

Ontology of Designing

ISSN 2223-9537 (P)

ISSN 2313-1039 (E)

ОНТОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



Russian
Science
Citation
Index

Vol 11
N 3
2021

Научный журнал - Scientific journal

Ontology of Designing - vol 11, N 3, 2021 - Онтология проектирования

Scientific journal

Volume 11

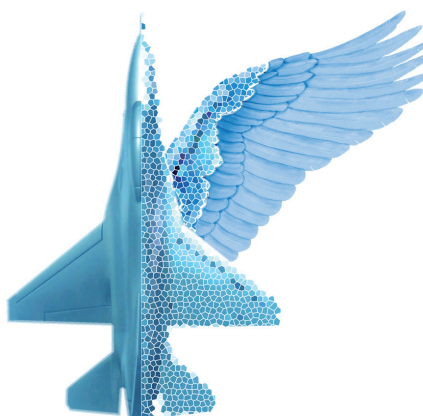
N 3

ОНТОЛОГИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

Том 11

№ 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 RAS, ICS 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. **Zagorulkov***, 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, Praha, Czech Republic
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 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., профессор, 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
Крейнович 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, профессор, Политехнический институт, Браганса, Португалия
Марик Владимир, профессор, научный директор ЧИИРК Чешского технического университета, Прага, Республика Чехия
Массель Людмила Васильевна*, д.т.н., с.н.с., ИСЭМ СО РАН, Иркутск, Россия
Нестеров Александр Юрьевич, д.филос.н., профессор, Самарский университет, Самара, Россия
Новиков Дмитрий Александрович, д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН, ИПУ РАН, Москва, Россия
Палагин Александр Васильевич, д.т.н., профессор, 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** 2014-2019 and journal received the ICV (Index Copernicus Value).

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), **0,92** (2014), **1,35** (2015), **1,07** (2016), **1,00** (2017), **1,17** (2018), **0,87** (2019), **1,09** (2020).

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

Онтология любви или проектирование позитивных отношений 257-259

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

И.И. Баринев, Н.М. Боргест, С.Ю. Боровик, О.Н. Граничин, С.П. Грачев, Ю.В. Громыко,
Р.И. Доронин, С.Н. Зинченко, А.Б. Иванов, В.М. Кизеев, Р.И. Кутлахметов,
В.Б. Ларюхин, С.П. Левашкин, А.Н. Мочалкин, М.Г. Пантелеев, С.Б. Попов,
Е.М. Севастьянов, П.О. Скобелев, А.Г. Чернявский, В.В. Шишкин, С.И. Шляев 260-293

Формирование стратегии развития Комитета по искусственному интеллекту
в Научно-образовательном центре «Инженерия будущего»

А.М. Фаянс 294-308

Взгляд на формализацию смысла с позиций трансдисциплинарного подхода

А.Д. Редозубов 309-319

Формализация смысла. Часть 2. Пространство контекстов

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Н.В. Богданова, Н.М. Боргест, С.А. Власов, Д.С. Глибозкий 320-338

Онтология проектирования современного университетского профильного музея

В.В. Антонов, Г.Г. Куликов, Л.А. Кромина, Л.Е. Родионова, А.Р. Фахруллина, З.И. Харисова 339-350

Концепция программно-аналитического комплекса образовательного процесса
на основе онтологии и искусственных нейронных сетей

ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ

А.М. Наместников, Н.Д. Пирогова, А.А. Филиппов 351-363

Подход к автоматическому построению лингвистической онтологии
для определения интересов пользователей социальных сетей

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

А.С. Кудрявцева 364-381

Алгоритм оценки и выбора инноваций для предприятия

В.Е. Гвоздев, О.Я. Бежаева, Д.Р. Ахметова, Г.Р. Сафина 382-392

Оценка бюджета проекта по критериям удовлетворённости акторов

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 30.09.2021. Тираж 300 экз. Свободная цена. (6+).

CONTENTS

EDITORIAL

- The Ontology of Love or Designing Positive Relationships 257-259

GENERAL ISSUES OF FORMALIZATION IN THE DESIGNING: ONTOLOGICAL ASPECTS

- I.I. Barinov, N.M. Borgest, S.Y. Borovik, S.P. Grachev, O. N. Granichin, Yu.V. Gromyko,
R. I. Doronin, S.N. Zinchenko, A.B. Ivanov, V.M. Kizeev, R.I. Kutlakhmetov,
V.B. Laryukhin, S.P. Levashkin, A.N. Mochalkin, M.G. Panteleev, S.B. Popov,
E.M. Sevastyanov, P.O. Skobelev, A.G. Chernyavsky, V.V. Shishkin, S.I. Shlyayev 260-293
Development strategy formation of the Committee on Artificial Intelligence
in the Scientific and Educational Center «Engineering of the Future»
- A.M. Fayans 294-308
Looking at the formalization of the meaning from the position of a transdisciplinary approach
- A.D. Redozubov 309-319
Formalization of the meaning. Part 2. Space of contexts

APPLIED ONTOLOGIES OF DESIGNING

- N.V. Bogdanova, N.M. Borgest, S.A. Vlasov, D.S. Glibotsky 320-338
Ontology of designing of a contemporary field-specific university museum
- V.V. Antonov, G.G. Kulikov, L.A. Kromina, L.E. Rodionova, A.R. Fakhrullina, Z.I. Kharisova 339-350
The concept of a software and analytical complex of the educational process
based on ontology and artificial neural networks

ONTOLOGY ENGINEERING

- A.M. Namestnikov, N.D. Pirogova, A.A. Filippov 351-363
An approach to the automatic linguistic ontology construction
to determine the interests of social networks users

METHODS AND TECHNOLOGIES OF DECISION MAKING

- A.S. Kudriavtceva 364-381
Algorithm for assessing and selecting innovations for an enterprise
- V.E. Gvozdev, O.Ya. Bezhaeva, D.R. Akhmetova, G.R. Safina 382-392
Assessment of the project budget according to the criterion of the actors' satisfaction

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

Онтология любви или проектирование позитивных отношений The Ontology of Love or Designing Positive Relationships

«... настоящее счастье — это когда любишь ты»
Конфуций, 500 до н.э.

«Он есть сам и предмет любви, и любовь — любовь самого себя»
Плотин. О воле и свободе Первоединого. 250

«Любовь есть самоотрицание существа, утверждение им другого, и между тем этим самоотрицанием осуществляется его высшее самоутверждение...»
Вл. Соловьев. Философские начала цельного знания. 1887

«Настоящая любовь начинается там, где ничего не ждут взамен»
А. де Сент-Экзюпери. Цитадель. 1948

«Все знают, что она есть, и никто не знает, что это такое»
М. Веллер. О любви. 2006

Дорогой наш читатель, уважаемые авторы и члены редакционной коллегии!

Бездонная тема любви, традиционно волнующая в профессиональном плане гуманитариев (поэтов, философов, психологов...), в эпоху повсеместной цифровизации и активного вторжения искусственного интеллекта (ИИ) становится актуальной и для разработчиков систем на основе ИИ. Этические вопросы применения систем ИИ стали в центре внимания широкой общественности, бизнес-структур и власти.

На площадке Совета по развитию цифровой экономики при Совете Федерации Федерального Собрания РФ обсуждается проект Национального кодекса в сфере этики ИИ¹. На прошедшем 16 сентября в Совете Федерации круглом столе «Этико-правовые проблемы цифровой трансформации» обсуждалась координация усилий законодателей и правоприменителей в области развития цифровых технологий и ИИ. ИИ не должен подменять человека, дискриминировать и унижать его достоинство² — таковы выводы прошедшего круглого стола.

Организованный 21 сентября в рамках проходившей в Самаре VII международной конференции по информационным и нанотехнологиям круглый стол «Научные проблемы ИИ»³ с участием академиков РАН К.В. Анохина, И.А. Соколова и В.А. Сойфера также не обошёл стороной эту актуальную тему. Международная конференция по ИИ и анализу данных *AI Journey 2021*⁴, которая пройдет в онлайн-формате в ноябре 2021 г., ключевой темой ставит обсуждение влияния ИИ на различные сферы жизни общества и развитие бизнеса, роли новейших технологий в области экологического, социального и корпоративного управления.

Верховный комиссар ООН по правам человека *Мишель Бачелет* 13 сентября заявила о срочной необходимости введения моратория на продажу и использование систем ИИ, которые представляют серьёзный риск для прав человека. В подготовленном ею докладе⁵ отмечается торопливость внедрения приложений ИИ без должной осмотрительности. Известны случаи, когда люди подвергались несправедливому обращению из-за ИИ, им отказывали в пособиях по социальному обеспечению из-за неисправных инструментов ИИ или арестовывали из-за неправильного распознавания лиц и др.. Данные, используемые для информирования и управления системами ИИ, могут быть ошибочными, дискриминационными, устаревшими или нерелевантными. Необходимо срочно принять меры, чтобы ограничить использование ИИ рамками прав человека — таков вывод комиссара.

¹ Проект Национального кодекса в сфере этики искусственного интеллекта. <http://www.rgtr.ru/ekspertnoe-obsuzhdenie2/167>.

² ИИ не должен подменять человека, дискриминировать и унижать его достоинство. <https://fparf.ru/news/fpa/iskusstvennyy-intellekt-ne-dolzhen-podmenyat-cheloveka-diskriminirovat-i-unizhat-ego-dostoinstvo/>.

³ Круглый стол «Научные проблемы ИИ». <https://youtu.be/iUm9fZoMqE>.

⁴ Международная конференция по ИИ и анализу данных *AI Journey 2021*. <https://ai-journey.ru/>.

⁵ Advance Edited Version A/HRC/48/31. 13 September 2021. The right to privacy in the digital age. Report of the United Nations High Commissioner for Human Rights.



Эти же проблемы рассматриваются в специальном выпуске журнала *AI Magazine* Ассоциации развития ИИ (AAAI)⁶ в редакционной статье «Поворот эпох»⁷, где поставлен ряд важных вопросов: как ИИ может помочь человечеству; как ИИ влияет на будущее нашей экономики и работы, на социальное взаимодействие и психическое здоровье, на демократию и формирование политической воли? В надежде стимулировать поиск новых идей и дискуссий, редакция журнала предлагает «поделиться своими мыслями и идеями о том, как мирно справиться с этим» сдвигом эпох.

В созданном при Европейской Комиссии Европейском альянсе ИИ активно обсуждаются темы ИИ. В одной из статей на сайте альянса анализируется возможный сдвиг парадигмы человеко-машинного суперинтеллекта⁸. Рассматривая понятие ИИ и его определения (что стало традицией для форумов и круглых столов по ИИ), включая обновлённое определение⁹ ИИ, можно выделить фрагменты: «...демонстрирует разумное поведение» и «...принятие решения о наилучших действиях для достижения поставленной цели», которые предполагают внесение в системы ИИ полезных для человека установок, нравственных и культурных принципов, формирующих позитивные отношения.

Стэнфордский университет ведёт работу по изучению и прогнозированию эффектов от ИИ на все аспекты жизни людей. Поэтому особое внимание заслуживает вышедший в сентябре 2021 г. отчёт исследовательской комиссии под эгидой Стэнфордского университета «Столетнее исследование ИИ (AI100)». Это второй отчёт за последние пять лет с пугающим названием «надвигающейся бури», связанной с развитием ИИ¹⁰.

И всё это - ради любви, ради проектирования позитивных отношений¹¹, отношений между людьми, людьми и машинами, между созданными и создаваемыми машинами и всё с одной лишь целью гармоничного с природой, своей средой сосуществования.

Очевидное несовершенство человека особенно ярко проявилось в настоящую эпоху, когда в погоне за ускользающей реализацией вновь и вновь возникающих потребностей он не смог, не нашёл в себе силы ограничить их. Человеческое личностное Эго победило общественную значимость существования самого человечества. Рождая утопию за утопией, человечество своими руками разрушает их, не доведя до устойчивого гармоничного развития.

В конце сентября в России и в Самарской области установлен новый антирекорд по смертям от напавшей на всё человечество эпидемии. Печальный факт на фоне длящейся около двух лет пандемии демонстрирует чьи-то серьёзные намерения. Независимо от того, кто автор этого действия, человечество не готово с ним справиться без значительных потерь...

На проходившей ещё до пандемии весной 2019 года в Кембриджском университете конференции¹² «Онтология любви» обсуждались с позиций гуманитарных наук вопросы: каков статус любви в современном мире; постигается ли любовь разумом или это чувство, которое разум не может описать; и т.п.? Участники конференции стремились оценить актуальности темы любви и что ждёт любовь в будущем... Стоит отметить, что очевидность актуальности

⁶ Association for the Advancement of Artificial Intelligence. AAAI, основанная в 1979 году (ранее Американская ассоциация ИИ), является некоммерческим научным сообществом, занимающимся продвижением научного понимания механизмов, лежащих в основе мышления и интеллектуального поведения, и их воплощения в машинах. <https://aaai.org/>.

⁷ Sellmann, M., & Selman, B. Zeitenwende — Turn of Eras. *AI Magazine*, (2021). 42(1), 3-5. Retrieved from <https://ojs.aaai.org/index.php/aimagazine/article/view/7480>.

⁸ Man-Machine Superintelligence Paradigm Shift: Trans-AI, Deep AI, or Real-World AI, as an integral Trustworthy AI Model. Azamat Abdoullaev. 12 September 2021. <https://futurium.ec.europa.eu/en/european-ai-alliance/posts/man-machine-superintelligence-paradigm-shift-trans-ai-deep-ai-or-real-world-ai-integral-trustworthy>.

⁹ A definition of AI: main capabilities and scientific disciplines. Definition developed for the purpose of the deliverables of the High-Level Expert Group on AI. Brussels, 18 December 2018. 9 p. https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_definition_of_ai_18_december_1.pdf.

¹⁰ Michael L. Littman, Ifeoma Ajunwa, Guy Berger, Craig Boutilier, Morgan Currie, Finale Doshi-Velez, Gillian Hadfield, Michael C. Horowitz, Charles Isbell, Hiroaki Kitano, Karen Levy, Terah Lyons, Melanie Mitchell, Julie Shah, Steven Sloman, Shannon Vallor, and Toby Walsh. **Gathering Strength, Gathering Storms: The One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100) 2021 Study Panel Report**. Stanford University, Stanford, CA, September 2021. <http://ai100.stanford.edu/2021-report>.

¹¹ См. также работы: Leontovich, O. (2014). Positive Communication: Definition and Constituent Features. *Vestnik Volgogradskogo sudarstvennogo universiteta. Seriya 2. Jazykoznanije*. 24. 121-126. 10.15688/jvolsu2.2014.5.16.

Azarenko, S.A. Signs and things: topology of communication // Журнал СФУ. Гуманитарные науки. 2013. №2. <https://cyberleninka.ru/article/n/signs-and-things-topology-of-communication>.

¹² The **Ontology of Love** - Conference - 26-27 April 2019. <http://www.crash.cam.ac.uk/events/27901>.

темы подтверждается многочисленными публикациями¹³, а будущее её реализации в системах ИИ мы надеемся обсудить на страницах нашего журнала...

Модель любви внешне проста, но сложна в её воплощении (см. эпиграфы). Любовь - утверждение ценности другого! Акт абсолютной любви - это отрицание себя ради иного. Бесконечно сильное самоотрицание является бесконечно сильным самоутверждением!...

Любовь к науке!!! Образцом любви и позитивных отношений служил для многих знавших его замечательный человек и учёный, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана *Валерий Борисович Тарасов*, ушедший от нас в июле (очередная жертва пандемии). Светлая ему память...

В этом номере журнала статьи авторов из Москвы, Нижнего Тагила, Самары, Санкт-Петербурга, Ульяновска и Уфы. Открывает номер статья коллектива авторов, сформировавших Комитет по ИИ в НОЦ «Инженерия будущего» и определивших стратегию его развития. Авторы статьи полагают, что поддержка инициатив Комитета по ИИ даст шанс остаться в лидерах мировой гонки за «сильным» ИИ.

Призыв редакции к разработке идей формализации смысла и готовности журнала обсуждать эту тему был услышан. Поэтому уже в этом номера публикуются отклик из ИПУ РАН А.М. Фаянса на 1-ю часть статьи А.Д. Редозубова и 2-я часть этой работы автора...

2021 год - *год науки и технологий в России*. В этом году ядро нашей исполнительной редакции подало заявку на Всероссийскую премию «За верность науке» в номинации «Лучшее периодическое издание о науке». Редакция рассматривает полученную поддержку коллег по цеху главным достижением выдвижения журнала на эту престижную Премию и считает это проявлением любви: честного товарищества, признания, доброго отношения и уважения. Спасибо всем, кто нас поддержал! Из России: академик РАН В. Сойфер (Самарский университет), академик РАН С. Шевченко (СамНЦ РАН), член-корр. РАН Д. Новиков (ИПУ РАН), проф. В. Борисов (РАИИ), д.т.н. В. Грибова (ИАПУ ДВО РАН); из-за рубежа: проф. В. Крейнович (США), проф. В. Голенков (Беларусь), проф. А. Шарипбай (Казахстан) и др.

Отдельная благодарность проф. С.В. Микони, который решил разделить свою радость от полученной им Премии Правительства Санкт-Петербурга «За заслуги в... сохранении культурного наследия...» имени А. Невского, отметив, что в этой премии «есть вклад и нашего журнала, где автор затрагивал проблемы научного русского языка».

Любовь к языку общения, к русскому языку не покидает нас, спланирует нас, но затрудняет приближение к общепринятому языку мировой науки и доступ к полноценной дискуссии. Поиском оптимальной формы взаимопроникновения языков в средствах представления результатов исследований, совершенствованием подачи материала неуклонно занимается редакция нашего журнала.

Любовь созидает, создаёт, рождает не только чувства, но и производные от этих чувств – отношения. Поэтому проектирование позитивных, созидательных, комфортных отношений возможно лишь построив онтологию самой Любви. Ждём, надеемся и призываем авторов включиться в эту важную тему, предложив свои модели выстраивания позитивных отношений между акторами, включая системы с ИИ, вложив в них, в их память лишь добрые начала, созидательные функции и высокие нравственные принципы. *Dum spiro, spero!*

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

¹³ Эпштейн М. Онтология любви: Эдем в Песни Песней. журнал *Звезда*, номер 3, 2008.

<https://magazines.gorky.media/zvezda/2008/3/ontologiya-lyubvi-edom-v-pesni-pesnej.html>.

Федосеева Т.В. Онтология любви в ранней лирике Я.П. Полонского // Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина. 2017. №4 (57). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ontologiya-lyubvi-v-ranney-lirike-ya-p-polonskogo>.

Тиллих П. Любовь, сила и справедливость. Онтологический анализ и применение к этике. М.: Центр Гуманитарных Инициатив. 2015. 170 с.

Леонтьев Д.А. Онтология любви: за пределами слова и чувства // От события к бытию: грани творчества Галины Иванченко / сост. М.А. Козлова. М.: ГУ-ВШЭ, 2010. С.71-102. http://institut.smysl.ru/article/Leon_DA_Ontologiya_lubvi_20111005.php.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

УДК 629.7:004.89

DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-260-293

Формирование стратегии развития Комитета по искусственному интеллекту в Научно-образовательном центре «Инженерия будущего»

И.И. Баринов¹, Н.М. Боргест^{2,3}, С.Ю. Боровик³, О.Н. Граничин⁴, С.П. Грачев⁵,
Ю.В. Громыко⁶, Р.И. Доронин⁷, С.Н. Зинченко⁸, А.Б. Иванов⁹, В.М. Кизеев¹⁰,
Р.И. Кутлахметов¹¹, В.Б. Ларюхин¹², С.П. Левашкин¹³, А.Н. Мочалкин¹⁴,
М.Г. Пантелеев¹⁵, С.Б. Попов², Е.М. Севастьянов¹⁶, П.О. Скобелев^{3,17},
А.Г. Чернявский¹⁸, В.В. Шишкин¹⁹, С.И. Шляев²⁰

¹ Главный вычислительный центр ОАО «РЖД», Москва, Россия

² Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

³ Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁵ Группа компаний «Генезис знаний», Самара, Россия

⁶ Институт опережающих исследований им. Е.Л. Шифферса, Москва, Россия

⁷ Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод», Нижний Тагил, Россия

⁸ Партнерский центр ГК «Ростех» в инновационном центре «Сколково», Москва, Россия

⁹ Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

¹⁰ WinBD – консалтинговая компания по развитию технологического предпринимательства, Москва, Россия

¹¹ ABC Консалтинг, Москва, Россия

¹² НПК «Разумные решения», Самара, Россия

¹³ Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

¹⁴ НПК «Сетецентрические платформы», Самара, Россия

¹⁵ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

¹⁶ Ракетно-космический центр «Прогресс», Самара, Россия

¹⁷ Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

¹⁸ Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва, Москва, Россия

¹⁹ Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

²⁰ Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел», Москва, Россия

Аннотация

Созданный межрегиональный научно-образовательный центр «Инженерия будущего», призванный объединить науку и реальный сектор экономики, сформировал ряд важных отраслевых и предметных комитетов, в которых планируется разрабатывать прорывные продукты и технологии мирового уровня. Комитет по искусственному интеллекту научно-образовательного центра «Инженерия будущего» выработал свою стратегию развития в проектной группе, состоящей из специалистов, представляющих промышленные предприятия, университеты, академическую среду, проектные организации, технологические компании и стартапы. Ключевым в стратегии является концепция цифровой экосистемы эмерджентного искусственного интеллекта, возникающего за счёт взаимодействий различных интеллектуальных сервисов. В основу построения эмерджентного интеллекта положены принципы самоорганизации, модели и методы коллективного принятия решений, онтологии и мультиагентные технологии, позволяющие формировать решение любой сложной задачи в ходе выявления и разбора конфликтов путём переговоров агентов. Следуя теории сложных адаптивных систем, эмерджентный интеллект – это спонтанно возникающая в

мультиагентной системе, под действием внешних событий или из внутренних причин или мотивов, цепочка согласованных изменений состояний агентами, находящими решение новой проблемы или повышающих ценность уже имеющегося решения. В статье сформулированы основные задачи Комитета по искусственному интеллекту на ближайшие годы в рамках подготовленного технологического проекта создания серийно-массового производства интеллектуальных систем управления ресурсами, персонализируемых путём создания цифровых двойников процессов управления предприятиями, баз знаний, мультиагентных технологий, машинного обучения и других перспективных методов. Результатом предлагаемого проекта, отражающего приоритеты промышленных партнёров, будет создание линейки интеллектуальных продуктов и сервисов для всех стадий жизненного цикла сложных высокотехнологических изделий и построение «фабрики» таких систем в виде открытой инструментальной платформы, которая позволит этим предприятиям снизить зависимость от поставщика решения и своими силами развивать и модернизировать такие системы. Предложен подход к организации работы Комитета по искусственному интеллекту на основе принципов Науки 5.0, рассмотрены направления разработок, а также планируемая кооперация для достижения первых научных и практических результатов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, эмерджентный интеллект, стратегия, научно-образовательный центр, цифровые экосистемы, онтология, мультиагентные технологии, принятие решений, управление ресурсами, эффективность.

