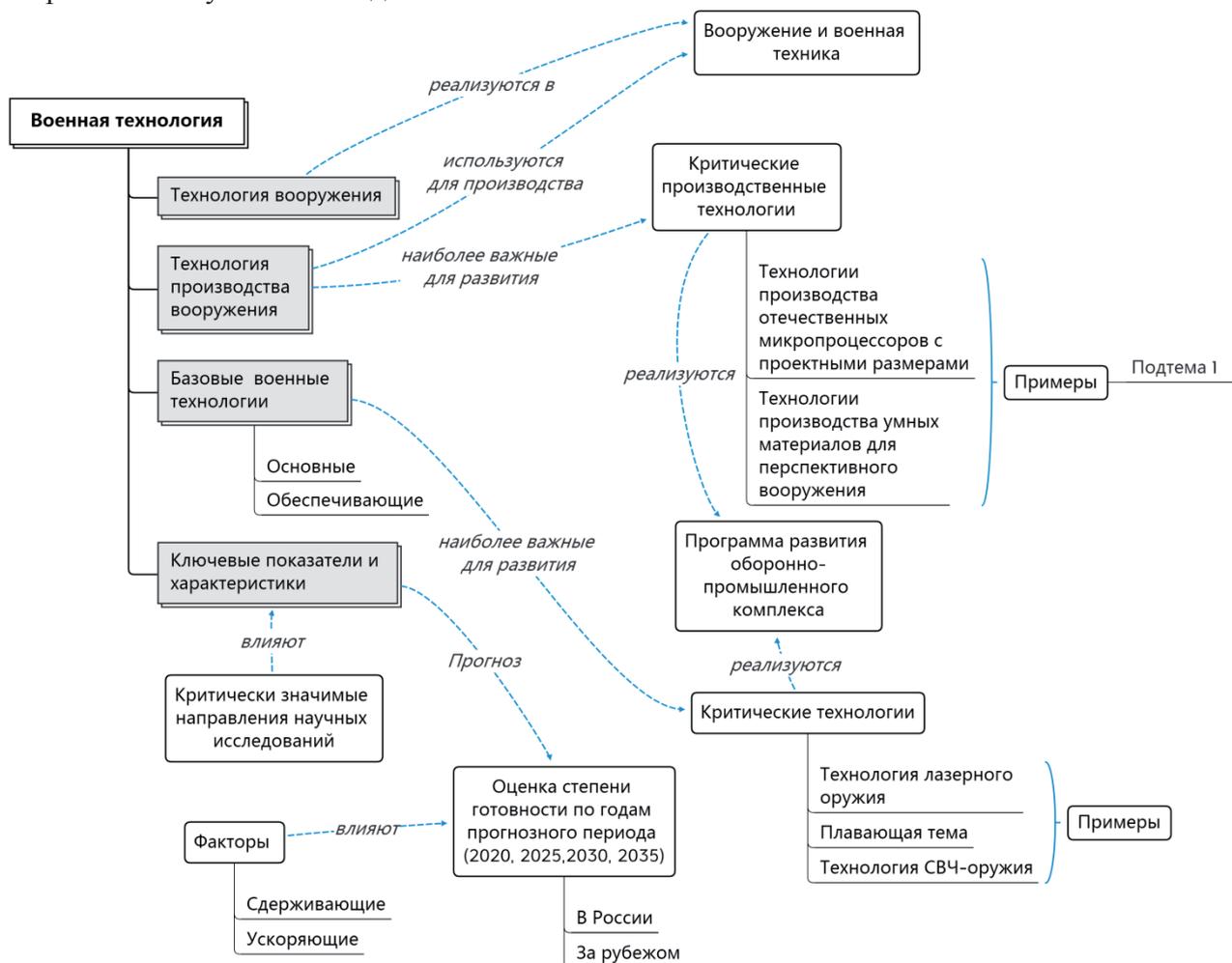


Рисунок 5 – Концепт-карта формирования научно-технологического прогноза военных технологий

6 Область применения онтологии научно-технологического прогноза

Онтология НТП может быть использована в ходе решения практических задач по разработке единой системы исходных данных для программно-целевого обеспечения реализации военно-технической политики страны.