Цитирование: Баринов, И.И. Формирование стратегии развития Комитета по искусственному интеллекту в Научно-образовательном центре «Инженерия будущего» / И.И. Баринов, Н.М. Боргест, С.Ю. Боровик, О.Н. Граничин, С.П. Грачев, Ю.В. Громыко, Р.И. Доронин, С.Н. Зинченко, А.Б. Иванов, В.М. Кизеев, Р.И. Кутлахметов, В.Б. Ларюхин, С.П. Левашкин, А.Н. Мочалкин, М.Г. Пантелеев, С.Б. Попов, Е.М. Севастьянов, П.О. Скобелев, А.Г. Чернявский, В.В. Шишкин, С.И. Шляев // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №3(41). – С. 260-293. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-260-293.

«...недалёк тот день, когда исчезнут обычные книги, газеты и журналы. Взамен каждый человек будет носить с собой «электронный блокнот», представляющий собой комбинацию плоского дисплея с радиоприёмопередатчиком. Набирая на клавиатуре этого «блокнота» нужный код, можно, находясь в любом месте на нашей планете, вызвать из гигантских компьютерных баз данных, связанных в сети, любые тексты, изображения...»

В.М. Глушков [1]

Введение

Направление исследований, связанных с «искусственным интеллектом» (ИИ) в настоящее время становится всё более актуальным и востребованным.

А «фантастика» в этой области становится реальностью буквально на наших глазах [1].

При этом у ряда учёных и проектантов оно вызывает серьёзную озабоченность, см. многочисленные работы, например, Европейского альянса по ИИ [2-4] и публикации А. Абдулаева [5-6]. В интервью для английской корпорации ВВС известный физик Стивен Хокинг прямо заявил, что создание ИИ может стать концом света, если машины научатся строить себя сами, т.к. люди просто не смогут за ними угнаться («*The development of full artificial intelligence could spell the end of the human race... It would take off on its own, and redesign itself at an ever increasing rate. Humans, who are limited by slow biological evolution, couldn't compete, and would be superseded*») [7].

Вместе с тем, интерес к теме ИИ стремительно растёт, равно как и поддержка этого направления государством.

Президент РФ В.В. Путин 11 октября 2019 года своим указом утвердил национальную стратегию развития ИИ в России до 2030 года (см. анализ стратегий ИИ в работе [8]). Весной

2021 года Правительство РФ утвердило правила выделения финансовой поддержки компаний, занятых в сфере ИИ [9, 10], и правила предоставления грантов организациям на разработку образовательных программ для студентов и педагогических работников организаций высшего образования в сфере ИИ [11]. Летом 2021 года опубликованы правила предоставления грантов для исследовательских центров в сфере ИИ [12].

К сожалению, планируемые меры поддержки не всегда сопровождаются содержательным предметным анализом, долгосрочным прогнозом и конкурентной выработкой наиболее приоритетных направлений развития ИИ в интересах бизнеса, перспективных отраслей промышленности и экономики, науки и технологий и т.д.

Можно утверждать, что выработка ключевых идей и направлений в этой области представляет сложную задачу, которая в настоящее время решается раздробленными силами, причём корпоративные интересы крупных компаний часто входят в противоречие как с научными традициями академии наук и высшей школы, так и современными подходами технологических предпринимателей, а существующие силы команд разработчиков ИИ не только малы и фрагментарны, но при этом ещё часто дублируют друг друга и конкурируют между собой, растрачивая и без того скудные финансовые ресурсы.

Комитет по ИИ научно-образовательного центра «Инженерия будущего»¹ (Комитет по ИИ) объединил исследователей из целого ряда университетов, технологических и консалтинговых компаний, промышленных предприятий и бизнеса. Из университетов участвуют Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» (ЛЭТИ), Самарский государственный технический университет (СамГТУ), Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева (Самарский университет), Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ), Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ) и др. В качестве основных промышленных партнёров (ИП) из бизнеса выступают предприятия государственных корпораций (ГК) «Ростех», «Роскосмос» и «РЖД», а также корпорации «Алмаз-Антей». В числе этих предприятий Ракетно-космический центр «Прогресс», «Уралвагонзавод», Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел», Главный вычислительный центр РЖД и др. Из технологических компаний и стартапов, развивающих инновационное предпринимательство в области ИИ – Группа компаний «Генезис знаний», НПК «Разумные решения», НПК «Сетецентрические платформы» и ряд других.

В настоящей статье Комитет по ИИ обосновывает выбор нового направления в области ИИ и предлагает стратегию, которая призвана собрать сложные межведомственные и межрегиональные «молекулы» инновационных проектов из отдельных «атомов» учёных и специалистов различных организаций, чтобы не только преодолеть указанные препятствия, но и вывести формируемые команды на мировой уровень.

1 Искусственный интеллект и развитие общества

В научной литературе ИИ определяется как свойство компьютерных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека, а также как наука и технология создания интеллектуальных машин или компьютерных программ [1, 13].

Стремительный технический прогресс уже сегодня вывел в ежедневную повестку глобальных обсуждений тему создания и внедрения ИИ во все сферы человеческой жизни, формируя картину будущей тотальной цифровизации нашего мира, обсуждаются уже сверхпро-

¹ НОЦ «Инженерия будущего». - <https://nocsamara.ru/>.

екты *Smart Planet* и Интернета «всего». И хотя проблема создания ИИ ещё далека от своего решения, сложна и не тривиальна, уже сейчас она начинает затрагивать фундаментальные основы построения нашего общества и повседневной жизни людей.

Каковы же возможные результаты создания ИИ? Тотальная автоматизация бюрократии и полное «цифровое рабство» людей на всех уровнях (от детского сада и школы до предприятий, регионов и стран) или раскрытие талантов, знаний и умений людей, обеспечение свободы их выбора и самореализации, поддержки творчества и развития, роста производительности труда и эффективности людей, предприятий, регионов и стран? Для ответа на этот вопрос нужен открытый диалог представителей технической и гуманитарной культуры с участием управленцев, философов, психологов, педагогов, математиков, программистов и т.д.

В работе [14] на примере сферы образования показано, что «цифра» может сработать как во благо прогресса, так и против прогресса. В рамках создания новой школы будущего здесь показывается принципиальное отличие предлагаемого цифро-когнитивного подхода, направленного на развитие обучаемых, от цифро-алгоритмического подхода, выхолащивающего образование. Цифро-алгоритмический подход соотносит ответы учащегося с определённым установленным правилом, заданным набором операций по получению нужного ответа, в котором учащегося заставляют отгадать последовательность операций, чтобы получить нужное решение и хорошую оценку. Цифро-когнитивный подход базируется на создании цифровой образовательной среды ИИ нового поколения, в которой учащийся в диалоге с ИИ должен построить поисковое действие и определить нужные типы, набор и последовательность операций в зависимости от того, как он понял ситуацию и задание. Цель предлагаемой саморазвивающейся ИИ среды - обеспечить создание условий для творчества, моделирования и проектного действия в учебной работе школьников для самих учащихся и учителя. Важно не какие операции выполняет учащийся, а что и как он понимает, осмысливая задание и ситуацию задачи, как строит свое действие в соответствии с достигнутым пониманием. С этим пониманием и должен работать учитель, чтобы обучение вело за собой развитие. В этом случае цифро-когнитивный подход на основе ИИ, выступая в функции своеобразного «зеркала» по отношению к поисковым действиям учащегося, обеспечивает усложнение и развитие мышления, вызывает смысловую мотивированность, способствует накоплению структур персонализированного интеллекта.

Первый подход не только не помогает обучению и развитию детей, но наоборот, закрепощает мышление и разрушает долго складывавшиеся традиции и практики продуктивного и эффективного образования, как в капле отражая весь океан возникающих новых проблем создания ИИ для цифровизации экономики, промышленности и т.п. И, наоборот, второй подход, где строится саморазвивающийся ИИ, способствующий самовозникающим актам творческого мышления у пользователей, раскрепощает мышление и становится необходимым обществу не только в образовании, но в промышленности, на транспорте, в вооруженных силах, при планировании стратегических операций в экономике, политике и т.д.

Дискуссия про видение ИИ в мире ещё только начинает разворачиваться [15, 16]: во многих странах ещё идут споры про Индустрию 4.0, но на переднем крае исследований уже началось обсуждение зарождающейся эпохи Индустрии 5.0, связанной с цифровизацией знаний (в отличие от данных) и возникающим сотрудничеством коллективов ИИ и людей.

Как ожидается, технологии ИИ и продукты Индустрии 5.0 ускорят переход к Обществу 5.0, меняя многовековые устои общества на всех уровнях. Этот процесс уже начался и непрерывно ускоряется в ответ на падающую в конце 20-го века эффективность идеальной бюрократии [17]. Черты стремительно складывающегося нового Общества 5.0 уже известны: это общество без иерархий; замена приказов на переговоры; приоритет самоорганизации, акторам и предпринимательству; использование знаний как нового более действенного рычага

управления, приходящего на смену насилию и капиталу; солидарная экономика, оплата по результату, дивиденды знаний и т.д. Эти изменения уже сегодня проявляются в разных видах и типах новых организаций: сетевые, виртуальные, горизонтальные, колониальные и др.

К сожалению, в современных дискуссиях по теме ИИ научные споры часто подменяются завышенными ожиданиями от скорого внедрения ИИ (см. также [1]) и значительным сужением темы ИИ, которая оказалась сведена лишь к машинному обучению (МО) на основе искусственных нейронных сетей (НС). Отголоски таких дискуссий видны даже на уровне Национальной стратегии РФ по ИИ, принятой в 2019 [8]. Многие философы, психологи, медики и биологи уверены, что мозг человека работает совсем не так, как искусственная НС, и не может быть сведён к одному жёсткому алгоритму - это гораздо более сложная адаптивная система, базирующаяся на принципах самоорганизации и эволюции, изменяющая свою структуру и алгоритмы по ходу работы. Поэтому нужны фундаментальные исследования для выработки базовых принципов, моделей и методов построения ИИ.

При этом за бортом нашей Национальной стратегии пока остались онтологии, базы знаний (БЗ), методы рассуждений и принятия решений, методы синтеза и анализа сложных конструкций, умные кибер-физические системы, цифровые двойники (ЦД), автономные системы, системы анализа как «больших», так и «малых» данных, и ряд других направлений. В этом плане Национальная стратегия по ИИ США с видением и дорожной картой на 20 лет вперёд, опубликованная в 2019 году [18], содержит куда больше перспективных направлений ИИ, которые уже сегодня на практике помогают управлять самолётами и аэропортами, грузовиками и фабриками, цепочками поставок и т.д.

Признавая всю важность МО на базе НС, научные и практические результаты мирового уровня следует искать на стыке разных дисциплин в конвергенции различных технологий ИИ и интеграции полипредметных знаний.

В этой связи формализация знаний в виде онтологий и БЗ в рамках *Semantic Web* рассматривается как одно из фундаментальных направлений для создания ИИ. Действительно, какой же может быть «интеллект» без использования знаний современных учебников, на основе чего ИИ будет понимать контекст ситуации, делать выводы и принимать решения? Знания по географии, математике и физике, инженерному делу и другим наукам пока нельзя представить, обрабатывать и использовать методами МО. И если условия реального мира, при которых обучалась НС, изменились, то необходимо переобучать созданную ранее систему МО или нужно будет начинать обучение заново, но кто должен заметить этот факт и начать это вовремя делать?

По оценкам экспертов [18], человеку на жизнь требуется хранилище на 10^9 фактов для его БЗ. Объём онтологии *Google Knowledge Graph place* в 2019 году оценивался в 1 миллиард сущностей и 70 миллиардов утверждений, у *Microsoft*, для сравнения, 2 миллиарда сущностей и 55 миллиардов утверждений. На повестке дня американской концепции уже в 2019 году было создание национальной сети знаний *Open Knowledge Network (OKN)*, которая объединит знаниевые ресурсы всей страны как части национальной платформы по ИИ США.

Ещё одной ключевой сферой ИИ, не нашедшей отражения в Российской стратегии по ИИ, является распределённое принятие решений, которое всё больше становится коллективным для стремительно развивающихся систем умного Интернета вещей и автономных систем управления, начиная с беспилотных автомобилей, самолётов, кораблей и т.д.

Компанией Гартнер² 2020 год был объявлен годом «автономных вещей», которые по мнению компании уже прошли большую эволюцию от «цифровых» к «умным». Ожидается, что на следующем этапе автономные вещи, обладающие собственным ИИ, «заговорят» друг

² Gartner. - <https://www.gartner.com>.

с другом и в научную повестку войдут вопросы семантической интероперабельности систем ИИ, которые будут не только обмениваться данными, но и вести переговоры для согласования решений. Дорожная карта научных исследований по ИИ США [18] в качестве ключевых выделяет такие направления, как связность ИИ систем (*Integrated Intelligence*) и их осмысленное взаимодействие (*Meaningful Interaction*), наряду с разными видами самообучения в системах (*Self-Aware Learning*). Этот документ готовили 90 экспертов из 40 организаций США, работающих в области ИИ, хотя он также содержит ряд спорных моментов, как это, наверное, и должно быть в такой стратегически перспективной и инновационной сфере.

Наконец, нельзя не сказать о все чаще упоминаемом «сильном ИИ» *AGI (Artificial General Intelligence, Strong AI и Full AI)*, адекватной модели которого пока нет в принципе, сейчас становится главным вызовом для каждой передовой страны. Нужны модели устройства мира и объяснения феномена сознания, базирующиеся на этих моделях методы рассуждений, воспроизводящие логику здравого смысла, обеспечивающие представление знаний, принятие решений и планирование действий, обучение в условиях неопределённости. Нам еще только предстоит научиться описывать для ИИ то «сокровенное» знание, с которым рождается человек, и то «обыденное» знание, которое он приобретает в течение своей жизни, а также моделировать инстинкты, интуицию, мотивацию, чувство и сопереживание, прозрения, мудрость и другие пока совершенно непознанные аспекты интеллекта человека.

Научной основой сильного ИИ на сегодня можно считать лишь теорию сложных адаптивных систем с присущей ей видением нелинейной термодинамики в части возникновения «сложного из простого» (порядка из хаоса), автокаталитическими реакциями, устойчивыми неравновесиями, фрактальной структурой и т.д. Это влечёт за собой одно из возможных видений ИИ как спонтанно возникающего, адаптивного, самоорганизующегося и эволюционирующего, недетерминированного, движимого к смыслам через разборы многосторонних конфликтов и поиск устойчивых неравновесий и балансов интересов, что кардинально противостоит традиционной линейности, детерминизму и редукционизму современной науки в ИИ.

Но и этот вопрос уже вышел из сферы научных дискуссий, и в 2019 году Минобороны США объявило первый конкурс на создание ИИ «здравого смысла» на 1.7 млрд долларов; возможно, это лучше всего отражает глубокое понимание всей сложности, актуальности и значимости решения проблемы ИИ для будущих поколений.

2 Цели и задачи Комитета по ИИ НОЦ «Инженерия будущего»

Главная цель Комитета по ИИ НОЦ «Инженерия будущего» - создать полипредметное и междисциплинарное сообщество единомышленников на стыке разных направлений в области ИИ, включая методологов, постановщиков задач из промышленных предприятий разных индустрий, академических учёных, преподавателей и исследователей из университетов, разработчиков ИИ систем из технологических компаний и стартапов, предпринимателей, управленцев, пользователей и других специалистов с разной культурой и опытом, возрастом и убеждениями, для совместной научной и практической работы.

Задачей Комитета по ИИ, выработанной сообществом и объединившей его участников, стало создание открытых инструментальных и прикладных платформ, продуктов и сервисов ИИ мирового уровня для цифровой трансформации предприятий, в первую очередь, для повышения качества и эффективности управления современными предприятиями и группировками автономных роботов (малых космических аппаратов - МКА, дронов, беспилотных автомобилей и др.), которые будут всё больше сотрудничать с людьми и заменять работников предприятий в различных процессах.

В ходе стратегической сессии, проведённой в НОЦ «Инженерия будущего» 23-25 апреля 2021 года было выработано основное направление работы Комитета по ИИ и сформулирован научно-технологический проект «Создание серийно-массового производства интеллектуальных систем управления ресурсами (ИСУР), персонализируемых путём создания ЦД процессов управления предприятиями, БЗ и мультиагентных технологий (МТ), а также МО, предиктивной аналитики и других перспективных моделей, методов и средств ИИ».

Выбор задачи создания ИСУР для повышения качества и эффективности управления промышленными предприятиями и группировками роботов обусловлен поиском применений там, где можно быстро получить экономический эффект. Так, например, повышение эффективности использования ресурсов даже на 1 % при сборке космических аппаратов, самолётов или вагонов за счёт внедрения ИСУР даёт значительный годовой эффект.

Задачами предлагаемого проекта, отражающего указанные приоритеты предприятий промышленности, являются:

- разработка принципов построения, моделей, методов и алгоритмов функционирования нового поколения ИСУР предприятий и робототехнических комплексов на основе ЦД, БЗ и МТ, а также технологий МО, предиктивной аналитики и других методов ИИ;
- создание линейки ИСУР в виде продуктов и сервисов для поддержки всех стадий жизненного цикла (ЖЦ) по проектированию, производству и эксплуатации сложных высокотехнологичных изделий (ВТИ), включая:
 - управление ресурсами в комплексных проектах разработки ВТИ (например, специализированных робототизированных комплексов);
 - управление ресурсами в производстве ВТИ (например, сборка самолёта);
 - управление ресурсами на стадии эксплуатации ВТИ (например, управление группировкой МКА с интеллектом роя);
- построение инструментальной «фабрики» ИСУР в виде открытой интеграционной цифровой среды, комплексирующей цифровые платформы (ЦП) инфраструктурного, инструментального и прикладного типа [19], которая будет построена по методологии *DevOps*³ и позволит предприятиям своими силами развивать и модернизировать такие системы различных производителей;
- создание цифровой сетецентрической *p2p* платформы и экосистемы эмерджентного интеллекта (ЭИ), определяемого взаимодействием ИСУР и других умных сервисов, которые позволят создать доверенную среду масштаба предприятия, холдинга, корпорации и отрасли для управления цепочками кооперации предприятий и управления контрактами ЖЦ ВТИ на принципах партнёрства, разумного доверия и солидарной экономики;
- разработка методики цифровой трансформации предприятий при внедрении систем ИИ, включая положения об организации и управлении, бизнес-процессах и регламентах, принципах мотивации сотрудников и оценки экономического эффекта от внедрения ИИ;
- создание учебных курсов и материалов для обучения и переобучения сотрудников промышленных предприятий, а также школы молодых конструкторов систем ИИ для университетов и предприятий.

В 2021 году планируется проведение первых совместных разработок участниками Комитета по ИИ по созданию открытой инструментальной среды и линейки прикладных ИСУР на основе созданных ранее моделей, методов и алгоритмов. Такие проекты требуют проведения системного анализа предприятий и детального сбора требований, выяснения особенностей задач планирования и их доработки, проведения исследований получаемых результатов, ин-

³ *DevOps* (от англ. *Development* и *Operations*) — методология активного взаимодействия специалистов по разработке, по информационно-технологическому обслуживанию и по взаимной интеграции рабочих процессов друг в друга для обеспечения качества продукта.

теграции с существующими системами предприятий, оценки эффекта от внедрения и т.д. При этом методы и средства планирования ресурсов должны сочетаться с анализом данных, МО, управлением знаниями, предиктивной аналитикой и т.п.

Одной из актуальных задач крупных промышленных предприятий является повышение эффективности управления ресурсами в комплексных проектах НИОКР ВТИ, в особенности, при участии многих субконтракторов. Создание ИСУР для сквозного многоуровневого управления такими проектами в общем пуле ресурсов каждого предприятия в реальном времени, причём с отдельным планированием и учётом затрат по каждому проекту – сложная задача, требующая применения ИИ, создания БЗ изделий и технологий, оценки трудоёмкости задач, учёта компетенций специалистов и т.д. Большой опыт специалистов МАК «Вымпел» по реализации комплексных проектов создания ВТИ поможет создать первую версию такой ИСУР и БЗ, а также отработать модели и методы для решения этой задачи на практике.

Задачи проектирования и производства ВТИ актуальны для концерна «Уралвагонзавод» ГК «Ростех», в который входит несколько десятков крупных промышленных предприятий. В настоящее время каждое предприятие создаёт свои информационно-учётные системы, причём во многом собственными силами, и вынуждено содержать крупные информационно-технологические (ИТ) подразделения, достигающие численности крупной ИТ компании. Эти системы, как правило, требуют больших усилий для поддержания, модернизации и интеграции, зачастую дублируют функции друг друга или оставляют неавтоматизированными важные бизнес-процессы предприятий. С переходом к ИСУР для проектирования и производства новых ВТИ, где работа с данными уступает место работе со знаниями, а учётные системы уступают место системам принятия решений, производительность этих подразделений и полезность результатов их работы возрастает многократно при заметном снижении усилий на поддержание таких систем. Можно представить себе потенциальную экономию в масштабах концерна, если команды этих предприятий получают в свои руки общий программный инструмент, технологию и платформу для создания совместимых и взаимодополняющих сервисов, причём с перспективой их будущего сквозного применения в «Ростехе».

Ещё одной из масштабных задач по созданию ИСУР является задача автоматизации обработки обращений в ГВЦ РЖД, в котором имеется более 2500 информационных систем, которые обслуживают около 4000 сотрудников. Число обращений пользователей, распределённых по всей стране, достигает 8 миллионов и более в год. Имеется программа, играющая роль диспетчера-распределителя, которая автоматически распределяет входные обращения между работниками, но делает это без учёта сложности и трудоёмкости задачи, загрузки и компетенций работников, сроков ответа по договору, географических зон работы сотрудников и т.д. В этой связи актуальна задача создания виртуального «умного *Uber*⁴», который будет знать особенности задачи и компетенции работника и непрерывно адаптивно планировать и оптимизировать задачи для сотрудников, а также вести мониторинг и контроль сроков исполнения, с перспективой интеграции такой ИСУР с чат-ботами.

Принципиально новой задачей этапа эксплуатации ВТИ является создание группировки МКА с роевым интеллектом, создаваемой в консорциуме с РКК «Энергия» по проекту ГК «Роскосмос», где головным исполнителем определён СамГТУ, а в цепочку научно-технической кооперации входит ряд ведущих университетов: МАИ, МГТУ, МИЭТ, НИИЯФ МГУ, Сколтех, ТПУ, ТУСУР, БФУ, Военмех, Академия Можайского, АлГУ, ОмГТУ и КузГТУ. Создаваемый роевой интеллект группировки МКА реализуется за счёт автоматиче-

⁴ *Uber* – это приложение, которое позволяет в реальном времени находить ближайших свободных водителей и самостоятельно формировать заказ. Приём заявки сопровождается автоматическим расчётом времени и стоимости заказа (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Uber>).

ского принятия решений на борту каждого МКА при прямом взаимодействии между МКА для согласования принимаемых решений при проведении заданных работ.

В ходе этого проекта планируется отработка виртуальной фабрики МКА для управления распределёнными процессами их проектирования, производства и испытаний на основе первой межотраслевой БЗ по созданию МКА, содержащей описание их основных систем и компонент, технологий сборки, требуемых ресурсов и т.д.

Такого рода разработка полезна для РКЦ «Прогресс» и других предприятий Роскосмоса.

Важный круг возникающих новых научно-технических задач такой разработки связан с выбором принципов построения ИСУР, разработкой моделей и методов коллективной работы агентов, устройства конструкций агентов и их сообществ, представлением знаний, включая стандарты, принципы построения и модификации в реальном времени онтологий, проектированием функций и архитектуры рассматриваемых ИСУР, инструментальной среды, сетцентрической платформы и цифровых экосистем ИСУР, информационной и семантической интероперабельности ИСУР и т.д.

Дополнительный эффект может принести использование в ИСУР моделей и методов МО, нечётких гибридных систем, предиктивной аналитики и др.

Выбор столь разнообразных первых совместных проектов, покрывающих все основные стадии ЖЦ ВТИ, должен позволить всем участникам Комитета по ИИ применить свои заделы и компетенции для скорейшего внедрения результатов в практику.

Кроме того, предполагается установление партнерства и активное взаимодействие с такими развивающимися в настоящее время кросс-отраслевыми структурами, как Ассоциация «ИИ в промышленности» Санкт-Петербурга (<https://t.me/piterai>).

3 Цифровые платформы для цифровой трансформации предприятий

По современным представлениям [19-20], цифровая трансформация – это не просто изменение бизнес-моделей, технологий предоставления услуг и формирование новых ожиданий клиентов, но процесс изменения модели коммуникаций и принятия решений, переход к принятию решений в режиме реального времени на основе технологий ИИ.

Основным инструментом такой трансформации выступает цифровая платформа (ЦП).

ЦП трактуется как система алгоритмизированных взаимовыгодных взаимоотношений значимого количества независимых участников отрасли экономики (или сферы деятельности), осуществляемых в единой информационной среде, приводящая к снижению транзакционных издержек за счёт применения набора цифровых технологий работы с данными и изменения системы разделения труда.

Типология ЦП включает: инструментальные, инфраструктурные и прикладные ЦП, которые обычно существенно отличаются по своему назначению и составу:

- *инструментальная* ЦП, в основе которой находится программный или программно-аппаратный комплекс (продукт), предназначена для создания программных или программно-аппаратных решений прикладного назначения;
- *инфраструктурная* ЦП обеспечивает единую информационную среду взаимодействия участников платформы, доступ к источникам данных и формирование программных процессов обработки информации на основе комплексирования сервисов, созданных с использованием инструментальной ЦП;
- *прикладные* ЦП обеспечивают взаимодействие участников экономической деятельности при обмене определёнными экономическими ценностями на заданных рынках.

Сложившаяся трактовка понятия «платформа» в области информационно-коммуникационных технологий связана с такими понятиями как аппаратная платформа, про-

граммно-аппаратная платформа, платформа программирования и т.п. Эти понятия обычно используют при обсуждении проблемы выбора базовых архитектурных решений и технологий построения информационной основы любого предприятия. Исходя из типологии ЦП, понятие «платформа» относится к инструментальному типу ЦП и отдельным составляющим инфраструктурной ЦП, связанным с программными решениями внутри неё.

Таким образом, ЦП являются основой для цифровой трансформации предприятий [20], позволяя радикально изменить модель коммуникаций и принятия решений в процессе производства продуктов и предоставления услуг [21]. Необходимыми элементами ЦП, по мнению компании *Futurum Research* [22], которая специализируется на консалтинговых услугах в области цифровой трансформации, являются управление данными, встроенная аналитика, МО и принятие решений в режиме реального времени. Передовые цифровые компании за счёт автоматизации бизнес-процессов в рамках платформы принимают решения точнее, поскольку используются реальные актуальные данные, и быстрее за счёт использования технологий обработки и анализа данных в реальном времени на основе ИИ.

ЦП являются основой функционирования современных цифровых экосистем, которые определяются компанией *Gartner* как взаимозависимая группа субъектов и приложений для предприятий, людей и вещей, совместно использующих стандартизированные ЦП для достижения взаимовыгодной цели.

В настоящей статье предлагается сделать следующий шаг в определении и построении цифровых экосистем, следуя определению Википедии⁵. В этом понимании цифровая экосистема – это вид сложных социотехнических систем, распределённых, адаптивных, открытых, со свойствами самоорганизации, масштабирования и устойчивости развития, построенных на принципах формирования природоподобных (биологических) экосистем, где поддерживается кооперация и конкуренция между отдельными автономными системами ИИ для обеспечения разнообразия их видов. В сравнении с традиционными платформами и экосистемами, в которых продолжают действовать и принимать решения люди, в новых цифровых экосистемах принимать решения и взаимодействовать между собой начинают автономные системы ИИ, точнее – их агенты, которые формируют сначала колонии себе подобных систем и далее более сложные экосистемы из самых разнообразных в видовом отношении систем [23, 24]. Построение такого рода цифровых экосистем ИИ на основе формализованных моделей знаний, как ожидается, станет основой нового уклада Индустрии 5.0 и Общества 5.0 [15, 16].

В сфере Индустрии 4.0 примерами существующих ЦП, которые формируют вокруг себя цифровую экосистему в более привычном представлении, являются продукты *MindSphere* фирмы *Siemens* и *GE Predix* компании *General Electric*. Решения на основе *MindSphere* включают: комплексное сквозное решение для предприятия *Digital Enterprise Suite* как прикладная ЦП, базовая инфраструктурная ЦП в виде облачной открытой операционной системы *MindSphere* для *Internet of Things (IoT)*, предоставляемой по принципу «платформа как услуга» *Platform as a Service (PaaS)*, и инструментальная ЦП с магазином приложений *MindApps*.

Однако многие пользователи ЦП Индустрии 4.0 уже сегодня испытывают сложности с использованием важнейшего элемента ЦП – технологий ИИ, в т.ч. МО, а также недостаток специалистов в сфере интеллектуальной обработки данных. Можно ожидать, что в ближайшие годы ситуация только ухудшится, и большинство фирм не смогут найти экспертов, способных создать модели МО и интегрировать их в повседневную деятельность предприятия. Необходим качественный скачок при реализации важнейшего элемента ЦП, который связан

⁵ *Digital ecosystem*. - https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_ecosystem.

с созданием лоу-код и но-код⁶ приложений на основе ЦП ИИ всех типов, и также их интеграцией и обеспечением их семантической интероперабельности.

Цифровые экосистемы ИИ в новом понимании должны позволить решать эти проблемы и формировать автоматические цепочки принятия решений сервисов-агентов в многовариантном пространстве действий, а в перспективе перейти к моделям «сильного ИИ».

4 Обоснование выбора ключевых технологий ИИ

В качестве стратегической линии исследований Комитета по ИИ выбрано направление, связанное с созданием ЦП и экосистем ИСУР с ЭИ на основе онтологического подхода и МТ, которые дополняются методами и средствами управления знаниями, МО, предиктивной аналитики, обработки изображений, распознавания образов и т.п.

Выбор МТ объясняется тем, что в настоящее время любая сложная производственная, логистическая или другая система может быть представлена набором взаимодействий более простых систем до любого уровня детальности, что обеспечивает фрактально-рекурсивный принцип построения многоярусных систем, построенных как открытые цифровые колонии и экосистемы ИИ. В основе МТ лежит распределённый или децентрализованный подход к решению задач, при котором динамически обновляющаяся информация в распределённой сети интеллектуальных агентов обрабатывается непосредственно у агентов вместе с локально доступной информацией от «соседей». При этом существенно сокращаются как ресурсные и временные затраты на коммуникации в сети, так и время на обработку и принятие решений в центре системы (если он все-таки есть). Пример потенциального применения МТ – уже упомянутые выше, успешно и быстроразвивающиеся технологии *Uber*-такси на основе прикладной ЦП, где есть большой потенциал для развития прямых взаимодействий между заказами, машинами, пассажирами и грузами, а также умными знаками для движения, умными светофорами и т.д.

Термин «уберизация», происходит от названия компании такси *Uber* и её мобильного приложения для поиска, вызова и оплаты такси или частных водителей и доставки еды. Он означает тренд на замену посредников (людей или организаций) ЦП, обеспечивающей возможность проведения прямых сделок между клиентами и поставщиками услуг и резко снижающей транзакционные издержки. С помощью приложения *Uber* заказчик резервирует машину с водителем и отслеживает её перемещение к указанной точке. В большинстве случаев водители используют свои собственные автомобили, а также машины таксопарков или партнёров, при этом обычно 67 % оплаты переходят водителю, 33 % перечисляются *Uber*.

Первая разработка такого рода систем появилась для международной компании корпоративного такси *Addison Lee* (UK), реализованной в 2006-2008 годах на основе МТ при участии соавторов настоящей статьи [25]. В этой разработке впервые появилась возможность подключать внешних (*free-lance*) водителей и целые таксопарки в любой момент времени. В дальнейшем этот принцип нашёл свою реализацию в Яндекс-такси и других решениях, но возможности МТ в этих решениях далеко не полностью используются, т.к. обычно там машина ищется ближайшая и назначается на заказ всего лишь один раз, в самом начале. При этом в решении для *Addison Lee* агент каждого заказа обычно до 4-х раз меняет свое решение в ходе переговоров с другими заказами и машинами, когда первое решение уже найдено, но ещё имеется запас времени доезда до клиента. Дело в том, что в ситуации высокой неопределённости всё постоянно меняется: приходят новые заказы, отменяются уже принятые заказы,

⁶ *Low-code* — это концепция создания информационных систем с помощью графических интерфейсов с минимальным использованием ручного написания кода или вообще без него (*no-code*).

появляются новые машины или планируемые машины выходят из работы и т.д. Предложенный МТ подход позволяет иметь более гибкий маневр ресурсами и «дожимать» прибыль до самой последней секунды, что в итоге даёт более эффективное решение для всего парка такси. Более подробно опыт разработки МТ систем можно найти в работах [26, 27].

Применение МТ также может позволить улучшить взаимодействие и возможности кооперации предприятий внутри стратегических альянсов, в деятельности которых предприятия участвуют. Эта тенденция будет постепенно охватывать всё больше организаций, работающих на всех стадиях ЖЦ проектирования, производства и эксплуатации ВТИ, таких как космический аппарат, самолет, двигатель, локомотив, автомобиль и другие [28, 29].

Перспективным применением МТ является моделирование живых систем, например, создание ЦД растений и их биоценозов; живых организмов, включая организм человека, где функциональная модель организма могла бы служить основой ЦД физиологии человека и применяться для выработки подходов к лечению и контролю результатов. К такого рода разработкам и применениям ещё только планируется подступить в сотрудничестве с соответствующими комитетами НОЦ «Инженерия будущего».

Онтологический подход выбран как основа для построения инструмента настройки МАС на новые предметные области (ПрО) и приложения, чтобы обеспечить возможность настраивать семантику управления ресурсами для каждого предприятия, удешевить процесс разработки и сократить время разработки новых ИСУР для конкретных предприятий.

Нарастающая конвергенция современных ИТ приведёт к созданию кибер-физических ИСУР предприятий как их адаптивных и умных ЦД, в которых объединяются датчики, вычислительные модули, коммуникационные компоненты, исполняющие механизмы, модели объектов и интеллектуальные средства, включая БЗ и средства рассуждений и вывода. Такие системы будут объединяться на базе ЦП в цифровые экосистемы корпоративного и отраслевого уровней для поддержки кооперации предприятий, где автоматическое коллективное согласованное принятие решений будет осуществляться на основе онтологий и БЗ отрасли.

Новое представление о ЦП и цифровых экосистемах ставит вопрос об институциональном типе организаций, которые используют ЦП (о постплатформенных институтах). ЦП и цифровая экосистема, которые являются инструментами организаций, не могут быть отождествлены с институционально-управленческим типом и организационной структурой деятельности, использующей ЦП. ЦП обеспечивает снижение транзакционных издержек в области обмена знаниями и информацией находящихся на ней агентов, но не способна формировать стратегические цели следующего уровня и воспроизводить ресурс, используемый на ней (например, «уберизация» использует знания, опыт и квалификацию менеджеров и водителей такси, но не отвечает за их подготовку и пенсионное обеспечение).

Разработка нового типа постплатформенных институтов, использующих ЦП и цифровые экосистемы, ещё одно из важнейших направлений дальнейших исследований.

5 Концепция цифровой экосистемы эмерджентного ИИ

Традиционные рассуждения об ИИ [1, 13] не всегда учитывали виды решаемых задач и уровни интеллектуальной деятельности. В реальной практике такое различие существует, и попытки определить уровни ИИ для разных ПрО делались и продолжают делаться [30].

В настоящей стратегии приоритет даётся решению задач управления ресурсами потому, что мир вокруг ежедневно становится всё более сложным, неопределённым и турбулентно динамичным [31]. Этот вызов требует качественного и быстрого решения возникающих новых сложных задач и принятия решений, в частности, по управлению ресурсами. Для реше-

ния такого рода проблем требуются принципиально новые подходы, модели, методы и средства ИИ, которые способны адаптироваться вместе с изменяющейся средой.

Одно из наиболее передовых и востребованных направлений в новом управлении будет связано с созданием «умных вещей», построенных как интеллектуальные кибер-физические системы, которые совмещают в себе датчики, вычислительные модули, БЗ и средства принятия решений, а также средства сетевой коммуникации, как отмечалось выше. Примеры таких умных вещей уже охватывают мир бытовой техники, где «умный кофейник» из композита «продаёт» обратно в сеть энергию при остывании, а «умный холодильник» меняет режимы своей работы при обнаружении новых продуктов.

Ожидается, что «умный самолёт» будет содержать в себе сотни тысяч «умных деталей», способных принимать решения и взаимодействовать с людьми и себе подобными умными вещами. «Умное крыло» самолета будет состоять из отдельных «умных перьев», чтобы более эффективно управлять режимами полета. В «умном двигателе» «умные лопатки» будут договариваться под каким углом встречать воздушный поток и как избежать помпажа. Такой двигатель при возникновении проблемы должен уметь найти ближайший «умный сервис» космического роя спутников, чтобы связаться с наземными службами и быстрее сделать ремонт.

Подобные структуры будут характерны для любых производственных, транспортных и других объектов, которые будут состоять из сотен тысяч и миллионов малых и больших систем ИИ, непрерывно взаимодействующих друг с другом для поиска согласованных решений. В результате ЦП и экосистема любой отрасли будет строиться через взаимодействия ЦД предприятий и ЦД ВТИ, например, агент локомотива будет общаться с агентами разных депо, выбирая себе лучшее по ситуации, в зависимости от характера прогнозируемой поломки. В такого рода приложениях будут стоять задачи проектирования и реализации систем «коллективного интеллекта», который будет возникать в цифровых экосистемах ИИ за счёт их прямого и косвенного взаимодействия; распределённого, базирующегося на знаниях, гибкого и эффективного в принятии решений, постоянно адаптирующегося к изменяющимся условиям среды и обучающегося на основе своего и чужого опыта.

Таким образом, наряду с созданием отдельных «умных вещей», возникает задача построения ЦП для систем «коллективного интеллекта» этих вещей и организаций.

Например, мир «умной фабрики» может быть представлен агентами заказов, изделий и их составных частей, технологических процессов и задач, продуктов, станков и рабочих, материалов и инструментов. Агент сервиса планирования работы такой фабрики может при этом дополняться агентами сервисов распознавания образов, понимания текста, МО, коммуникации с пользователями и т.д. Такие сервисы могут быть заранее собраны разработчиками в инструментальной среде разработки или самими пользователями в *no-code* или *low-code* платформе в цепочки для реализации заданных типов возникающих задач.

Но что делать, если каждый день на предприятии возникают новые проблемы и непредвиденные события разрушают казавшиеся на бумаге идеальными планы?

В этой ситуации требуется совершенно другой подход, когда нужные сервисы должны будут сами собираться в цепочки для решения проблемы. Для этого требуются механизмы самоорганизации агентов сервисов при решении возникающих непредвиденных проблем; необходимы недетерминированные цепочки взаимодействий агентов, предпринимающих действия для уточнения информации, поиска новых вариантов решений и т.д. На основе такого подхода может быть сформирован самоорганизующийся «коллективный интеллект» фабрики, позволяя ей воспринимать ситуацию, планировать свои действия, контролировать результаты, коммуницировать с работниками и обучаться из опыта.

Предлагаемое видение систем ИИ оказывается по своей природе очень близким самоорганизующимся диссипативным структурам, формирующимся в нелинейных термодинамических системах в трактовке проф. И. Пригожина (Бельгия), получившего в 1978 году Нобелевскую премию по химии за открытие автокаталитических реакций в органических растворах, что послужило отправной точкой для создания целой новой науки о сложных адаптивных системах [25-27]. Гипотеза предлагаемого подхода и состоит в том, что любая интеллектуальная система должна строиться как такая сложная адаптивная система, способная к самоорганизации, т.е. установлению и пересмотру связей между агентами, а собственно «интеллект» всей системы и должен проявлять себя автокаталитическими цепочками согласованных изменений решений программными агентами.