- Исходя из характера проблем, решаемых в ходе программно-целевого обеспечения реализации военно-технической политики страны, онтологию прогноза предлагается использовать для решения следующих задач: обеспечения общим понятийным аппаратом специалистов, участвующих в обосновании и реализации военно-технической политики страны и формировании прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения ОБГ;
- реализации эффективного смыслового поиска информации в базах знаний и базах данных по объектам научно-технологического прогноза в сфере обеспечения ОБГ;
- создание интеллектуальной системы поддержки принятия решений по обоснованию и управлению Государственными программами в сфере развития ОПК государства;
- создание информационной системы с прогнозной информацией в рамках единого информационного пространства ОПК.

На основе прогнозов научно-технологического развития страны определяются перспективные направления научно-технологического развития ОПК, которые позволяют формировать перечень базовых критических производственных технологий и составлять технологические дорожные карты развития ОПК.

При разработке прогноза особое внимание уделяется созданию единой системы прогнозирования и управления научно-технологическим развитием ОПК, совершенствованию механизмов программной реализации военно-технической политики.

Предложенная онтология НТП позволит на более высоком системном и понятийном уровне перейти к непрерывному мониторингу отечественных и зарубежных научно-технологических достижений, что позволит создать механизм обратной связи для своевременного реагирования на резкое изменение прогнозного фона.

Заключение

Сформированная онтологическая система НТП в области обеспечения ОБГ позволяет наглядно представлять основные концептуальные элементы области НТП не только в сфере ОБГ, но и в целом по НТП.

Разработанные онтологические модели НТП расширяют знания в указанной сфере, позволяют специалистам и экспертам, участвующим в формировании научно-технологических прогнозов в области обеспечения ОБГ, однозначно трактовать понятия, системно представлять процессы НТП, создавать качественные прогнозы. Формирование единой онтологической базы НТП будет способствовать улучшению взаимодействия специалистов, экспертов, заинтересованных организаций при разработке прогнозов, а также создаст единую основу для подготовки специалистов в области НТП.

Формирование научно-технологических прогнозов на базе разработанной онтологической системы будет способствовать повышению эффективности разработки и реализации государственных программ в сфере ОБГ.

Список источников

- [1] **Панков, С.Е.** Создание и внедрение НТЗ в жизненном цикле продукции ОПК / С.Е. Панков // Connect. Мир Информационных технологий. - 2017, № 5-6. - С.12-17.
- [2] **Афанасьев, А.Л.** Методы и инструменты формирования перечня перспективных технологических направлений развития ОПК на основе построения дорожных карт / А.Л. Афанасьев, С.С. Голубев, А.В. Курицын // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2018. № 1. С. 6-18.
- [3] **Мышкин, Л.В.** Прогнозирование развития авиационной техники: теория и практика / Л.В. Мышкин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 304 с.
- [4] **Боргест, Н.М.** Онтологии проектирования от Витрувия до Виттиха / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, № 4. – С. 487-522. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-487-522.
- [5] **Добров, Б.В.** Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения / Б.В. Добров, В.В. Иванов, В.Д. Соловьев, Н.В. Лукашевич. – М.: Интернет-Университет ИТ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 173 с.
- [6] **Трошин, Д.В.** Основы концептуальной модели источников угроз экономической безопасности на национальном уровне / Д.В. Трошин // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №4(26). - С. 410-422. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-410-422.
- [7] **Трошин, Д.В.** Методика анализа рисков и угроз экономической безопасности в социально-экономической системе на основе факторной модели / Д.В. Трошин // Онтология проектирования. – 2019. – Т.9, №2(32). – С.239-252. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-2-239-252.
- [8] **Гаврилова, Т.А.** Визуально-аналитическое мышление и интеллект-карты в онтологическом инжиниринге / Т.А. Гаврилова, Э.В. Страхович // Онтология проектирования. – 2020. – Т. 10, №1(35). - С.87-99. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99