Такой тип коллективного интеллекта «умных вещей» и «умных организаций», возникающий в ходе взаимодействия программных агентов их представителей, и назван «эмерджентным ИИ» или для краткости «эмерджентным интеллектом» (ЭИ) (от англ. «*Emerge*» – появляться, возникать внезапно), определяя его как спонтанно возникающую, под действием внешних событий (реактивно) или из внутренних причин или мотивов (проактивно), недетерминированную цепочку согласованных изменений состояний агентами, находящими решение новой проблемы или повышающими ценность уже имеющегося решения путём самоорганизации, т.е. путём изменения связей между ними в ходе «переговоров», связанных с выявлением конфликтов и их разрешением до установления состояния консенсуса как формы «конкурентного равновесия» на внутреннем виртуальном рынке МАС.

Чем лучше и быстрее реагирует такая система на возникающие непредвиденные ситуации, максимизируя свои показатели, тем будет лучше созданный ЭИ, за меньшее время находящий лучшие решения. Впервые определение ЭИ и краткая характеристика принципов построения систем ЭИ для адаптивного планирования представлены в работе [32].

Понятия «эмерджентность» уже используется в теории сложных адаптивных систем для объяснения феномена появления у системы свойств, не присущих её элементам в отдельности; несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов⁷. Аналогичными понятиями в теории систем и других областях знаний являются самоорганизация, синергичность, холизм, системный эффект, сверхаддитивный эффект, некомпозициональность и др. Эмерджентные структуры имеют место во многих природных явлениях, от физических до биологических. Например, через такие процессы самоорганизации и автокаталитические реакции возникают сложные симметричные фрактальные паттерны в снежинках, зарождаются ураганы и галактики, развиваются цепные реакции в лазерах и атомных бомбах. А также возникают «пробки» машин на дорогах, когда «глобальная структура» (пробка), порождённая локальными взаимодействиями водителей, начинает влиять на поведение и принятие решений этих водителей, её породивших и пытающихся из неё выбраться. По схожим принципам множественных взаимодействий с положительными и отрицательными связями случаются социальные революции, происходят открытия и изобретения и т.д.

Подобные процессы должны будут наблюдаться и в природо-подобных цифровых экосистемах ЭИ, построенных на фундаментальных принципах самоорганизации и эволюции, которых ещё пока нет в традиционной кривой Гартнера [33], что даёт основание и сохраняет шанс надеяться на возможность получения результатов мирового уровня в этой сфере.

В настоящем проекте будет сформирована более общая концепция ЭИ, рассматриваемая как основа для построения «сильного ИИ» в будущем. Предполагается, что именно в развитии ЭИ как сложной адаптивной системы следует вести перспективные исследования и разработки по «сильному интеллекту», моделируя такие нелинейные эффекты этой теории, как

⁷ *Emergence science*. The Editors of Encyclopaedia Britannica. - <https://www.britannica.com/science/emergence-science>.

катастрофы и резонансы, осцилляции и др. Эти, казалось бы, деструктивные явления, могут, наоборот, позволить моделировать такие творческие акты, как изобретения и открытия, случающиеся у людей как неожиданные прозрения (инсайты), в основе которых лежат процессы самоорганизации с непрерывным переходом от порядка – к хаосу, и наоборот. Именно такие процессы самоорганизации наблюдаются в живой и неживой природе в случаях, когда из «простого» строится «сложное», влияющее потом на поведение «простого».

Для создания экосистем ЭИ требуется развитие теории сложных адаптивных систем, выработка подходов к «управляемой самоорганизации» и исследование качества, эффективности, обратимости и устойчивости решений разработанных моделей и методов коллективного принятия решений для решения различного рода сложных задач.

Для практических применений рассматриваемые системы ЭИ создают возможность научно-технического прорыва, т.к. в настоящее время традиционные *ERP* и *MES* являются информационно-учётными системами, не приспособленными для принятия решений в реальном времени и работы в режимах «дополненного интеллекта» и, тем более, «автономного интеллекта», берущего управление предприятием на себя.

Запрос бизнеса и индустрии на интеллектуализацию и переход от обычных информационных систем к ИСУР, а в перспективе к автономным системам ИИ, связан с возможным экономическим эффектом, достигаемым через сокращение численности людей, занятых в рутинной управленческой работе. Владельцы и менеджеры предприятий стремятся повысить эффективность своего бизнеса не только за счёт цифровой трансформации бизнес-процессов, но и за счёт их интеллектуализации, а заказчики ищут возможности снижения цен и рисков.

Цифровая экосистема ЭИ должна быть недорогой, гибкой и удобной, работать как «дополненный интеллект», учитывать индивидуальные особенности каждого предприятия.

При этом всё большее число промышленных предприятий не хотят отдавать «на сторону» такие проекты, беспокоясь за утрату приобретённых ценных знаний, а хотят создавать новые системы у себя, что делает актуальной задачу создания открытой платформы разработки цифровых экосистем ЭИ.

Требования к открытой инструментальной ЦП создания ЭИ включают:

- масштабирование решений ЭИ для крупных корпораций и отраслей;
- наличие предустановленных онтологий и БЗ отраслей;
- быструю настройку онтологий и правил принятия решений агентами;
- сочетание вариантов «общей шины» и «без общей шины» для взаимодействия агентов;
- непрерывное развитие платформы сообществом с бесплатной лицензией для исследований и обучения;
- методологию создания, внедрения и оценки эффекта от применения ЭИ;
- сопровождение инструкциями, курсами обучения и т.д.

Очевидно, что традиционные формы сотрудничества предприятий в науке не очень подходят для такого рода разработок, которые не могут быть заранее расписаны и бюджетированы на многие годы вперёд, и где цели и задачи динамично меняются как от требований промышленных заказчиков, так и результатов проводимых исследований и разработок.

Требуется разработка новых подходов к управлению такого рода сложными и инновационными научно-техническими проектами в области ИИ для управления ресурсами на всех стадиях ЖЦ ВТИ, создаваемые результаты которых сразу же должны внедряться в практику и давать обратную связь разработчикам так быстро, как ни в одной другой области ВТИ.

6 Организация работы Комитета по ИИ по микромоделю «Наука 5.0»

В настоящее время лаборатории, научные группы, отдельные исследователи по тематике ИИ работают практически в каждом университете и промышленном предприятии.

Основные проблемы, возникающие перед участниками ИИ разработок, включают:

- исследователи ИИ из университетов обычно разрозненны как отдельные «атомы» и при этом чаще конкурируют друг с другом, чем кооперируются, что не позволяет им складываться в сложные «молекулы» проектов мирового уровня;
- научные группы по ИИ для получения финансирования вынуждены постоянно менять темы и «перебегать» от гранта – к гранту, размениваясь «на мелочи», что делает команды нестабильными и не позволяет системно развивать прорывные стратегические идеи;
- разработчики ИИ из частных технологических компаний ориентированы на коммерческие проекты, где нет фундаментальных заделов в науке, а также нет содержательных и финансовых возможностей для проведения инновационного поиска, исследования, поисковых и рискованных экспериментов и т.д.;
- государственные промышленные предприятия не имеют специалистов с компетенциями исследователей и разработчиков по ИИ, которые были бы способны ставить задачи и превратить знания в отраслевые продукты, а их руководители не всегда желают брать на себя такие риски и давать подчинённым свободу разработки и исследований;
- в академических институтах работают учёные по ИИ, как правило, глубоко встроенные в научные иерархии и со сложившейся консервативной научной культурой, а в новых проектах нужен дух творчества, свободы и риска, технологического предпринимательства.

Как следствие сложившейся ситуации, возникает растущий «зазор» между участниками рынка ИИ, который препятствует прорывным инновациям.

Предполагается, что для выхода из этого замкнутого круга и решения возникающей задачи участникам проекта требуется применить подходы Индустрии 5.0 и Общества 5.0, т.е. чтобы участники проекта на себе испытывали предлагаемые ими новые подходы.

Таким образом, передовой характер создаваемого продукта влечёт за собой и инновационный характер предлагаемых методов и средств управления рассматриваемым комплексным проектом, который оказывается близки к идеям и принципам «Науки 5.0» - новой концепции организации научных исследований и разработок, отвечающей принципам Общества 5.0, ещё только зарождающегося в передовых странах мира.

Предлагаются следующие принципы сотрудничества внутри Комитета по ИИ как основы для формирования будущего партнёрского консорциума:

- сетевой межведомственный характер создаваемой виртуальной организации, участники которой продолжают работать в своих организациях;
- полипредметность участников, покрывающих своими знаниями и компетенциями весь ЖЦ разработки ИИ от постановки задач до тестирования и оценки качества решений;
- открытость и добровольность для любых организаций и предприятий, а также частных граждан, имеющих право использовать свои знания и навыки в свободное время;
- создание открытой мультиплатформенной среды (онтологии, агенты, МО, предиктивная аналитика и т.д.), в которую участники готовы предоставлять свои решения и сервисы и откуда использовать компоненты для создания собственных новых решений;
- работа за интерес (не по найму), но с планируемой оплатой за конечный результат с возможностью получать дивиденды знаний при внедрении результатов в практику;
- использование финансирования имеющихся грантов или коммерческих договоров участников для совместной работы на общий результат;
- фиксация результатов, которые могут оплачиваться как живыми деньгами (при наличии грантов), так и через виртуальные акции, токены и другие средства;

- готовность размещать в указанной среде сервисы, которые могут как дополнять друг друга, так и конкурировать;
- концентрация усилий на промышленных разработках, которые дают быстрый эффект предприятиям и приносят участникам внебюджетную оплату за результат;
- получаемая сумма от потребителя набора сервисов на платформе среды распределяется между каждым сервисом и платформой на условиях согласованного тарифа;
- работа в создаваемой общей среде и согласование планов проектов;
- гарантируется полная прозрачность распределения финансовых потоков ещё до начала любого взаимодействия между участниками среды и другие.

Открытость Комитета по ИИ предполагает следующий подход к включению новых участников в партнерство:

- новый участник выражает солидарность и рассматривается как единомышленник и соавтор по разрабатываемой концепции ЭИ и создаваемым сервисам;
- новый участник, к какой бы ветви современного ИИ он не относился, разделяет видение и готов участвовать в дорожной карте создания ЭИ для управления предприятиями;
- новый участник поддерживает спецификацию интерфейса для подключения своего сервиса к разрабатываемой среде;
- новый участник использует онтологические модели предприятий и методы коллективного согласованного принятия решений на базе МТ для достижения консенсуса;
- у нового участника-ИП есть сложные задачи в области управления ресурсами, которые не решаются традиционными моделями, методами и средствами;
- у нового участника-разработчика ИИ есть взаимодополняющие компетенции, технологии и продукты и есть опыт решения реальных задач бизнеса;
- у нового участника-учёного по ИИ есть научные и практические результаты, дополняющие или развивающие концепцию ЭИ;
- приоритетом является меж- и над-отраслевой характер задач, команды и применений;
- у участников проекта есть внутренняя мотивация к решению задач мирового уровня;
- участники проекта готовы объединять свои кадровые, финансовые и другие ресурсы для совместной работы по дорожной карте;
- поддерживаются общие человеческие ценности и принципы интереса, уважения и доверия в совместной работе.

Принципы партнерского сотрудничества «Наука 5.0», когда в одной творческой команде для работы на одну цель объединяются специалисты из промышленных предприятий, учёные и эксперты из университетов и академии наук, разработчики из технологических компаний и стартапов - новые не только для нашей страны, но и для всего мира. Комитет по ИИ попытается создать и отработать эту новую управленческую модель «Наука 5.0» в масштабе НОЦ с целью преодоления всевозможных межведомственных и междисциплинарных барьеров и быстрого выхода на новые научные и практические результаты мирового уровня.

В работе Комитета по ИИ, наряду с ИП, университетами, технологическими компаниями и стартапами, принимают участие и другие партнёрские предприятия и организации, которые призваны катализировать работу Комитета по ИИ по всей связке «задачи-наука-бизнес-технологии-образование» и заинтересованы в развитии нового направления ЭИ:

- Партнёрский центр ГК «Ростех» в инновационном центре «Сколково», ведущий поиск новых продуктов и технологий;
- Институт Шифферса, занимающийся развитием инновационных идей (от замысла до реализации). Научная традиция Института восходит к Московскому методологическому кружку Г.П. Щедровицкого, учеником которого является Ю.В. Громыко;

- Группа компаний *WinBD*, занимающаяся развитием технологического предпринимательства и управлением сложными инновационными проектами.

Предполагается, что Комитет по ИИ должен не только создавать модели и методы, стандарты, технологии, продукты и сервисы ЭИ, но и заниматься обучением, воспитанием и развитием лидеров и специалистов в области инноваций и технологического предпринимательства по ЭИ, включая создание школы молодых конструкторов ЭИ.

Финансирование совместных проектов на начальной стадии осуществляется из источников участников по уже заключенным коммерческим контрактам и выигранным грантам, где есть возможность привлекать друг друга для работы на общую цель.

Список участников Комитета по ИИ открыт и будет постоянно пополняться.

7 Первые промышленные проекты Комитета по ИИ

При выборе первых проектов основной фокус был на ИП, у которых актуальны проблемы управления ресурсами, и где можно применить знания и компетенции, готовые сервисы, продукты и другие заделы участников Комитета по ИИ.

В таблице 1 представлена основная группа потенциальных ИП, заинтересованных в разработке цифровых экосистем ЭИ.

Таблица 1 - Индустриальные партнеры и выбранные проекты разработки цифровой экосистемы ЭИ

№	Наименование участника (ФИО ответственного)	Тема проекта	Текущие результаты
1.	МАК «Вымпел», ГК «Алмаз-Антей» (С.И. Шляев)	Управление ресурсами в комплексных проектах НИОКР сложных ВТИ	Разработана пилотная версия ИСУР-Проекты, которая развернута на сервере предприятия. Проведена апробация в одном из подразделений.
2.	Концерн «Уралвагонзавод», ГК «Ростех» (Р.И. Доронин)	Управление ресурсами в машиностроительном производстве сложных ВТИ	Готовятся показы пилотной версии ИСУР-Производство руководству и специалистам предприятий, входящим в концерн.
3.	РКЦ «Прогресс», ГК «Роскосмос» (Е.М. Севостьянов)	Управление ресурсами по всему ЖЦ сложных ВТИ	Предприятие поддерживает проект «Рой МКА» специалистами и испытательным оборудованием и выступает консультантом по «Виртуальной фабрике МКА».
4.	ГВЦ РЖД (И.И. Баринов)	Управление эксплуатацией ИТ систем для РЖД	Разработана онтология и БЗ и создана базовая версия ИСУР-Эксплуатация для одной из рабочих групп Самарского ИВЦ. Ведётся подготовка контракта.
5.	РКК «Энергия» (А.Г. Чернявский)	Управление группировкой малых космических аппаратов «Рой МКА»	Разработано и согласовано техническое задание на разработку «Рой МКА». Ведётся подготовка контракта.
6.	Партнёрский центр ГК «Ростех» в инновационном центре «Сколково» (С.Н. Зинченко)	Организация совместной исследовательской деятельности и деятельности по трансферу технологий в интересах организаций ГК «Ростех»	Подписано соглашение о сотрудничестве и начата разработка предложений по цифровой трансформации предприятий корпорации.

Большинство предприятий ИП имеет схожие требования в управлении ресурсами:

- вместо одной глобальной системы планирования требуется множество малых, но действующих согласованно;
- переход от централизации к распределённому принятию решений и переговорам;

- согласование планов разного масштаба и уровня принятия решений, а также разного временного горизонта (от горизонта в 3-5 лет до заданий на день);
 - нужен план с учётом доступных именно сейчас ресурсов;
 - дополненный интеллект с перспективой полностью автономных систем распределения, планирования, согласования, мониторинга и контроля (ЦД процессов управления);
 - требуется переход к эволюционирующей интегрированной многофакторной модели, объединяющей разные модели в ЦД;
 - требуются средства автоматизации поддержки принятия решений;
 - нужна поддержка кооперации предприятий в комплексных проектах;
 - инструмент должен ориентироваться на принцип *no-* и *low-code* конструктора;
 - иметь удобный и дружелюбный интерфейс через мобильные устройства (например: «Алиса, покажи актуальный план бюджета на текущий месяц») и т.д.
- Запрос со стороны ИП из оборонного сектора дополнительно состоял в следующем:
- управление ресурсами предприятий и цепочками кооперации, которая помогает предприятиям в срок выполнять государственный оборонный заказ (ГОЗ) в сочетании с гражданскими заказами;
 - удовлетворить требование выходить на рынок гражданской продукции в объёме 20-30% от валового продукта предприятия вместе с жёсткими требованиями выполнения ГОЗ по объёмам, бюджетам и срокам;
 - выполнение требования регуляторов по раздельному планированию множества заказов в общем пуле ресурсов;
 - переход к контрактам ЖЦ ВТИ требует поддержки взаимодействия предприятий на ряде уровней (субконтракторов).
- Перед предприятиями ИП имеется и ряд общих технологических барьеров:
- создавать и внедрять ИИ для предприятий сейчас сложно и трудоёмко, дорого и долго;
 - нет компетенций в области ИИ у ИП, требуется партнёр для оценки решений и обучения сотрудников ИП;
 - конечные пользователи не готовы «делиться» творческой работой с ИИ-помощником и ожидают от ИИ результат «не хуже человека», в то время как ИИ-решения призваны автоматизировать рутину управления, оставляя человеку суть творчества – создание нового уникального результата;
 - недостаточно данных или нет доступа к данным;
 - данные для принятия решений «сырые», содержат ошибки, не полные и т.д.;
 - знания о Про и бизнесе не оцифрованы и не формализованы;
 - отсутствуют бизнес процессы коллективного согласованного принятия решений;
 - существующий порядок и нормативы существенно регламентируют и ограничивают деятельность предприятий, исполняющих ГОЗ;
 - не всегда понятно как считать экономический эффект и т.д.
- В этих условиях задача создания ИСУР массового применения становится актуальной и значимой для большого числа промышленных предприятий.

8 Планируемая научно-техническая кооперация в проектах

В таблице 2 представлены научно-технические разработки по проектам ИП, планируемые проводить участниками Комитета по ИИ.

В настоящее время участники проекта уже работают над теоретическим обоснованием и развитием новых методов и средств ЭИ и промышленными проектами по отдельным направлениям: онтологии, МТ и т.д. В качестве примеров можно привести публикации научной

школы СПбГУ в 2021 году по теме мультиагентной оптимизации ресурсов и ЭИ, представленные в [34, 35].

Таблица 2 - Участники научно-технической кооперация по проектам

№	Наименование участника (ФИО ответственного)	Роль и специализация по компетенциям в разработке	Примечание
1	СамГТУ (П.О. Скобелев)	Концепция, теоретические основы и научно-методические рекомендации по разработке БЗ и ИСУР для ИП	Все проекты с ИП
2	СПбГУ (О.Н. Граничин)	Формализация мультиагентных моделей адаптивного построения расписаний для сервиса «умного убера» и их экспериментальное и теоретическое исследование	Модели, методы и алгоритмы для всех проектов ИП
3	УлГТУ (В.В. Шишкин)	Сбор требований, бизнес- и системная аналитика задач ИП, модели, методы и средства предиктивной аналитики и больших данных	Умные сервисы для платформы и прикладных ИСУР
4	Самарский университет (С.Б. Попов)	Проектирование архитектуры распределённых вычислений, распознавание образов, обработка изображений, НС, МО, понимание текстов	Умные сервисы для платформы и прикладных ИСУР
5	ПУТИ (С.П. Левашкин)	НС, МО, понимание текстов	Умные сервисы для платформы и прикладных ИСУР
6	СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (М.Г. Пантелеев)	Интеллектуальные агенты (ИА) реального времени на основе когнитивных архитектур. МАС. Онтологическое проектирование ИА и МАС.	Инструментальная платформа
7	Сколтех (А.Б. Иванов)	ЦП проектирования и инжиниринга, поддержка ЖЦ ВТИ, НС, МО, специальные расчеты	Умные сервисы для платформы
8	ИПУСС РАН (С.Ю. Боровик)	Онтологии и МТ, новые технологии эффективного управления предприятиями в Индустрии 5.0 и Обществе 5.0	Инструментальная платформа
9	НАО «ГК «Генезис знаний» (С.П. Грачев)	Разработка мультиагентной платформы и конструктора онтологий, а также промышленных версий ИС управления ресурсами	Инструментальная платформа, ИСУР для эксплуатации
10	НПК «Разумные решения» (В.Б. Ларюхин)	Разработка мультиагентных прототипов систем для ИП	ИСУР для КБ и заводов
11	НПК «Сетецентрические платформы» (А.Н. Мочалкин)	Разработка мультиагентной платформы для управления группировками роботов и её применение для управления «Роем МКА»	ИСУР «Роя МКА» для РКК «Энергия»
12	АВС Консалтинг (Р.И. Кутлахметов)	Аналитика, консалтинг, взаимодействие с ИП для сбора бизнес-требований к ИИ системам, управление проектами, внедрение ИИ и оценка экономического эффекта	Поддержка работы с ИП по всем проектам
13	Группа компаний WinBD (В.М. Кизеев)	Развитие технологического предпринимательства на базе создаваемой платформы	Поддержка развития сообщества и платформы
14	Институт им. Шифферса (Ю.В. Громыко)	Развитие инновационных идей (от замысла до внедрения), включая консалтинг и фабрику мысли	Развития замысла ЭИ в части создания и масштабирования бизнеса
15	Партнёрский центр ГК «Ростех» в «Сколково» (С.Н. Зинченко)	Аналитика, консалтинг, взаимодействие с ИП, управление проектами, внедрение ИИ и оценка экономического эффекта; экспертные системы и НС; доверенный промышленный Интернет вещей	Поддержка разработки ЭИ с ИП по всем проектам
16	ИРР Самарской области (Д.Н. Бажин)	Работа с участниками проектов, помощь в подготовке заявок на гранты и т.д.	Поддержка проектов на всех стадиях

Обзор разработок Самарской школы МТ представлен в ряде работ в данном журнале [36-38]. Более полный обзор работ этой школы с примером решения задачи для моделирования работы группировки МКА на основе МТ обсуждается в подготовленной статье⁸.

Задача создания сетецентрической платформы и сервисов МТ в цифровой экосистеме ЭИ для управления контрактами ЖЦ ВТИ на принципах солидарной экономики впервые была доложена на форуме⁹ и в настоящее время готовится к публикации.

В Самарском университете активно разрабатываются онтологии в различных ПрО, см. например [39, 40].

Передовой опыт разработок школы МТ и онтологий ЛЭТИ представлен в [41-45].

В работах [46-48] даны публикации Ульяновской школы онтологий и МТ.

В каждой из рассмотренных выше задач любой участник может предложить свои наработки, продукты и сервисы для включения в общую цифровую экосистему и работы на конечный результат, что позволит катализировать кооперацию, связать и взаимно усилить разработки друг друга для их скорейшего внедрения в промышленность.

Примером формирующейся научной кооперации является подготовленный совместно СамГТУ, ЛЭТИ и Институтом кибернетики, информатики и робототехники (Прага, Чехия) обзор истории и направлений развития, барьеров и перспектив МТ в промышленности [49].

По инициативе Комитета по ИИ начата подготовка первого специального выпуска *Machine Learning and Emergent Intelligence* в журнале *Mathematics*¹⁰ (Q1).

9 Ожидаемые научные и практические результаты

Ожидаемые результаты работы над проектами Комитета по ИИ включают:

- создание передовой научной школы в области разработок цифровых экосистем ЭИ;
- создание платформ, продуктов и сервисов ЭИ мирового уровня;
- сокращение сложности и трудоемкости решения задач управления ресурсами для промышленных предприятий на основных этапах ЖЦ ВТИ за счет внедрения ЭИ;
- повышение эффективности предприятий за счёт внедрения ЭИ;
- повышение качества, сокращение стоимости и ускорение процессов создания ИСУР;
- создание цифровых экосистем ЭИ масштаба предприятия, корпорации и отрасли для поддержки кооперации и снижения транзакционных издержек;
- возможность предприятиям самостоятельно создавать и развивать ИСУР на основе использования открытой инструментальной среды ЭИ;
- ускорение цифровой трансформации предприятий;
- переход на отечественные средства управления ресурсами на базе ЭИ;
- отработка новой модели управления наукой «Наука 5.0»;
- создание учебных материалов и курсов по ЭИ для управления предприятиями.

⁸ Грачев, С.П. Методы и средства построения интеллектуальных систем для решения сложных задач адаптивного управления ресурсами в реальном времени / С.П. Грачев, А.А. Жилиев, В.Б. Ларюхин, Д.Е. Новичков, В.А. Галузин, И.В. Майоров, Е.В. Симонова, П.О. Скобелев // *AuT*, 2021 (в печати).

⁹ Валинский, О.С. Концептуальные и методологические основы управления бизнесом в формате «Института контракта жизненного цикла высокотехнологичной продукции (ЖЦ ВКИ)» на сетецентрической платформе мультиагентных сервисов в экосистеме эмерджентного искусственного интеллекта / О.С. Валинский, А.Н. Маврин, И.А. Посадов, П.О. Скобелев, В.В. Тришанков, Е.Ю. Химич // Тематический круглый стол «Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники развития, новые вызовы» под эгидой Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, VII международный военно-технический форум «Армия-2021» - Москва, Кубинка, конгрессно-выставочный комплекс «Патриот», 24 августа 2021.

¹⁰ «Machine Learning and Emerging Intelligence» - a special issue of *Mathematics* (ISSN 2227-7390). This special issue belongs to the section «Mathematics and Computer Science». Deadline for manuscript submissions: 31 December 2021. https://www.mdpi.com/journal/mathematics/special_issues/Machine_Learning_Emerging_Intelligence.

10 Участие в работе Комитета по ИИ

Для участия в работе Комитета по ИИ любая желающая организация или индивидуум может написать заявление, которое будет рассмотрено и обсуждено участниками.

Комитет по ИИ заинтересован в дальнейшем усилении и развитии команды и приглашает промышленные предприятия, университеты и институты РАН, технологические и консалтинговые компании и стартапы принять участие в предлагаемых проектах ЭИ.

Площадкой для научных дискуссий по тематике Комитета ИИ могут являться, в т.ч. научный журнал «Онтология проектирования» и одноимённый научный семинар, организуемый Самарским университетом и ИПУСС РАН.

Заключение

Стратегия Комитета по ИИ предполагает создание открытой инструментальной среды и линейки ИСУР, формирующих цифровую экосистему ЭИ для основных стадий ЖЦ ВТИ.

В этих целях формируется заинтересованное сообщество, состоящее из специалистов, представляющих университеты, академическую среду, проектные организации, технологические и консалтинговые компании и промышленные предприятия.

Научная новизна предлагаемых разработок определяется переходом от одиночных ИИ систем управления предприятиями и ВТИ к системам коллективного интеллекта на базе сетцентрической *p2p* платформы, где взаимодействуют множество таких ИИ систем, построенных на основе онтологий, МТ, МО и других сервисов ИИ.

Ключевым в стратегии является понятие «эмерджентного интеллекта», определяемое взаимодействием участвующих агентов сервисов и вещей, способных реагировать на события, принимать решения и договариваться для решения сложных задач управления ресурсами в условиях высокой неопределённости и динамики изменений спроса и предложения.

Понятие ЭИ рассматривается как основа для создания природоподобного «сильного ИИ», определяемого как спонтанно возникающие, под действием внешних событий или из внутренних причин, недетерминированные цепочки согласованных изменений состояний программными агентами вещей и сервисов, находящими решение новой проблемы или повышающими ценность уже имеющегося решения в ходе переговоров и разбора конфликтов на виртуальном рынке системы, что связывается с теорией сложных адаптивных систем и нелинейной термодинамики Нобелевского лауреата И. Пригожина.

На основе концепции ЭИ предлагается создание линейки ИСУР предприятий для основных стадий ЖЦ ВТИ, дополняемой инструментальной средой, учебными курсами и консалтинговой поддержкой, чтобы предприятия могли сами развивать указанные системы.

Планируется создание сетцентрической платформы для горизонтального и вертикального взаимодействия разрабатываемых ИСУР между собой в многоуровневой цифровой экосистеме ЭИ уровня крупного предприятия, корпорации и отрасли.

Сформулированы основные цели и задачи Комитета по ИИ в рамках технологического проекта по созданию серийно-массового производства ИСУР, персонализируемых путём создания ЦД процессов управления предприятиями, БЗ и МТ для всех стадий ЖЦ ВТИ.

Предложены принципы работы Комитета по ИИ, проектируемого в своей деятельности как микромодель «Наука 5.0».

Представлены предлагаемые первые промышленные проекты и возможная научно-техническая кооперация участников по этим проектам для достижения научных и практических результатов мирового уровня.

Благодарности

Авторы выражают благодарность академику РАН, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, президенту Самарского университета В.А. Сойферу и руководителю головного офиса Центра стратегических разработок «Северо-Запад», заместителю директора по перспективным проектам Ассоциации «Искусственный интеллект в промышленности» Д.В. Санатову за продуктивные обсуждения концепции «эмерджентного интеллекта» и поддержку инициативы по созданию Комитета по ИИ в НОЦ «Инженерия будущего».

Настоящая работа команды СПбГУ выполнена при частичной поддержке Санкт-Петербургским государственным университетом, проект № 73555239; работа команды СамГТУ частично поддержана грантом РФФИ № 20-37-90052.

Послесловие

Гонка за первенство в создании ИИ в различных ПрО входит в активную фазу. Бизнес и государство повсеместно включаются в цифровую среду, ускоряющую все процессы [50, 51]. Крупные ИТ-гиганты предлагают свои ИИ-решения для бизнеса (см. например, платформы и продукты от *Microsoft*¹¹). Стратегические отрасли с опаской смотрят на такие продукты, при этом ждут и надеются на свои разработки. Отстать в цифровой гонке за «сильным» ИИ, значит проиграть её. Поддержка инициатив Комитета по ИИ даёт шанс остаться в лидерах этой гонки.

Список источников

- [1] **Глушков, В.М.** Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. Изд. 2-е, испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1987. – 552 с.
- [2] White Paper. On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust. European Commission. Brussels, 19.2.2020. COM(2020) 65 final. 27 p. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf.
- [3] Public consultation on the AI White Paper. Final report. European Commission. November 2020. 17 p. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/white-paper-artificial-intelligence-public-consultation-towards-european-approach-excellence-and>.
- [4] Excellence and Trust in AI — Brochure. Shaping Europe's digital future. European Commission. Publication 23 February 2021. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/excellence-and-trust-ai-brochure>.
- [5] **Abdoullaev, A.** Reality, Universal Ontology and Knowledge Systems: Toward the Intelligent World / Azamat Abdoullaev // EIS Encyclopedic Intelligent Systems, Incorporated, 2008. 346 p.
- [6] **Abdoullaev, A.** The Real-World AI: the matter of life or death / Azamat Abdoullaev // European AI Alliance. 17 August 2021. <https://futurium.ec.europa.eu/en/european-ai-alliance/posts/real-world-ai-matter-life-or-death>.
- [7] **Cellan-Jones, R.** Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind / Rory Cellan-Jones // *BBC News, Tech*. 2 December 2014. <https://www.bbc.com/news/technology-30290540>.
- [8] **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.
- [9] Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета федеральному государственному бюджетному учреждению "Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере" на грантовую поддержку малых предприятий по разработке, применению и коммерциализации продуктов, сервисов и (или) решений с использованием технологий ИИ, разработчиков открытых библиотек в сфере ИИ, акселерации проектов с применением ИИ/ Постановление Правительства Российской Федерации от 27 марта 2021 г. № 456. 14 с.
- [10] Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета на поддержку некоммерческой организацией Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий пилотных

¹¹ Accelerate your business with the power of data and AI. <https://www.microsoft.com/en-us/insidettrack/data-and-ai>.
Digital transformation, accelerated. <https://www.microsoft.com/en-us/industry/digital-transformation>.
Best of Business AI 2021. <https://businessai.microsoft.com/>.

- проектов апробации технологий искусственного интеллекта в приоритетных отраслях / Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2021 г. № 767. 23 с.
- [11] Об утверждении Правил предоставления грантов в форме субсидий из федерального бюджета организациям на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю "искусственный интеллект", а также на повышение квалификации педагогических работников образовательных организаций высшего образования в сфере искусственного интеллекта / Постановление Правительства Российской Федерации от 27 мая 2021 г. № 798. 22 с.
- [12] Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета на государственную поддержку автономной некоммерческой организации "Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации" в целях поддержки исследовательских центров в сфере искусственного интеллекта, в том числе в области "сильного" искусственного интеллекта, систем доверенного искусственного интеллекта и этических аспектов применения искусственного интеллекта / Постановление Правительства Российской Федерации от 5 июля 2021 г. № 1120. 35 с.
- [13] **Аверкин, А.Н.** Толковый словарь по искусственному интеллекту / А.Н. Аверкин, М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Пospelов. — М.: Радио и связь, 1992. — 256 с. - <http://www.raai.org/library/tolk/aivoc.html#L208>.
- [14] **Громыко, Ю.В.** Цифровая платформа Школы Будущего: Цифро-когнитивный подход в отличие от цифро-алгоритмического упрощения образования / Ю.В. Громыко, В.В. Рубцов // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 4-й Международной конференции (4-5 февраля 2021 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2021. — С.238-259. — <https://keldysh.ru/future/2021/21.pdf> <https://doi.org/10.20948/future-2021-21>.
- [15] **Сойфер, В.А.** Human fActor / В.А. Сойфер // Онтология проектирования. — 2021. — Т. 11, №1(39). — С.8-19. — DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-8-19.
- [16] **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 // International Scientific Journals Industry 4.0. 2017; 2(6): 307-311.
- [17] **Виттих, В.А.** Введение в теорию интерсубъективного управления / В.А. Виттих. — Самара: Самарский научный центр РАН, 2013. — 64 с.
- [18] **Gil, Y.** A 20-Year Community Roadmap for Artificial Intelligence Research in the US / Y. Gil and B. Selman // Computing Community Consortium (CCC) and Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI). Released August 6, 2019. arXiv:1908.02624 <https://cra.org/ccc/resources/workshop-reports/>.
- [19] Цифровые платформы. Подходы к определению и типизации. Ростелеком. Data Economy Russia 2024. — http://files.data-economy.ru/digital_platforms.pdf.
- [20] Цифровые платформы. Методологии. Применение в бизнесе: Коллективная монография / Под общ. ред. Б.Б. Славина, Е.П. Зараменских, Н. Механджиева. — М.: Прометей, 2019. — 228 с.
- [21] **Попов, С.Б.** Интеграция информационных систем в цифровые платформы для оказания социальных сервисов населению / С.Б. Попов, П.В. Хрипунов // Сб. тр. ИТНТ-2019: V междунар. конф. и молодеж. шк. "Информ. технологии и нанотехнологии": в 4 т. — Самара: Новая техника, 2019 — Т. 4: Науки о данных. — 2019. — С.1020-1031.
- [22] **Newman, D.** Digital Intelligence: The Heart of Successful Digital Transformation / Daniel Newman. — Futurum, 2017. 11 p. https://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/whitepaper2/futurum-digital-intelligence-transformation-109136.pdf.
- [23] **Городецкий, В.И.** Концептуальная модель цифровой платформы для кибер-физического управления современным предприятием. Часть 1. Цифровая платформа и цифровая экосистема / В.И. Городецкий, В.Б. Ларюхин, П.О. Скобелев // Мехатроника, автоматизация, управление. — Том 20, №6, 2019, с.323- 332.
- [24] **Городецкий, В.И.** Концептуальная модель цифровой платформы для кибер-физического управления современным предприятием. Часть 2. Цифровые сервисы / В.И. Городецкий, В.Б. Ларюхин, П.О. Скобелев // Мехатроника, автоматизация, управление. - Том 20, №7, 2019, с.387-397.
- [25] **Glaschenko, A.** Multi-Agent Real Time Scheduling System for Taxi Companies / A. Glaschenko, A. Ivaschenko, G. Rzevski, P. Skobelev // Proc. of 8th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2009), Decker, Sichman, Sierra, and Castelfranchi (eds.), May, 10–15, 2009, Budapest, Hungary, p.29-36. https://www.researchgate.net/publication/234163991_Multi-agent_real_time_scheduling_system_for_taxi_companies.
- [26] **Skobelev, P.** Multi-Agent Systems for Real Time Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling: Industrial Applications. In: Mařík V., Vrba P., Leitão P. (eds) Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing. HoloMAS 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6867. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23181-0_1.
- [27] **Rzevski, G.** Managing complexity / G. Rzevski, P. Skobelev // Wit Pr/Computational Mechanics. 2014. 216 p.
- [28] **Rzevski, G.** Self-Organization in Social Systems / G. Rzevski // Ontology of Designing, 4(14)/2014. P.8-17.

- [29] **Rzevski, G.** Managing aircraft lifecycle complexity / G. Rzevski, J. Knezevic, P. Skobelev, N. Borgest, O. Lakhin // International Journal of Design and Nature and Ecodynamics 2016. Vol.11. Issue 2. P.77-87.
- [30] **West, M.** A Framework for Assessing the Intelligence of Computer Systems/ Matthew West, Chris Angus, Bruce Ottmann // Manchester UK. PDT Europe 2003. P.33-43. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.203.3171&rep=rep1&type=pdf>.
- [31] Top Strategic Technology Trends for 2021 / Edited by Brian Burke, Research Vice President, Gartner. 2020. 13 p.
- [32] **Rzevski, G.** Emergent intelligence in large scale multi-agent systems / G. Rzevski, P. Skobelev // International Journal of Education and Information Technology, 2007, Volume 1, Issue 2, p.64-71. <https://www.naun.org/main/NAUN/educationinformation/eit-11.pdf>.
- [33] **Panetta, K.** Nonfungible tokens (NFTs), digital humans and physics-informed AI join the 25 technology profiles on this year's emerging technologies hype cycle / Kasey Panetta. August 23, 2021. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/3-themes-surface-in-the-2021-hype-cycle-for-emerging-technologies/>.
- [34] **Granichin, O.** Simultaneous perturbation stochastic approximation-based consensus for tracking under unknown-but-bounded disturbances / O. Granichin, V. Erofeeva, Y. Ivanskiy, Y. Jiang // IEEE Transactions on Automatic Control, Volume 66, Issue 8, August 2021, pp.3710–3717. DOI 10.1109/TAC.2020.3024169. <http://ieeexplore.ieee.org/document/9198090>.
- [35] **Amelin, K.** Emergent intelligence via self-organization in group of robotics devices / K. Amelin, O. Granichin, A. Sergeenko, Z.V. Volkovich // Mathematics, 2021, 9(12), 1314. <https://doi.org/10.3390/math9121314>.
- [36] **Скобелев, П.О.** Онтологии деятельности для ситуационного управления предприятиями в реальном времени / П.О. Скобелев // Онтология проектирования. 2012. №1. С.6-38.
- [37] **Скобелев, П.О.** Ситуационное управление и мультиагентные технологии: коллективный поиск согласованных решений в диалоге / П.О. Скобелев // Онтология проектирования. 2013. №2. С.26-48.
- [38] **Skobelev, P.O.** Multi-agent scheduling of communication sessions between microsatellites and ground stations network / P.O. Skobelev, A.B. Ivanov, E.V. Simonova, V.S. Travin, A.A. Jilyaev // Ontology of Designing, 2014. No2(12). P.92-100.
- [39] **Боргест, Н.М.** Онтология проектирования точного земледелия: состояние вопроса, пути решения / Н.М. Боргест, Д.В. Будаев, В.В. Травин // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №4(26). – С. 423-442. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-423-442.
- [40] **Боргест, Н.М.** Формирование и развитие научной дисциплины «онтология проектирования»: краткая история личностного опыта / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №4(38). – С.415-448. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-415-448.
- [41] Интеллектуальные агенты и многоагентные системы: Монография / М.Г. Пантелеев, Д.В. Пузанков; Минобрнауки РФ. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ, 2015. – 215 с.
- [42] **Gorodetsky, V.** Networks of Autonomous Real-Time Agents in Environments with Counteraction: Features and Components of the Model / V. Gorodetsky, M. Pantelev // Journal of Physics: Conference Series, 2021, Vol. 1864, 10 p.
- [43] **Lebedev, S.V.** Ontology-Driven Design and Development of Situation Assessment Software in Cyber-Physical Systems / S.V. Lebedev, M.G. Pantelev // In «Tools and Technologies for the Development of Cyber-Physical Systems». – IGI Global, 2020, p.51-76. <https://www.igi-global.com/chapter/ontology-driven-design-and-development-of-situation-assessment-software-in-cyber-physical-systems/248745>.
- [44] **Pantelev, M.G.** Advanced Iterative Action Planning for Intelligent Real-Time Agents / M.G. Pantelev // Procedia Computer Science, 2019, Vol. 150, p.244-252.
- [45] **Lebedev, S.** Ontology-Driven Situation Assessment System Design and Development in IoT Domains / S. Lebedev, M. Pantelev // Int. Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems (IJERTCS). 2017. Vol. 8. No. 1. Pp. 1-17.
- [46] **Sviatov, K.** Detection of Scenes Features for Path Following on a Local Map of a Mobile Robot Using Neural Networks / K. Sviatov, A. Miheev, Y. Lapshov, V. Shishkin, S. Sukhov // Studies in Systems, Decision and Control, 2021, 337, p.272–285.
- [47] **Чоракаев, О.Э.** Подход к балансировке мощностей авиационного завода на основе агентного моделирования / О.Э. Чоракаев, В.В. Шишкин, А.М. Карама, А.Н. Пирогов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 4-3 (84). С. 498-503.
- [48] **Ярушкина, Н.Г.** Моделирование процесса технологической подготовки производства на основе онтологического инжиниринга / Н.Г. Ярушкина, В.Н. Негода, Ю.П. Егоров, В.С. Мошкин, В.В. Шишкин, А.А. Романов, Е.Н. Эгов // Автоматизация процессов управления. 2017. № 4 (50). С. 94-100.
- [49] V.Marik, V.Gorodetsy, P.Skobelev. SYSTEM ENGINEERING VIEW ON MULTI-AGENT TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS:BARRIERS AND PROSPECTS. - CYBERNETICS AND PHYSICS, VOL. 9, NO. 1, 2020, 13–30.