- [9] **Otero-Cerdeira, L.** Ontology matching: A literature review / Otero-Cerdeira, Lorena, Francisco J. Rodríguez Martínez, Alma Gómez-Rodríguez. // *Expert Systems with Applications*. – 2015. – 42(2). – P.949-971. – DOI: 10.1016/j.eswa.2014.08.032.
- [10] **Ахмадеева, И.Р.** Сбор онтологической информации для интеллектуальных научных Интернет-ресурсов / И.Р. Ахмадеева, О.И. Боровикова, Ю.А. Загорулько, Е.А. Сидорова // *Системная информатика*. — 2014. — № 3. — С.13-23. – DOI: 10.31144/si.2307-6410.2014.n3.p13-23.
- [11] **Боргест, Н.М.** Стратегии интеллекта и его онтологии: попытка разобраться / Н.М. Боргест // *Онтология проектирования*. – 2019. – Т. 9, №4 (34). – С.407-428. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-407-428.
- [12] **Белов, М.В.** Структура методологии комплексной деятельности / М.В. Белов, Д.А. Новиков // *Онтология проектирования*. – 2017. – Т.7, №4(26). – С.366-387. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-366-387
- [13] Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28 июня 2014 г. N 172-ФЗ.
- [14] **Голубев, С.С.** Методология научно-технологического прогнозирования Российской Федерации в современных условиях / С.С. Голубев, С.С. Чеботарев, А.М. Чибинев, Р.М. Юсупов. М.: Креативная экономика, 2018. DOI: 10.18334/9785912922244.
- [15] The Militarily Critical Technologies List (MCTL), Security Awareness Bulletin, Number 2-95. Richmond, VA: Department of Defense Security Institute. - https://www.wrc.noaa.gov/wrso/security_guide/mctl.htm.
- [16] **Ивлев, А.А.** Онтология военных технологий: основы, структура, визуализация и применение (1 часть) / А.А. Ивлев, Б.В. Артеменко // *Вооружение и экономика*, № 4 (16), 2011. – С.35-53.
- [17] **Борисов, Ю.** Особый задел / Ю. Борисов, О. Фаличев // *Военно-промышленный курьер*, № 9 (673) 8 марта 2017 года. - <https://www.vpk-news.ru/articles/35468>.

Сведения об авторах



Афанасьев Александр Леонидович, 1966 г. рождения. Окончил Минское высшее инженерное зенитное ракетное училище ПВО (1988), Тверской государственный университет (2006), к.т.н. (2008). Руководитель Центра прогнозирования развития науки, техники и технологий ФГУП ВНИИ «Центр». В списке научных трудов более 100 работ в области научно-технологического развития и прогнозирования. AuthorID (РИНЦ): 676210. afal69@mail.ru.

Голубев Сергей Сергеевич, 1956 г. рождения. Окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе (1979), д.э.н.(1996), профессор. Начальник отдела Центра прогнозирования развития науки, техники и технологий ФГУП ВНИИ «Центр», профессор кафедры «Экономика про-

изводства» Московского политехнического университета. Член редколлегии журнала «Научный вестник ОПК» ФГУП ВНИИ «Центр». В списке научных трудов более 120 работ в области управления производством, прогнозирования, компьютерного моделирования сложных систем, создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений в технологических и организационных сферах. AuthorID (РИНЦ): 687849. Author ID (Scopus): 57194392281; Researcher ID (WoS): AAT-1089-2020. sergei.golubev56@mail.ru.



Курицын Александр Викторович, 1988 г. рождения. Окончил Московский государственный университет инженерной экологии (2012). Ведущий научный сотрудник Центра прогнозирования ФГУП «ВНИИ «Центр». В списке научных трудов более 10 работ в области машиностроения, прогнозирования. AuthorID (РИНЦ): 1053925. jazz-monster@rambler.ru.