- [50] The C-Suite Guide: Accelerate Digital for Future-Ready Business. Frameworks for composable tech, empowered customers and the future of work. Gartner. CM_CF_1289200. 2021. 13 p.
- [51] Accelerate Digital for Future-Ready Government. Frameworks for composable tech, empowered citizens and the future of work. Gartner. CTMKT_1316663. 2021. 16 p. <https://www.gartner.com/en/publications/accelerate-digital-for-future-ready-government>.

Сведения об авторах



Баринов Игорь Игнатьевич, 1961 г.р. Окончил Харьковское высшее военное командно-инженерное училище имени Маршала Советского Союза Крылова Н.И. (1983). Член Наблюдательного совета Ассоциации организаций и специалистов в сфере управления информационными технологиями «ИТ сервис-менеджмент форум», руководитель группы службы развития процессного управления и управления качеством Главного вычислительного центра ОАО «РЖД», преподаватель московской международной высшей школы бизнеса «МИРБИС». igorbar@yandex.ru.



Боргест Николай Михайлович, 1954 г.р. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва (1978), к.т.н. (1985). Профессор Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва, с.н.с. ИПУСС РАН. Член Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям, Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 200 работ. AuthorID (РИНЦ): 638887. Author ID (Scopus): 56566748500; ORCID: 0000-0003-2934-6198; Researcher ID (WoS): I-8689-2014. borgest@yandex.ru.



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. Author ID (РИНЦ): 17975; Author ID (Scopus): 7801624472; ORCID: 0000-0002-6849-9026; Researcher ID (WoS): R-4662-2016. borovik@iccs.ru



Граничин Олег Николаевич, 1961 г.р. Окончил Ленинградский государственный университет (1983), д.ф.-м.н. (2001), профессор Санкт-Петербургского государственного университета, член Академии навигации и управления движением, *Senior member of IEEE, member of AMS*. Член редколлегии журнала «Автоматика и телемеханика», ассоциированный редактор *IEEE Control System Society Conference Editorial Board*, редактор журнала «Cybernetics and Physics», редактор научного журнала «Стохастическая оптимизация в информатике». ORCID: 0000-0002-3631-7347, o.granichin@spbu.ru.



Грачев Сергей Павлович, 1970 г.р., генеральный директор ГК «Генезис знаний», аспирант Самарского государственного технического университета. Окончил Самарский государственный аэрокосмический университет по специальности «Прикладная математика и системы автоматизированного проектирования». Окончил *London Business School, London, UK* и преподавал управление проектами в Высшей школе экономики (Москва). Имеет 12 публикаций. AuthorID(РИНЦ): 672695. sg@kg.ru



Громыко Юрий Вячеславович, 1958 г.р. Окончил Ярославский государственный университет (1981), д.психолог.н. (1993), профессор Высшей школы управления и инноваций Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, профессор Британской школы социально-экономических исследований, Guest-professor Манчестерского университета, член Международного общества по социокультурным исследованиям теории деятельности (ISCAR), директор института им. Евгения Шифферса. AuthorID(РИНЦ): 100304. Author ID (Scopus): 56743198200. ORCID: 0000-0001-6173-6239. yugromyko@gmail.com.



Доронин Роман Иванович, 1970 г.р. Окончил Московский институт радиотехники электроники и автоматики (ЭВМ комплексы и сети), Московский институт управления (Коммерческое дело), Российский Университет Дружбы народов (МВА), Государственный Университет Гражданской авиации (Управление авиатранспортным предприятием). Начальник центра компетенции по цифровым системам специализированной компании Концерна «Уралвагонзавод». Награжден медалью ВДНХ СССР (1987) за разработку комплекса программного обеспечения. romandor@mail.ru.



Зинченко Сергей Николаевич, 1963 г.р. Окончил Харьковское высшее военное командно-инженерное училище ракетных войск им. Маршала Н.И. Крылова (1986) Инженер-математик. До 1992 года проходил службу в Вооруженных силах СССР и РФ. Занимался разработкой и сопровождением программных комплексов, информационных и экспертных систем. Прошел переподготовку в Финансовой академии при Правительстве РФ. Руководитель Партнерского центра ГК «Ростех» в инновационном центре «Сколково». sergeyandskolkovo@mail.ru.



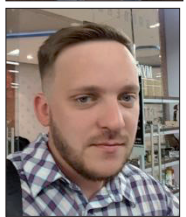
Иванов Антон Борисович, 1972 г.р. Окончил Московский инженерно-физический институт (1994), Калифорнийский технологический институт, кандидат наук (2000). В 1999 – 2007 работал в НАСА, Лаборатория реактивного движения, старший менеджер проектов. В 2007 – 2017 работал в Федеральной политехнической школе Лозанны (École polytechnique fédérale de Lausanne, EPFL). В 2017 по н.в. работает Сколковский институт науки и технологии (Сколтех), Директор космического центра, доцент. Author ID (Scopus): 7404526147. ORCID: 0000-0001-8376-8581. A.Ivanov2@skoltech.ru.



Кизеев Вениамин Михайлович, 1987 г.р. Окончил Томский политехнический университет (2009), к.э.н. (2020). Член правления Национальной ассоциации управления проектами «СОВНЕТ», член совета директоров компании WINbd, партнер стартап-студии «Открытые инновации», руководитель Совета по инновационной деятельности Ассоциации инженерного образования России. http://wiki.tpu.ru/wiki/Кизеев_Вениамин_Михайлович. AuthorID (РИНЦ): 822197. vkizeev@gmail.com.



Кунтлахметов Ринат Ильгизович, 1974 г.р. Директор по управлению знаниями СКО (Chief knowledge officer), Генеральный директор CEO (Chief executive officer) «АВС Консалтинг». Окончил Пермскую государственную фармацевтическую академию, специализация – Экономика и управление фармацией (2004), РЭА им. Г.В. Плеханова, специализация – Финансовый менеджмент организации (2008). Специалист в области управления проектами и анализа данных, автор методик бережливого производства и 15 публикаций в отраслевых изданиях. kri@avcc.ru.



Ларюхин Владимир Борисович, 1988 г.р. Окончил Факультет информационных систем и технологий Самарского государственного архитектурно-строительного университета. С января 2010 г. работает в компании «Разумные решения». Аспирант Самарского государственного технического университета. Направления научных разработок: управление проектами в реальном времени, создание программной платформы для построения систем управления ресурсами в реальном времени. Имеет список трудов из 28 наименований. Author ID (Scopus): 56241400900. vl@kg.ru.



Левашкин Сергей Павлович, 1960 г.р. Окончил Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова в 1983 г., к.ф.-м.н. (1990). В 1983 - 1990 гг. работал в КПИ. В 1990-2019 гг. работал в университетах и коммерческих кампаниях Москвы, Мексики, Канады и США (исследование и разработка интеллектуальных систем). Председатель 4-х изданий международной конференции по семантическому анализу геоданных. Заведующий научно-исследовательской лаборатории ИИ ПГУТИ. serge.levashkin@gmail.com.



Мочалкин Александр Николаевич, 1973 г.р., младший научный сотрудник Самарского государственного технического университета, Региональный учебно-научный центр по проблемам защиты информации региона среднего Поволжья (РУНЦ «Информационная безопасность»), генеральный директор ООО НПК «Сетевые платформы». В списке научных трудов 23 работ в области мультиагентных систем, группового управления и искусственного интеллекта. a-mochalkin@mail.ru.



Пантелеев Михаил Георгиевич, 1960 г.р. Окончил Пензенский политехнический институт (1982), к.т.н. (1988). Доцент кафедры вычислительной техники СПбГЭТУ «ЛЭТИ», руководитель лаборатории «Интеллектуальных технологий», в.н.с. АО «НИЦ СПбЭТУ». Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 100 работ в области искусственного интеллекта, интеллектуальных агентов, многоагентных систем, технологий семантического Web, онтологических систем. AuthorID (РИНЦ): 109779. mpanteleyev@gmail.com.



Попов Сергей Борисович, 1957 г.р., Окончил Куйбышевский авиационный институт имени академика С.П. Королёва в 1981 г., д.т.н., ведущий научный сотрудник ИСОИ РАН – филиала ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, профессор кафедры технической кибернетики Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва. AuthorID (РИНЦ): 123826. Author ID (Scopus): 35790504700; ORCID: 0000-0003-4995-0982; Researcher ID (WoS): A-6695-2017. sepo@ssau.ru.



Севастьянов Евгений Михайлович, 1978 г.р. Окончил Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева, факультет «Экономика и управление» (2002). В 2017-2018 годы главный эксперт ГК «Роскосмос» по компетенциям «Фрезерные работы на станках с ЧПУ», «Токарные работы на станках с ЧПУ» по международным стандартам сквозных рабочих профессий «World skills». В настоящее время первый заместитель главного инженера АО «РКЦ «Прогресс». e-tech-samara@mail.ru.



Скобелев Петр Олегович, 1960 г.р. Окончил Куйбышевский авиационный институт имени академика С.П. Королёва (1983), к.т.н. (1985), д.т.н. (2003). Член Российской ассоциации искусственного интеллекта, член оргкомитета ряда международных научных конференций по мультиагентным технологиям. Основатель и председатель совета директоров Группы компаний «Генезис знаний», зав. кафедры «ЭСИБ» СамГТУ, зав. лабораторией «Интеллектуальные системы» ИПУСС РАН. Лауреат губернской премии в области науки и техники. Со-Председатель Комитета по ИИ НОЦ «Инженерия будущего». petr.skobelev@gmail.com.



Чернявский Александр Григорьевич, 1952 г.р. Окончил Московский авиационный институт (1976), Почетный профессор Томского политехнического университета (2015), Почетный член Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (2018). Советник генерального директора РКК «Энергия» им. С.П. Королева. Автор более 120 научных публикаций, более 50 авторских свидетельств и патентов. AuthorID (РИНЦ): 866620, alexander.cherniavsky2012@yandex.ru.



Шишкин Вадим Викторович, 1959 г.р. Окончил Ульяновский политехнический институт (1984), к.т.н. (1991), доцент (1994). Директор Института авиационных технологий и управления, доцент Ульяновского государственного технического университета. Почетный работник сферы образования Российской Федерации. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов около 300 работ в области автоматизации проектирования, диагностики и ИИ. AuthorID (РИНЦ): 482217; Author ID (Scopus): 7005233697; ORCID: 0000-0001-8773-2164. shvv@ulstu.ru.



Шляев Сергей Иванович, 1956 г.р. Окончил Вольское высшее военное училище тыла (1977), Военную академию тыла и транспорта (1986), Военную академию Генерального штаба ВС РФ (1996), Российскую академию государственной службы при Президенте РФ (1997). Действительный государственный советник РФ 2 класса (2009). Заместитель генерального директора по стратегическому развитию ПАО «МАК «Вымпел». sshlyaev@yandex.ru.

Поступила в редакцию 23.08.2021, после рецензирования 10.09.2021. Принята к публикации 21.09.2021.

Development strategy formation of the Committee on Artificial Intelligence in the Scientific and Educational Center "Engineering of the Future"

I.I. Barinov¹, N.M. Borgest^{2,3}, S.Y. Borovik³, O.N. Granichin⁴, S.P. Grachev⁵,
Yu.V. Gromyko⁶, R.I. Doronin⁷, S.N. Zinchenko⁸, A.B. Ivanov⁹, V.M. Kizeev¹⁰,
R.I. Kutlakhmetov¹¹, V.B. Laryukhin¹², S.P. Levashkin¹³, A.N. Mochalkin¹⁴,
M.G. Panteleev¹⁵, S.B. Popov², E.M. Sevastyanov¹⁶, P.O. Skobelev^{3,17}, A.G. Chernyavsky¹⁸,
V.V. Shishkin¹⁹, S.I. Shlyayev²⁰

¹ Main computing center of JSC "Russian Railways", Moscow, Russia

² Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russia

³ Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute for the Control of Complex Systems RAS, Samara, Russia

⁴ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

⁵ NJS "Group of Companies" Genesis Knowledge", Samara, Russia

⁶ Institute of advanced studies in the name of Eugene Schiffers, Moscow, Russia

⁷ JSC "Scientific and Production Corporation" Uralvagonzavod", Nizhny Tagil, Russia

⁸ Partner center of the State Corporation "Rostec" in the innovation center "Skolkovo", Moscow, Russia

⁹ Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

¹⁰ WinBD - a consulting company for the development of technology entrepreneurship, Moscow, Russia

¹¹ "AVC Consulting", Moscow, Russia

¹² LLC NPK "Reasonable Solutions", Samara, Russia

¹³ Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

¹⁴ LLC NPK Network-centric Platforms, Samara, Russia

¹⁵ St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia

¹⁶ JSC Rocket and Space Center Progress, Samara, Russia

¹⁷ Samara State Technical University, Samara, Russia

¹⁸ S. P. Korolev Rocket and Space Corporation "Energia", Moscow, Russia

¹⁹ Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

²⁰ Interstate Joint Stock Corporation "Vympel", Moscow, Russia

Abstract

The Scientific and Educational Center "Engineering of the Future", created on the basis of the Institute of Regional Development of the Samara Region, has formed a number of important sectoral and subject committees, in which it is planned to develop breakthrough technologies in high-tech industries. The Committee on Artificial Intelligence, organized within the framework of the SEC "Engineering of the Future", forms its development strategy. The article outlines the vision for the prospects of such a strategy of the project team, consisting of specialists from universities, academia, design organizations, commercial companies and startups. The key in the proposed strategy is emergent artificial intelligence - it is a spontaneously arising, under the influence of external events or from internal causes or motives, a chain of coordinated state changes by agents who find a solution to a new problem or increase the value of an existing solution. The authors believe that the construction of emergent artificial intelligence is based on multi-agent technologies and ontologies of subject areas. The article formulates the main tasks of the Committee for the coming years and presents a technological project. The project includes the creation of mass production of intelligent resource management systems, personalized by creating digital twins of enterprise management processes, knowledge bases and multi-agent technologies. The essence of the proposed project, reflecting the important priorities of industrial partners, is to create a line of intelligent products and services for all stages of the life cycle of complex high-tech products and build a "factory" of such systems in the form of an open instrumental platform that will allow these enterprises to reduce dependence on the solution provider and on their own develop and modernize such systems. The principles of the Committee's work were proposed, its first potential projects and planned cooperation on these projects to achieve the first practical results were considered.

Key words: artificial intelligence, emergent intelligence, strategy, research and education center, multi-agent technologies, ontology, digital ecosystems, resource management, decision making, efficiency.

Citation: Barinov II, Borgest NM, Borovik SYu, Granichin ON, Grachev SP, Gromyko YuV, Doronin RI, Zinchenko SN, Ivanov AB, Kizeev VM, Kutlakhmetov RI, Laryukhin VB, Levashkin SP, Mochalkin AN, Panteleev MG, Popov SB, Sevastyanov EM, Skobelev PO, Chernyavsky AG, Shishkin VV, Shlyayev SI. Development strategy formation of the Committee on Artificial Intelligence in the Scientific and Educational Center "Engineering of the Future" [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2021; 11(3): 260-293. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-260-293.

Acknowledgment: Authors express their thanks to academician of RAS and president of Samara university V.A. Soifer and D.V. Sanator, head of Center of strategic initiatives "Nord-East" and deputy director of Association of Industrial Artificial Intelligence.

The work of the SPbSU team was carried out with partial support from the Saint Petersburg State University, project no.73555239; the work of the SamSTU team was partially supported by the RFBR grant no.20-37-90052.

List of tables

Table 1 - Industrial partners and projects for the development of the digital EI ecosystem

Table 2 - Participants of scientific and technical cooperation on EI projects

References

- [1] **Glushkov VM.** Fundamentals of Paperless Informatics. Ed. 2nd, rev. Moscow: Science. 1987. 552 p.
- [2] White Paper. On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust. European Commission. Brussels, 19.2.2020. COM(2020) 65 final. 27 p. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf.
- [3] Public consultation on the AI White Paper. Final report. European Commission. November 2020. 17 p. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/white-paper-artificial-intelligence-public-consultation-towards-european-approach-excellence-and>.
- [4] Excellence and Trust in AI — Brochure. Shaping Europe's digital future. European Commission. Publication 23 February 2021. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/excellence-and-trust-ai-brochure>.
- [5] **Abdoulleev A.** Reality, Universal Ontology and Knowledge Systems: Toward the Intelligent World. EIS Encyclopedic Intelligent Systems, Incorporated, 2008. 346 p.
- [6] **Abdoulleev A.** The Real-World AI: the matter of life or death. European AI Alliance. 17 August 2021. <https://futurium.ec.europa.eu/en/european-ai-alliance/posts/real-world-ai-matter-life-or-death>.
- [7] **Cellan-Jones R.** Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind. *BBC News*, Tech. 2 December 2014. <https://www.bbc.com/news/technology-30290540>.
- [8] **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.
- [9] On approval of the Rules for the provision of subsidies from the federal budget to the federal state budgetary institution "Fund for Assistance to the Development of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical Sphere" for grant support of small enterprises for the development, application and commercialization of products, services and (or) solutions using artificial intelligence technologies, developers of open libraries in the field of artificial intelligence, acceleration of projects using artificial intelligence [In Russian]. Decree of the Government of the Russian Federation of March 27, 2021 No.456. 14 p.
- [10] On the approval of the Rules for the provision of subsidies from the federal budget to support a non-profit organization Fund for the Development of the Center for the Development and Commercialization of New Technologies of Pilot Projects for Testing Artificial Intelligence Technologies in Priority Industries [In Russian]. Resolution of the Government of the Russian Federation No.767 May 21, 2021. 23 p.
- [11] On the approval of the Rules for the provision of grants in the form of subsidies from the federal budget to organizations for the development of bachelor's and master's programs in the "artificial intelligence" profile, as well as for advanced training of teachers of educational institutions of higher education in the field of artificial intelligence [In Russian]. Resolution of the Government of the Russian Federation from May 27, 2021 No.798. 22 p.
- [12] On the approval of the Rules for the provision of subsidies from the federal budget for state support of the autonomous non-profit organization "Analytical Center for the Government of the Russian Federation" in order to support research centers in the field of artificial intelligence, including in the field of "strong" artificial intelligence, systems of trusted artificial intelligence and ethical aspects of the use of artificial intelligence [In Russian]. Resolution of the Government of the Russian Federation of July 5, 2021 No. 1120. 35 p.