Поступила в редакцию 27.07.2020, после рецензирования 14.09.2020. Принята к публикации 21.09.2020.

Ontologies of scientific and technological forecasting in the interests of ensuring the defense and security of the state

A.L. Afanasiev¹, S. S. Golubev^{1,2}, A.V. Kuritsyn¹

¹Federal state unitary enterprise «All-Russia scientific and research institute «Center», Moscow, Russia

²Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

Abstract

The relevance is substantiated and proposals for the creation of ontologies for scientific and technological forecasting in the field of defense and state security are formulated based on the methodology for constructing conceptual maps. A basic version of the ontology has been developed, reflecting the interrelationships of the main concepts. The main directions of using ontologies for solving the problems of program-targeted development of the weapons system and the military-industrial complex of the Russian Federation are determined. A visual approach to the creation of ontological models of scientific and technological forecasting allows participants in the formation of a forecast to facilitate the process of researching the material of scientific and technological forecasting. The conceptual maps of formation of general forecast, scientific and technological forecast, forecast of military technologies are developed, as well as the areas of application of the ontology of scientific and technological forecast are shown and the issues of automation of forecast formation are considered. The novelty of the presented results lies in a systematic and comprehensive description of the ontology of the formation of a forecast for the development of science and technology in the interests of ensuring the country's defense and state security, which allows eliminating the ambiguity of views on the processes of scientific and technological forecasting. The formed ontological system expands the knowledge of specialists in the formation of forecasts in this area, allows them to unambiguously interpret the concepts, comprehensively and systematically approach the formation of forecasts, which will contribute to improving the quality of the forecasts being generated. Forecasts are part of the unified initial data in the formation of state programs for armament and the development of the military-industrial complex. Authors believe that the proposed ontological system of scientific and technological forecasting will contribute to increasing the feasibility of measures and the effectiveness of state programs.

Key words: *ontology, forecast, national defense, security, science, technology.*

Citation: Afanasiev AL, Golubev SS, Kuritsyn AV. Ontologies of scientific and technological forecasting in the interests of ensuring the defense and security of the state [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(3): 393-407. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-393-407.

List of figures and tables

Table 1 - Scientific and technical problems, necessitating the development of an ontology for scientific and technological forecasting

Table 2 - Levels of the ontological model of scientific and technological forecasting in the field of ensuring the country's defense and state security

Figure 1 - Types of strategic planning forecasts

Figure 2 - Conceptual map of forecasting

Figure 3 - Conceptual map of the formation of a scientific and technological forecast

Figure 4 - Organizational and technological scheme of data collection based on the use of APSD Forecast

Figure 5 - Conceptual map of the formation of a scientific and technological forecast of military technologies

References

- [1] Pankov SE. Creation and implementation of scientific and technical groundwork in the life cycle of defense industry products [In Russian]. *Connect. World of Information Technology*. 2017; 5-6: 12-17.
- [2] Afanasyev AL, Golubev SS, Kuritsyn AV. Methods and tools for forming a list of promising technological directions for the development of the defense industry based on road maps construction [In Russian]. *Scientific Bulletin of the military-industrial complex of Russia*. 2018; 1: 6-18.
- [3] Myshkin LV. Forecasting of the aviation technology development: theory and practice [In Russian]. Moscow. FIZMATLIT, 2006. 304 p.