- [13] **Averkin AN, Gaase-Rapoport MG, Pospelov DA.** Explanatory Dictionary of Artificial Intelligence [In Russian]. Moscow: Radio and communication, 1992. 256 p. <http://www.raai.org/library/tolk/aivoc.html#L208>.
- [14] **Gromyko YuV, Rubtsov VV.** The digital platform of the School of the Future: The digital-cognitive approach as opposed to the digital-algorithmic simplification of education. Designing the future. Problems of digital reality: proceedings of the 4th International Conference (February 4-5, 2021, Moscow). Moscow: IPM im. M.V. Keldysh, 2021. P.238-259. <https://keldysh.ru/future/2021/21.pdf>; DOI: 10.20948/future-2021-21.
- [15] **Soifer VA.** Human fActor [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2020; 11(1): 8-19. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-8-19.
- [16] **Skobelev PO, Borovik SYu.** On the way from Industry 4.0 to Industry 5.0: From digital manufacturing to digital society. *International Scientific Journals Industry 4.0*. 2017; 2(6): 307-311.
- [17] **Vittich VA.** Introduction to the theory of intersubjective control. Samara: Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2013. 64 p.
- [18] **Gil Y, Selman B.** A 20-Year Community Roadmap for Artificial Intelligence Research in the US. Computing Community Consortium (CCC) and Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI). Released August 6, 2019. arXiv:1908.02624 <https://cra.org/ccf/resources/workshop-reports/>.
- [19] Digital platforms. Approaches to definition and typing [In Russian]. Rostelecom. Data Economy Russia 2024. - http://files.data-economy.ru/digital_platforms.pdf.
- [20] Digital platforms. Methodologies. Application in business: Collective monograph [In Russian]. Under total. ed. B.B. Slavina, E.P. Zaramenskikh, N. Mehandzhieva. Moscow: Prometheus, 2019. 228 p.
- [21] **Popov SB, Khripunov PV.** Integration of information systems into digital platforms for the provision of social services to the population [In Russian]. Proceedings of ITNT-2019: V international. conf. and youth. shk. "Information technology and nanotechnology": in 4 volumes. - Samara: New technology, 2019 - Vol. 4: Data science. - 2019. - S.1020-1031.
- [22] **Newman D.** Digital Intelligence: The Heart of Successful Digital Transformation. Futurum, 2017. 11 p. https://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/whitepaper2/futurum-digital-intelligence-transformation-109136.pdf.
- [23] **Gorodetsky VI, Laryukhin VB, Skobelev PO.** Conceptual model of a digital platform for cyber-physical management of a modern enterprise. Part 1. Digital platform and digital ecosystem [In Russian]. *Mechatronics, automation, control*. 2019; 20(6): 323- 332.
- [24] **Gorodetsky VI, Laryukhin VB, Skobelev PO.** Conceptual model of a digital platform for cyber-physical management of a modern enterprise. Part 2. Digital services [In Russian]. *Mechatronics, automation, control*. 2019; 20(7): 387-397.
- [25] **Glaschenko A, Ivaschenko A, Rzevski G, Skobelev P.** Multi-Agent Real Time Scheduling System for Taxi Companies. Proc. of 8th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2009), Decker, Sichman, Sierra, and Castelfranchi (eds.), May, 10–15, 2009, Budapest, Hungary, p.29-36. https://www.researchgate.net/publication/234163991_Multi-agent_real_time_scheduling_system_for_taxi_companies.
- [26] **Skobelev P.** Multi-Agent Systems for Real Time Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling: Industrial Applications. In: Mařík V., Vrba P., Leitão P. (eds) *Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing*. HoloMAS 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6867. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23181-0_1.
- [27] **Rzevski G, Skobelev P.** Managing complexity. *Wit Pr/Computational Mechanics*. 2014. 216 p.
- [28] **Rzevski G.** Self-Organization in Social Systems. *Ontology of Designing*, 2014: 4(14): 8-17.
- [29] **Rzevski G, Knezevic J, Skobelev P, Borgest N, Lakhin O.** Managing aircraft lifecycle complexity. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*. 2016; 11(2): 77-87.
- [30] **West, M. Angus C, Ottmann B.** A Framework for Assessing the Intelligence of Computer Systems. Manchester UK. PDT Europe 2003: 33-43.
- [31] Top Strategic Technology Trends for 2021. Edited by Brian Burke, Research Vice President, Gartner. 2020. 13 p.
- [32] **Rzevski G, Skobelev P.** Emergent intelligence in large scale multi-agent systems. *International Journal of Education and Information Technology*, 2007; 1(2): 64-71. <https://www.naun.org/main/NAUN/educationinformation/eit-11.pdf>.
- [33] **Panetta K.** Nonfungible tokens (NFTs), digital humans and physics-informed AI join the 25 technology profiles on this year's emerging technologies hype cycle. August 23, 2021. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/3-themes-surface-in-the-2021-hype-cycle-for-emerging-technologies/>.
- [34] **Granichin O, Erofeeva V, Ivanskiy Y, Jiang Y.** Simultaneous perturbation stochastic approximation-based consensus for tracking under unknown-but-bounded disturbances. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2021; 66(8): 3710–3717. DOI 10.1109/TAC.2020.3024169. <http://ieeexplore.ieee.org/document/9198090>.

- [35] **Amelin K, Granichin O, Sergeenko A, Volkovich ZV.** Emergent intelligence via self-organization in group of robotics devices. *Mathematics*, 2021; 9(12), 1314. <https://doi.org/10.3390/math9121314>.
- [36] **Skobelev PO.** Activity ontologies for situational enterprise management in real time [In Russian]. *Ontology of designing*. 2012; 1: 6-38.
- [37] **Skobelev PO.** Situational management and multi-agent technologies: collective search for coordinated solutions in dialogue [In Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 2: 26-48.
- [38] **Skobelev PO, Ivanov AB, Simonova EV, Travin VS, Jilyaev AA.** Multi-agent scheduling of communication sessions between microsatellites and ground stations network. *Ontology of Designing*, 2014; 2: 92-100.
- [39] **Borgest NM, Budaev DV, Travin VV.** Ontology of precision agriculture design: problem state, solution approaches [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(4): 423-442. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-423-442.
- [40] **Borgest NM.** Formation and development of Ontology of designing as a scientific discipline: a brief history of personal experience [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(4): 415-448. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-415-448.
- [41] Intellectual agents and multi-agent systems: Monograph / M.G. Panteleev, D.V. Puzankov; Ministry of Education and Science of the Russian Federation. SPb: Publishing house of SPbSETU, 2015. 215 p.
- [42] **Gorodetsky V, Panteleev M.** Networks of Autonomous Real-Time Agents in Environments with Counteraction: Features and Components of the Model. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021; 1864: 10 p.
- [43] **Lebedev SV, Panteleev MG.** Ontology-Driven Design and Development of Situation Assessment Software in Cyber-Physical Systems. In «Tools and Technologies for the Development of Cyber-Physical Systems». IGI Global, 2020: 51-76. <https://www.igi-global.com/chapter/ontology-driven-design-and-development-of-situation-assessment-software-in-cyber-physical-systems/248745>.
- [44] **Panteleyev MG.** Advanced Iterative Action Planning for Intelligent Real-Time Agents. *Proc. Computer Science*, 2019; 150: 244-252.
- [45] **Lebedev S, Panteleyev M.** Ontology-Driven Situation Assessment System Design and Development in IoT Domains. *Int. Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems (IJERTCS)*. 2017; 8(1): 1-17.
- [46] **Sviatov K, Miheev A, Lapshov Y, Shishkin V, Sukhov S.** Detection of Scenes Features for Path Following on a Local Map of a Mobile Robot Using Neural Networks - Studies in Systems, Decision and Control, 2021; 337: 272-285.
- [47] **Chorakaev OE, Shishkin VV, Karama AM, Pirogov AN.** An approach to balancing the capacities of an aircraft plant based on agent-based modeling [In Russian]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018; 20(4-3): 498-503.
- [48] **Yarushkina NG, Negoda VN, Egorov YuP, Moshkin VS, Shishkin VV, Romanov AA, Egov EN.** Modeling the process of technological preparation of production based on ontological engineering [In Russian]. *Automation of control processes*. 2017; 4(50): 94-100.
- [49] **Marik V, Gorodetsy V, Skobelev P.** System engineering view on multi-agent technology for industrial applications: barriers and prospects. *Cybernetics and Physics*, 2020; 9(1): 13-30.
- [50] The C-Suite Guide: Accelerate Digital for Future-Ready Business. Frameworks for composable tech, empowered customers and the future of work. Gartner. CM_CF_1289200. 2021. 13 p.
- [51] Accelerate Digital for Future-Ready Government. Frameworks for composable tech, empowered citizens and the future of work. Gartner. CTMKT_1316663. 2021. 16 p. <https://www.gartner.com/en/publications/accelerate-digital-for-future-ready-government>.

About the authors

Igor Ignatievich Barinov (b. 1961) graduated from the Kharkov Higher Military Command and Engineering School named after Marshal of the Soviet Union N.I. Krylov (1983). A member of the Supervisory Board of the Association of Organizations and Specialists in Information Technology Management "IT Service Management Forum", the head of the process management and quality management development service group at the Main Computing Center of Russian Railways, a lecturer at the Moscow International Higher Business School "MIRBIS". igorbar@yandex.ru.

Nikolay Mikhailovich Borgest (b.1954) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after academician S.P. Korolev (Kuibyshev-city) in 1978, PhD (1985). He is a Professor at Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, and a Senior Research worker at ICCS RAS. He is a member of the International Association for Ontology and its Applications, a member of the Russian Association of Artificial Intelligence, a co-author of more than 200 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI. AuthorID (RCI): 638887. Author ID (Scopus): 56566748500; ORCID: 0000-0003-2934-6198; Researcher ID (WoS): I-8689-2014. borgest@yandex.ru.

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. He is a member of Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). He is a co-author of more than 180 scientific publications. Author ID (RSCI): 17975; Author ID (Scopus): 7801624472; ORCID: 0000-0002-6849-9026; Researcher ID (WoS): R-4662-2016. borovik@iccs.ru.

Oleg Nikolaevich Granichin (b. 1961) graduated from Leningrad State University (1983), Doctor of Physical and Mathematical Sciences (2001), Professor of St. Petersburg State University, a member of the Academy of Navigation and Traffic Control, a Senior member of IEEE, a member of AMS, a member of the editorial board of the journal "Automation and Telemekhanics", associate editor of the IEEE Control System Society Conference Editorial Board, editor of the journal "Cybernetics and Physics", editor of the scientific journal "Stochastic Optimization in Informatics". ORCID: 0000-0002-3631-7347. o.granichin@spbu.ru.

Oleg Nikolaevich Grachev (b. 1970) is General Director of the Genesis of Knowledge Group of Companies, post-graduate student of the Samara State Technical University. Graduated from Samara State Aerospace University with a degree in Applied Mathematics and Computer-Aided Design Systems. Graduated from London Business School, London, UK and taught project management at the Higher School of Economics (Moscow). He has 12 publications. AuthorID (RSCI): 672695. sg@kg.ru.

Yuri Vyacheslavovich Gromyko (b. 1958) graduated from Yaroslavl State University (1981), Doctor of Psychology. (1993), a professor of the Graduate School of Management and Innovation of the M.V. Lomonosov Moscow State University, a professor at the British School of Social and Economic Research, a Guest-professor at the University of Manchester, a member of the International Society ISCAR, director of Schiffers Institute. AuthorID (RSCI): 100304. Author ID (Scopus): 56743198200. ORCID: 0000-0001-6173-6239. yugromyko@gmail.com.

Roman Ivanovich Doronin (b. 1970) graduated from the Moscow Institute of Radio Engineering, Electronics and Automation (Computer Complexes and Networks), Moscow Institute of Management (Commercial Business), Peoples' Friendship University of Russia (MBA), State University of Civil Aviation (Air Transport Enterprise Management). Head of the Competence Center for Digital Systems of the specialized company Uralvagonzavod Concern. Awarded the medal of the All-Union Exhibition of Economic Achievements of the USSR (1987) for the development of a software package. romandor@mail.ru.

Sergey Nikolaevich Zinchenko (b. 1963) graduated from the Kharkov Higher Military Command and Engineering School of the Rocket Forces named after N.I. Krylov (1986), Engineer-mathematician. Until 1992, he served in the Armed Forces of the USSR and the Russian Federation. He was engaged in the development and maintenance of software systems, information and expert systems. He underwent retraining at the Financial Academy under the Government of the Russian Federation. He is the head of the Partner Center of the Rostec Group of Companies in the Skolkovo Innovation Center. sergeyandsolkovo@mail.ru.

Anton Borisovich Ivanov (b. 1972) graduated from the Moscow Engineering Physics Institute (1994), the California Institute of Technology, Ph.D. (2000). In 1999 - 2007 he worked at NASA, Jet Propulsion Laboratory, senior project manager. In 2007 - 2017 he worked at the École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), from 2017 to the present the Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), Director of the Space Center, Associate Professor works. Author ID (Scopus): 7404526147. ORCID: 0000-0001-8376-8581. A.Ivanov2@skoltech.ru.

Veniamin Mikhailovich Kizeev (b. 1987) graduated from Tomsk Polytechnic University (2009), Ph.D. (2020). A member of the Board of the National Association for Project Management "SOVNET", a member of the Board of Directors of WINbd, partner of the start-up studio "Open Innovations", the Head of the Council for Innovation Activities of the Association for Engineering Education of Russia. AuthorID (RSCI): 822197. vkizeev@gmail.com.

Rinat Ilgizovich Kutlakhmetov (b. 1974) Director of Knowledge Management CKO (Chief knowledge officer), General Director of CEO (Chief executive officer) of AVC Consulting. Graduated from the Perm State Pharmaceutical Academy, specialization - Economics and Pharmacy Management (2004), REA im. G.V. Plekhanov, specialization - Financial management of the organization (2008). An expert in project management and data analysis, the author of lean manufacturing techniques and 15 publications in industry publications. kri@avcc.ru.

Vladimir Borisovich Laryukhin (b. 1988) graduated from the Faculty of Information Systems and Technologies of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering. Since January 2010, he has been working for Reasonable Solutions. Post-graduate student of the Samara State Technical University. Areas of scientific development: project management in real time, creation of a software platform for building resource management systems in real time. He has a list of works of 28 titles. Author ID (Scopus): 56241400900. vl@kg.ru.

Sergei Pavlovich Levashkin, (b. 1960) graduated from the Moscow State University named after M.V. Lomonosov in 1983, Ph.D. (1990). 1983 - 1990 worked at KPTI. In 1990-2019. worked in universities and commercial campaigns in

Moscow, Mexico, Canada and the USA (research and development of intelligent systems). Chairman of 4 editions of the international conference on the semantic analysis of geodata. Head of the Research Laboratory of II PSUTU. serge.levashkin@gmail.com.

Alexander Nikolaevich Mochalkin (b. 1973), Junior Researcher at Samara State Technical University, General Director of LLC NPK Network Center Platforms. The list of scientific papers includes 23 papers in the field of multi-agent systems, group control and AI. a-mochalkin@mail.ru.

Mikhail Georgievich Panteleev (b. 1960) graduated from the Penza Polytechnic Institute (1982), Ph.D. (1988). Associate Professor of the Department of Computer Science, ETU "LETI", Head of the Laboratory "Intelligent Technologies", Leading Researcher JSC "SIC SPbETU". A member of the Russian Association for Artificial Intelligence. The list of scientific works includes more than 100 works in the field of artificial intelligence, intelligent agents, multi-agent systems, semantic Web technologies, ontological systems. AuthorID (RSCI): 109779. mpanteleyev@gmail.com.

Sergey Borisovich Popov (b. 1957) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after academician S.P. Korolev in 1981, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher of the Institute of Sociology of the Russian Academy of Sciences - branch of the Federal Research Center "Crystallography and Photonics" of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Technical Cybernetics of the Samara National Research University named after academician S.P. Korolev. AuthorID (RSCI): 123826. Author ID (Scopus): 35790504700; ORCID: 0000-0003-4995-0982; Researcher ID (WoS): A-6695-2017. sepo@ssau.ru.

Evgeny Mikhailovich Sevastyanov (b. 1978) graduated from the Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev, Faculty of Economics and Management (2002). In 2017-2018, the chief expert of Roscosmos State Corporation in the competencies "Milling work on CNC machines", "Turning work on CNC machines" according to international standards of cross-cutting working professions "World skills". At present he is the First Deputy Chief Engineer of JSC "RCC" Progress". e-tech-samara@mail.ru.

Petr Olegovich Skobelev (b. 1960) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after academician S.P. Korolev (1983), Ph.D. (1985), D.Sc. (2003). A member of the Russian Association for Artificial Intelligence, a member of the organizing committee of several international scientific conferences on multi-agent technologies. Founder and Chairman of the Board of Directors of the Genesis Knowledge Group of Companies, Head. department "ESIB" SamSTU, head of the laboratory "Intelligent systems" IPUSS RAS. Laureate of the Samara Region prize in science and technology. Chairman of AI Committee of S&E Center "Engineering of Future". petr.skobelev@gmail.com.

Alexander Grigorievich Chernyavsky (b. 1952) graduated from the Moscow Aviation Institute (1976), Honorary Professor of Tomsk Polytechnic University (2015), Honorary Member of the Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky (2018). Advisor to the General Director of RSC Energia named after S.P. Korolev. Author of over 120 scientific publications, over 50 copyright certificates and patents. AuthorID (RSCI): 866620, alexander.cherniavsky2012@yandex.ru.

Vadim Viktorinovich Shishkin (b. 1959) graduated from the Ulyanovsk Polytechnic Institute (1984), Ph.D. (1991), associate professor (1994). Director of the Institute of Aviation Technologies and Management, Associate Professor of the Ulyanovsk State Technical University. Honorary Worker of the Education Sphere of the Russian Federation. Member of the Russian Association for Artificial Intelligence. The list of scientific papers includes about 300 papers in the field of design automation, diagnostics and AI. AuthorID (RSCI): 482217; Author ID (Scopus): 7005233697; ORCID: 0000-0001-8773-2164. shvv@ulstu.ru.

Sergei Ivanovich Shlyayev (b. 1956) graduated from the Volsk Higher Military School of Logistics (1977), the Military Academy of Logistics and Transport (1986), the Military Academy of the General Staff of the Armed Forces of the Russian Federation (1996), the Russian Academy of State Service under the President of the Russian Federation (1997). Active State Councilor of the Russian Federation, 2nd class (2009). Deputy General Director for Strategic Development of PJSC MAK «Vympel». sshlyayev@yandex.ru.

Received August 23, 2021. Revised September 10, 2021. Accepted September 21, 2021.

Взгляд на формализацию смысла с позиций трансдисциплинарного подхода

А.М. Фаянс

Институт проблем управления Российской академии наук имени В.А. Трапезникова (ИПУ РАН), Москва, Россия

Аннотация

Возможность оперирования знаниями основана на использовании соответствующих понятий, их обозначений и описаний. Последние, представленные в кратком виде, суть определения, адекватно отражающие вложенный в эти знания смысл, и особенности которых во многом определяют дальнейшие логические построения. Традиционно описания строятся на основе понятий, относящихся к признакам и связям, присущих объекту внимания. В литературе предложено описание понятий в рамках контекстно-смысловой парадигмы. В статье предпринята попытка рассмотреть не только известные, а все потенциально возможные пути формирования адекватного описания смыслового содержания понятий, используя предложенный в ИПУ РАН вариант трансдисциплинарного подхода. Этот вариант предусматривает выявление и систематизацию знаний в рамках целостного построения. Процедура формирования описания, раскрывающего смысл знания, рассматривается как метод решения соответствующей задачи. Описаны логические процедуры, устанавливающие происхождение понятий, позволяющие указать их место в целостном построении, определить достижимые границы формализации при формировании искомых описаний и, следовательно, потенциальные возможности реализуемости сильного искусственного интеллекта.

Ключевые слова: понятие, смысл, формализация, трансдисциплинарный подход, искусственный интеллект.

Цитирование: Фаянс, А.М. Взгляд на формализацию смысла с позиций трансдисциплинарного подхода / А.М. Фаянс // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №3(41). – С.294-308. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-294-308.

«Смотри в корень!»

Козьма Прутков. *Плоды раздумья*

Введение

Взрывная компьютеризация деятельности вызвала к жизни системы искусственного интеллекта (ИИ – *Artificial intelligence*), имитирующие человеческий интеллект, но обладающие при этом практически неограниченным объёмом располагаемых ресурсов памяти и скорости обработки данных. В связи с этим возник вопрос о возможности создания систем сильного (общего) искусственного интеллекта (СИИ – *Artificial general intelligence*) [1], претендующих на то, чтобы быть человекоподобными, обладая возможностью, «начав с нуля, начать ориентироваться в ситуациях, подобно тому, как это способен делать человек и, желательно, не хуже человека» [2]. В качестве критерия качества реализации такой возможности предлагается использовать тест Тьюринга, сформулированный в 1950 году [3], суть которого состоит в оценке возможности человеку определить, с кем он ведёт диалог – с компьютером или с другим человеком.

В настоящее время уже создано множество систем, имитирующих человеческий интеллект в различных областях с помощью алгоритмических процедур обработки больших объёмов данных, накопленных в результате деятельности человека, в частности, с использованием процедур построения нейросетей. Но вопрос о реализуемости СИИ по-прежнему остаётся актуальным. Как справедливо указано в [2], чтобы обладать способностью начинать «с ну-

ля», СИИ должен уметь самостоятельно формировать понятия и, более того, иметь возможность соотносить их с понятиями, которыми пользуется человек.

В статье [2], отражающей взгляд на понятия с позиций психологии, указывается на первичность внутренних понятий как отражения внутренних скрытых процессов мозга, в том числе и процессов «детектирования» объектов внимания (далее объектов), происходящих под воздействием опытной информации, получаемой из окружающего мира, и позволяющих человеку адекватно отделять одни явления от прочих. Потребность в общении приводит к появлению слов, которые выступают в роли «направляющих», стимулирующих возникновение внутренних понятий у другого человека, в том числе и понятий, не имеющих прямого отражения в опыте этого человека. Отмечена присущая человеку имплицитность внутренних понятий, т.е. отсутствие возможности определить принципы, по которым это понятие формируется. В результате осознания и осмысления содержания внутреннего понятия проявляется эксплицитность понятий. Сократ полагал, что истинно только выстраданное знание [4]. Можно ли сформулировать основания для утверждения об истинности или ложности этого высказывания? И что такое «выстраданное» знание? Ведь такое понятие, как «страдание» неприменимо к искусственно созданным системам, в том числе и к СИИ.

Поднимая вопрос о формализации смысла, необходимо определить, что же такое «формализация», и что же такое «смысл». Построение любой искусственной системы (в том числе СИИ) требует наличия формализованного описания. Интуитивно понятно, что означает такое требование, но можно ли однозначно указать, что это такое? Так, в редакторском замечании к [2] указано, что термин «формализация» в Словаре Кембриджа демонстрируется только через примеры¹, а в английском словаре-тезаурусе² этому термину ставится в соответствие множество его синонимов; там же³ формализация толкуется как акт формирования формул, причём в ряде случаев допускается идентичность результата формализации с понятием «смысл». Упоминание о «ряде случаев» требует указания условий, при которых эти понятия становятся идентичными.