- [4] **Borgest NM**. Ontologies of designing from Vitruvius to Vittikh [In Russian]. *Ontology of designing*. 2018; 8(4): 487-522. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-487-522.
- [5] **Dobrov BV, Ivanov VV, Solovyov VD, Lukashovich NV**. Ontologies and thesauruses: models, tools, applications [In Russian]. Moscow: Internet University of IT; BINOM. Laboratory of knowledge, 2009. 173 p.
- [6] **Troshin DV**. Foundations of a conceptual model of economic security threat sources at the national level [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(4): 410-422. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-410-422.
- [7] **Troshin DV**. Methodology of risk and threats analysis of economic security of the social and economic system on the basis of factorial model [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(2): 239-252. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-2-239-252.
- [8] **Gavrilova TA, Strakhovich EV**. Visual analytical thinking and mind maps for ontology engineering [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(1): 87-99. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.
- [9] **Otero-Cerdeira L, Rodríguez Martínez FJ, Gómez-Rodríguez A**. Ontology matching: A literature review. *Expert Systems with Applications*. 2015; 42(2): 949-971. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.08.032.
- [10] **Akhmadeeva IR, Borovikova OI, Zagorulko YuA, Sidorova EA**. Collection of ontological information for intellectual scientific Internet resources [In Russian]. *System Informatics*. 2014; 3: 13-23. DOI: 10.31144/si.2307-6410.2014.n3.p13-23.
- [11] **Borgest NM**. Strategies of intelligence and its ontology: an attempt to understand [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(4): 407-428. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-407-428.
- [12] **Belov MV, Novikov DA**. Structure of methodology of complex activity [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(4): 366-387. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-366-387.
- [13] Federal law «On strategic planning in the Russian Federation», June 28, 2014 N 172-FZ.
- [14] **Golubev SS, Chebotarev SS, Chibinev AM, Yusupov RM**. Methodology of scientific and technological forecasting of the Russian Federation in modern conditions [In Russian]. M.: Creative economy, 2018. DOI: 10.18334/9785912922244.
- [15] The Militarily Critical Technologies List (MCTL), Security Awareness Bulletin, Number 2-95. Richmond, VA: Department of Defense Security Institute. https://www.wrc.noaa.gov/wrso/security_guide/mctl.htm.
- [16] **Ivlev AA, Artemenko BV**. Ontology of military technologies: fundamentals, structure, visualization and application (1 part) [In Russian]. *Armament and economy*, 2011; 4(16): 35-53.
- [17] **Borisov Yu, Falichev O**. Special reserve [In Russian]. *Military-industrial courier*, No. 9 (673) March 8, 2017. <https://www.vpk-news.ru/articles/35468>.

About the authors

Aleksander Afanasiev (b. 1966). Graduated from the Minsk higher engineering anti-aircraft missile school of air defense in 1988, Tver state University in 2006, Ph.D. (2008). Head of "Center", a forecasting center of the development of science, technology and technology. The list of scientific works includes more than 100 works in the field of scientific and technological development and forecasting. AuthorID (RSCI): 676210. afal69@mail.ru.

Sergey Golubev (b. 1956). Graduated from the Moscow aviation Institute. Sergo Ordzhonikidze in 1979, doctor of Economics (1996), Professor. Head of a department in "Centre", a forecasting center of the development of science, technology and technology, Professor at Moscow Polytechnic University. Member of the editorial Board of the journal "Scientific Bulletin of the defense industry" published by "Center". The list of scientific papers includes more than 120 works in the field of production management, forecasting, computer modeling of complex systems, creation of intelligent decision support systems in the technological and organizational spheres. AuthorID (RSCI): 687849. Author ID (Scopus): 57194392881; Researcher ID (WoS): AAT-1089-2020. sergei.golubev56@mail.ru.

Aleksander Kurisyn (b. 1988). Graduated from the Moscow State University of Environmental Engineering in 2012, PhD student. The list of scientific papers includes more than 10 works in the engineering, forecasting. AuthorID (RSCI): 1053925. jazz-monster@rambler.ru.

Received July 27, 2020. Revised September 14, 2020. Accepted September 21, 2020.

Программа повышения квалификации для преподавателей и специалистов IT-мира

Стремительно меняется мир и технологии. Знания надо обновлять и желательнее в кругу единомышленников. Каждый из преподавателей рад пообщаться с «коллегой по цеху» — обсудить, как лучше рассказывать о том или ином новом алгоритме, модели или программе. Международный научно-методический центр (МНМЦ) Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) может дать такую возможность. Команда МНМЦ СПбГУ запускает серию онлайн программ по математическим и компьютерным дисциплинам для повышения квалификации и переподготовки преподавателей ВУЗов страны по новейшим технологиям. С сентября 2020 открылись первые программы, разработанные ведущими исследователями и преподавателями Санкт-Петербурга (и не только):



- Программа переподготовки «**Разработка программного обеспечения и анализ данных**»: <https://ismc.spbu.ru/retraining-program-2020>
- Программа повышения квалификации «**Искусственный интеллект**»: <https://ismc.spbu.ru/ai-program-2020>
- Программа повышения квалификации «**Анализ и интерпретация больших данных**»: <https://ismc.spbu.ru/bigdata-program-2020>.
- Программа стажировки «**Количественные методы для решения прикладных задач**»: <https://ismc.spbu.ru/quantitative-methods-2020>
- Программа стажировки «**Ведение практических и семинарских занятий по математике и программированию**»: <https://ismc.spbu.ru/math-program-2020>.

На каждой программе участники получают новые актуальные знания, примеры задач и все материалы пройденных курсов для создания в своих университетах новых или улучшения имеющихся аналогичных учебных дисциплин. В программах предусмотрены гостевые лекции ведущих российских и иностранных специалистов, а также обсуждение собственного опыта и наработок слушателей.

Формат обучения очно-заочный, продолжительность 3 месяца. Следующий поток стартует в январе 2021 года.

Вопросы о программах и участии в них принимаются по адресу: ismc@spbu.ru.

ВКонтакте: <https://vk.com/ismc.spbu>.

Youtube канал: https://www.youtube.com/channel/UCdBjY20f_UgGQDCRvqcA71Q.

*Команда МНМЦ СПбГУ с факультета математики и компьютерных наук
и из Высшей Школы Менеджмента СПбГУ
<https://ismc.spbu.ru/>*

Преподаватели программы повышения квалификации «Искусственный интеллект»



**Татьяна
Альбертовна
Гаврилова**

д.т.н., руководитель СПб
отделения Российской
ассоциации ИИ



**Сергей Игоревич
Николенко**

к.ф.-м.н., руководитель
совместного центра ИИ
Samsung-ПОМИ, автор книги
«Глубокое обучение»



**Сергей
Александрович
Яблонский**

к.т.н., специалист по Big Data,
управлению знаниями и
компьютерной лингвистике



**Максим Юрьевич
Арзуманян**

старший преподаватель
кафедры информационных
технологий в менеджменте
Высшей школы менеджмента

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

ОТ РЕДАКЦИИ

«Всего самого светлого» 253-254

**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ:
ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

С.Ю. Боровик 255-272

Онтологии, интересубъективное управление и эвергетика В.А. Виттиха

А.М. Фаянс, В.Ю. Кнеллер 273-295

Об онтологии видов задач и методов их решения

Б.Н. Герасимов, К.Б. Герасимов 296-306

Методологические атрибуты управления

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

К.А. Гуляева, И.Л. Артемьева 307-326

Особенности применения онтологического подхода в разработке интеллектуальных систем для некоторых задач химии

Л.В. Массель, Т.Н. Ворожцова 327-337

Онтологический подход к построению цифровых двойников объектов и систем энергетики

**В.В. Антонов, З.И. Харисова, З.Р. Мансурова,
Л.Е. Родионова, Н.Р. Калимуллин, Г.Г. Куликов** 338-350

Системная модель интеллектуальной предметно-ориентированной профайлинг-системы

Т.В. Моисеева 351-360

Формирование понятийно-терминологического аппарата теории интересубъективного управления

ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ

В.А. Семенова, С.В. Смирнов 361-379

Алгоритмизация формирования и прагматической трансформации ограничений существования свойств предметной области

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

А.В. Крянев, С.С. Семенов, А.Э. Калдаева 380-392

Классификация приоритетности боевых беспилотных летательных аппаратов на основе комплексной оценки

А.Л. Афанасьев, С.С. Голубев, А.В. Курицын 393-407

Онтология формирования научно-технологического прогноза в интересах обеспечения обороноспособности и безопасности государства

**Программа повышения квалификации
для преподавателей и специалистов IT-мира** 408

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