В результате можно констатировать, что подход к понятиям, смыслу понятий и формализации смысла с позиций психологии не позволяет дать полный ответ на поставленные вопросы. Вместе с тем без рассмотрения базового уровня представления знаний, каковыми являются знания о понятиях и возможностях их формализации, невозможно ответить на вопрос о реализуемости систем СИИ [2].

Целью данной статьи является попытка найти ответы на возникшие вопросы, используя предложенный в ИПУ РАН вариант трансдисциплинарного подхода (далее Подхода). Статья является откликом автора на призыв редакции журнала «Онтология проектирования» к активному обсуждению темы формализации смысла.

1 Подход. Основные этапы

Возможно ли построение *целостной мировоззренческой, логически прозрачной* картины, в рамки которой укладываются все теоретически возможные проявления мира, включающего в себя, как частный случай, человека и его окружение и какова должна быть процедура построения такой картины? В ИПУ РАН на этот вопрос дан положительный ответ и разработан конструктивный вариант индуктивно-дедуктивного подхода, который рассматривает построение такой картины как результат решения соответствующей задачи. Первоначально разрабатываемый Подход ограничивался только выявлением и систематизацией методов решения

¹ <https://dictionaries.cambridge.org/dictionary/english/formalization>

² <https://thesaurusa.plus/>

³ https://thesaurusa.plus/related/formalization/statement_of_meaning

определённых задач, но затем он был расширен. Применение Подхода к онтологии видов задач и методов их решения было представлено в виде четырёх основных этапов [5], а выявление и систематизация общих методов решения любых задач, схематично представлено на рисунке 1. Эти методы носят базовый характер, порождая путём их комбинирования множество возможных методов решения разнообразных задач.

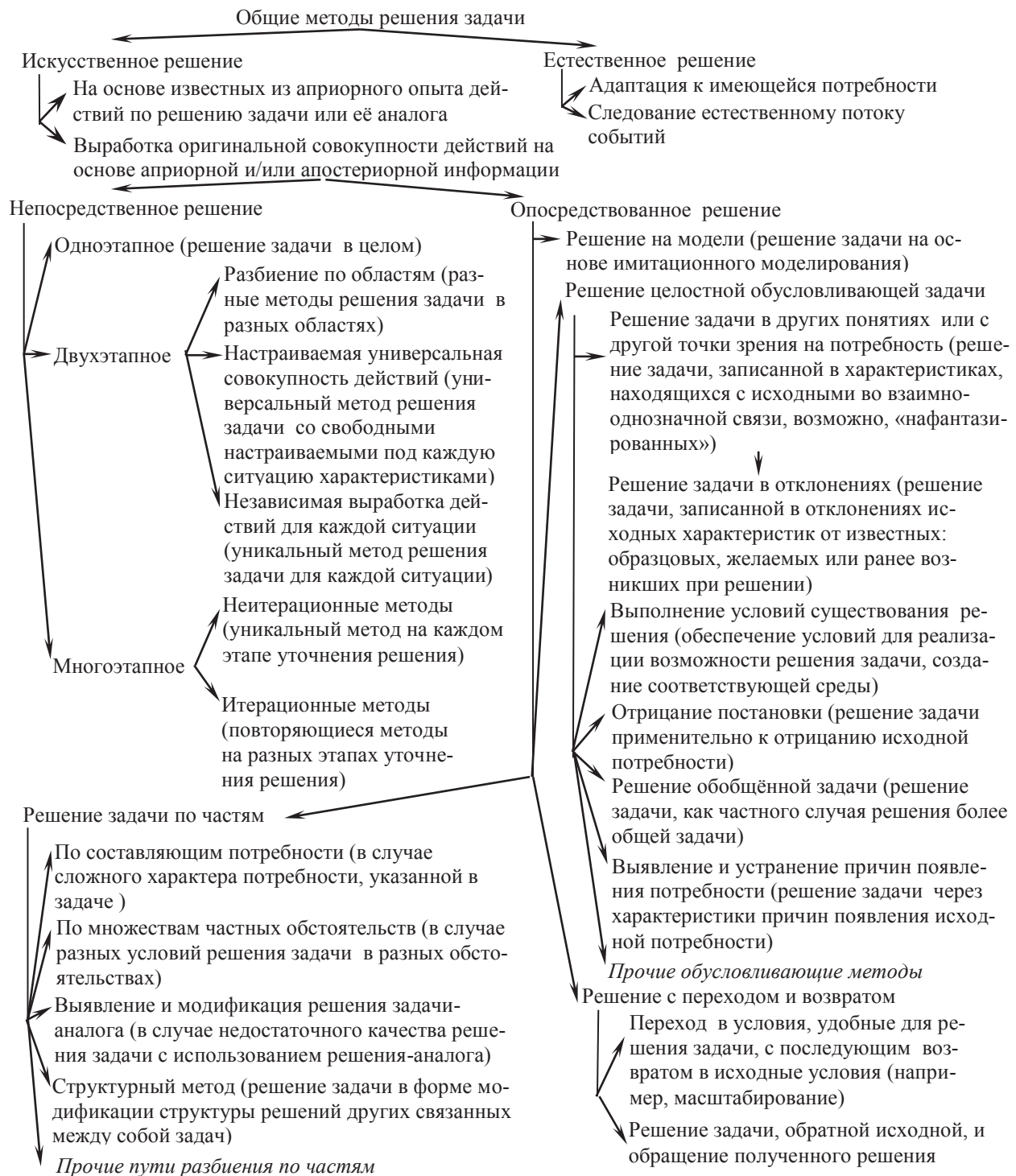


Рисунок 1 - Общие методы решения любых задач

Применение Подхода к решению разнообразных задач позволило составить перечень ключевых задач: получение первичной информации, преобразование, сравнение, использование, воздействие, обнаружение, контроль, познание, обозначение, сохранение/извлечение, группировка/разбиение, выбор (поиск/запрос), комбинирование, опознание, описание, сбор информации, выработка метода решения, формирование средств реализации метода, организация функционирования средств метода, распределение действий по решению задачи, выполнение действий метода, анализ результатов решения задачи, обеспечение появления единичного, исчезновение единичного и обеспечение существования единичного.

2 Применение Подхода к задаче формализации смысла понятия

2.1 Первый этап – выявление сути термина «понятие»

Новейший философский словарь определяет понятие, как «форму мысли, обобщенно отражающей предметы и явления посредством фиксации их существенных свойств» [6], тем самым относя понятие не только к человеку, но и к любому мыслящему, способному к обобщениям субъекту. Философская энциклопедия [7] даёт следующее толкование: «общее имя с относительно ясным содержанием и сравнительно чётко описанным объёмом». Толковый словарь Ушакова [8] характеризует понятие: «а) как логически расчленённую общую мысль о предмете, включающую ряд взаимосвязанных признаков (научн.) и б) единичное представление о чём-либо, осведомлённость в чём-либо (разг.)». Примеры подобных определений можно множить, но суть их сводится к одному: *понятие есть единство мысли субъекта об определённом, возможно абстрактном объекте и содержания этой мысли, фиксирующего существенные, т.е. независимые характеристики (в частности свойства), позволяющие отделить этот объект от прочих.*

В принятом в данной статье понимании *объект* суть предмет внимания субъекта, а *предмет* – синоним единичного.

Согласно приведённой формулировке понятие применимо только к субъекту, в данном случае активному (способному действовать) единичному, способному осознавать (т.е. формировать внутренние образы), мыслить (т.е. оперировать внутренними образами на основе законов логики, а, следовательно, и познавать), а также обладать памятью для фиксации результатов осознания и осмысления⁴. Результат осознания, дополненный осмыслением, открывает для субъекта возможность пользоваться этим результатом, а также передавать внутреннее понимание образа другим субъектам путём подражания или обучения. Для обучения также требуется введение субъектом *обозначений* образа, его характеристик и свойств. Краткое словесное обозначение здесь именуется термином.

Под *действием* понимается стимул перехода единичного из одного состояния в другое, а под активным действием – инициируемый кем-либо или чем-либо стимул такого перехода (например, извержение есть активное действие вулкана).

В [2] под термином предлагается понимать слово, за которым закреплено фиксированное значение в некой предметной области, а в [10] указывается, что термин – это конкретизирующее определённое понятием слово с однозначным значением, максимально точно отражающим соответствующее научное понятие, не привязывая тем самым термин к какой-либо предметной области, что с позиций Подхода представляется верным.

⁴ Энциклопедический словарь [7] трактует понятие «субъект», как индивид, познающий мир и воздействующий на него, противопоставляемый познаваемым и преобразуемым объектам. В [9] субъект рассматривается, как носитель деятельности, сознания и познания, что вполне соответствует предложенному в статье толкованию.

2.2 Второй этап – родовое обобщение содержания термина «понятие»

Предложенное в предыдущем разделе понимание понятия «субъект», приводит к фиксации у него следующих характеристик: возможность проявления активности, осознания, мышления. Память позволяет существенно расширить эти возможности, путём использования накопленного опыта.

Следуя процедуре родового обобщения, представленной в [5], необходимо пошагово абстрагироваться от ряда отмеченных характеристик, оставаясь при этом в рамках понятия «субъект». Следует отметить, что мышление не существует без осознания, а осознание – без активности. При этом субъектность такого единичного сомнений не вызывает.

Примером активного единичного, неспособного к мышлению, но способного к осознанию, может быть ворона, осознающая преимущество для питания предварительно размяченной сухой корки. Обозначим такое единичное, как «не мыслящий субъект», в силу способности действовать осознанно. Далее, абстрагирование от осознания приводит к неосознанной деятельности. Здесь можно привести пример активного единичного, действующего неосознанно, инстинктивно, например, моллюск, отличающий съедобного от несъедобного. Такое единичное можно обозначить, как не осознающий субъект.

Следующий шаг родового обобщения приводит к существованию предметов, способных к активным действиям, но в то же время не являющихся субъектами. Примером такого предмета является автомат или робот, в частности, ИИ и СИИ. Отличие робота от субъекта состоит в ограниченности возможностей робота действиями только в рамках априори заданного перечня, который, впрочем, может корректироваться на основе апостериорной информации (независимо от того, кто или что задаёт этот перечень), тогда, как субъект не ограничен подобным перечнем и способен выходить за его рамки. Акт выхода за рамки действующих ограничений, следуя [5], и есть *творчество*. Т.о., отличительным свойством субъекта представляется способность к творчеству. Единство субъектов и активных несубъектов образует множество активных единичных. Соответственно, необходимо выделить и альтернативу этому множеству: единичные, не способные к активным действиям.

Следующий шаг обобщения, объединяющий единичные способные и не способные к активным действиям, приводит к понятию единичного как такового, понимаемого как нечто целостное, отличное от прочего. И, наконец, шаг, объединяющий конкретное единичное и всё, отличное от него, приводит к понятию Всеобщего – целостного, способного к внутренним изменениям, но отличное от которого отсутствует. При этом единичные рассматриваются, как результат внутренних изменений Всеобщего.

Схема, иллюстрирующая процедуру родового обобщения, приведена на рисунке 2, на котором пунктиром помечены связи с единичными, дополняющими единичные, выявленные на пути обобщения. Эта схема показывает место понятий в целостной картине мира.

2.3 Третий этап – рассмотрение понятия на высшем уровне обобщения

Рассмотрение процедуры рождения понятия приводит к следующей последовательности: восприятие первичной информации → формирование чувственного образа → осознание образа (возможность неосмысленного выделения его из множества образов) → осмысление образа (выделение присущих образу характеристик) → обозначение образа → описание образа через его характеристики (фиксация характеристик образа). Технология построения этой цепочки в точности отвечает процедуре родового обобщения, присущего Подходу. Так, описание образа немыслимо без его наличия обозначений, а также без осмысления, осмысление – без осознания, осознания – без образа, а образа – без получения первичной информации (через органы чувств и эмоции).

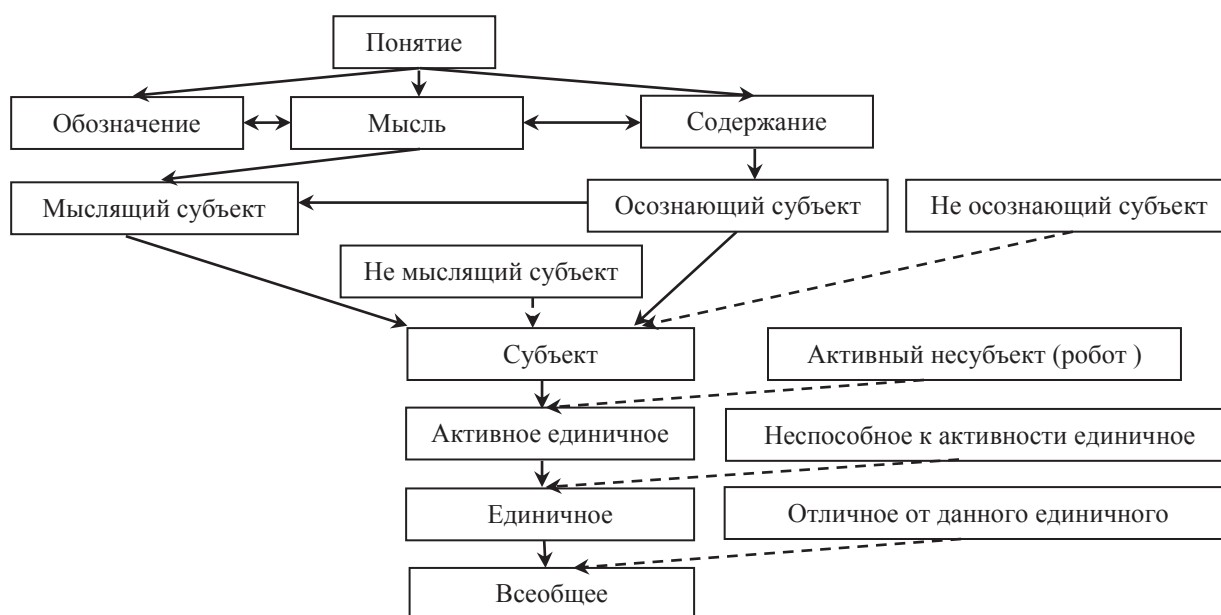


Рисунок 2 - Схема родового обобщения содержания понятия

В этой цепочке указание на чувственный характер образа является существенным признаком. Здесь чувства это не только средство физического восприятия мира человеком: обоняние, осязание, зрение, слух, вкус, чувство равновесия, положения в пространстве, ускорения, ощущение веса, - но и эмоции. Именно эмоции являются специфической характеристикой субъекта⁵. Робот может только воспринимать и имитировать внешнее выражение эмоций; сами же эмоции роботу (в принятом в статье толковании) не присущи.

Если рассматривать приведённую цепочку с позиций робота как искусственного образования, то исключение из неё эмоциональной составляющей собственно и указывает границы возможностей любого ИИ, в том числе и СИИ, ограниченных строгим перечнем базовых допустимых действий и путей их комбинирования. При этом аналогом образа для искусственных систем является сформированная автоматически или иным образом *формальная* запись (описание), аналогом обозначения - автоматически или иным способом формируемый код, аналогом осознания – автоматически или иным способом формируемый «детектор» соответствия описанию, аналогом осмысления – автоматически или иным способом формируемая процедура выделения отличительных характеристик описания и их связей. Роботы (в том числе и ИИ) могут обладать существенными преимуществами перед субъектом в силу того, что их возможности получения неэмоциональной (рациональной⁶) первичной информации могут превосходить возможности конкретного вида субъектов. Кроме того, если **каждый** субъект в начале своего существования должен пройти достаточно длительный этап обучения, предусматривающего развитие способности к эмоциональному восприятию образа, его осознанию и осмыслению, то системам ИИ такой этап может и не потребоваться – все необходимые обозначения (кодировки) и отвечающие им формальные описания могут передаваться непосредственно и за короткое время.

Из сказанного следует, что рассмотрение процессов формирования образа только как результат деятельности мозга (как, например, принято в психологии) представляется принци-

⁵ Эмоциональную сторону субъекта часто связывают с понятием «душа» [6] (https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_new_philosophy/440/ДУША).

⁶ https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/4744/РАЦИОНАЛЬНОЕ - установленное и обоснованное разумом, проистекающее из него, доступное пониманию.

пиально неверным, сводя человека к роботу, реализованному на биологической основе (биороботу), которому не присуще творчество и наслаждение им. Предложенное в [2] толкование свойства имплицитности, как результата неосознанного детектирования мозгом тех или иных понятий, вступает в противоречие с Подходом, отождествляя субъект и биоробот. С рассматриваемых в настоящей статье позиций субъект (в частности, человек) – это результат взаимопроникновения биоробота и творческого начала. А имплицитность – это неосознанное проявление как формализованного (только как результат действия мозга), так и неформализованного (основанного на эмоциональном, душевном восприятии) детектирования.

Другими словами, формализация с позиций субъекта – суть средство переложения результатов внутреннего представления, осознания и осмысления образа на язык формальных выражений; *формализация есть создание в достаточной (с точки зрения потребности решающего задачу субъекта) степени адекватного описания образа единичного с помощью регулярного аппарата*⁷. Следование такому толкованию приводит к рассмотрению формализации как средства перевода субъектного описания или его элементов на язык роботов (в частности, на язык средств ИИ).

Каково же содержание термина «смысл»?

В философской энциклопедии [7] смысл толкуется как «внутреннее, мысленное содержание, значение чего-либо, то, что может быть понято», привязывая тем самым смысл к пониманию. Согласно философскому энциклопедическому словарю [11] понятия смысл и значение отмечаются как синонимы. Кембриджский словарь⁸ толкует смысл, как «способность понимать, распознавать, ценить или реагировать, особенно на любую из пяти физических способностей видеть, слышать, обонять, пробовать на вкус и чувствовать». Последнее толкование указывает на значимость отражения в смысле чувственного, т.е. эмоционально окрашенного момента. Именно это определяет необязательность однозначного соответствия между смыслом и значением, где последнее представляет собой содержание описания, предназначенное для передачи субъектам или роботам. В случаях, когда в дело вступают эмоции, смысл «впитывает» в себя индивидуальные особенности субъекта. Включение этой составляющей и отличает истинное знание от механического запоминания. Об этом и говорит Сократ, указывая на необходимость «выстраданности» знания.

Суммируя сказанное, можно предложить следующее толкование термина «смысл»: *смысл – это самое важное в воспринятой, осознанной и понятой информации о сторонах единичного, достаточное для оценки значимости единичного с точки зрения потребностей субъекта или субъектов.*

Предложенное толкование рассматривает смысл, как единство субъектной и общественной значимости, выражаемой через смысловые характеристики других объектов и отвечающей на вопросы: что это? почему? отчего? зачем? Субъектная составляющая выражается эмоциями и полностью не может быть формализована, тогда как общественно значимая составляющая вполне может быть формализована и, в силу этого, доступна для непосредственного восприятия другим субъектом или субъектами, а также может быть зафиксирована в памяти и формальных алгоритмах работы робота или иной искусственной системы (ИИ или СИИ). Сказанное не исключает возможность частичной формализации эмоциональной составляющей в её элементах, присущих многим субъектам (например, понятия счастья, горя, беды), описание которых может быть переведено на язык формальных признаков (например, шкала эмоциональных тонов Хаббарда в психологии⁹). В качестве примера неформализуе-

⁷ Регулярность – правильное исполнение установленных правил (https://dic.academic.ru/contents.nsf/dic_fwords/). В математике аппарат считается регулярным, если его распознает некоторый конечный автомат. См., например, <https://www.hse.ru/data/2013/02/24/1306622858/cc-1-automata.pdf>.

⁸ Смысл. - https://dictionary.cambridge.org/ru/словарь/английский/sense_

⁹ Шкала тонов. - https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/491857_

мой эмоциональной составляющей смысла можно привести использование такого художественного приёма, как метафора при описании смысла грусти, печали: «Лишь по небу тихо сползла, погода, на бархат заката слезинка дождя» (М. Светлов, «Гренада»). Единственным вариантом формализации в данном случае является фиксация каждого подобного сопоставления описания и смыслового содержания для последующего использования при имитации естественного интеллекта.

Поскольку роботы могут оперировать исключительно формализованными описаниями, такие сопоставления также могут представлять для них упрощённый аналог смысла. Но и в этом случае описание объекта, как правило, более полно, чем описание смысла, поскольку не ограничено требованием минимальности описания всех требуемых для решения задачи сторон объекта.

Практическое применение Подхода ограничено формализуемыми основаниями. Поэтому далее рассматриваются только формализуемые составляющие смысла понятий, среди которых можно выделить информационную часть и часть, отвечающую за материальное и/или духовное содержание. Информационная часть формируется путём абстрагирования от материального или духовного смыслового содержания и может быть формализована в виде математических выражений, отражающих связи смысловых характеристик. Оставшаяся часть отражает природу носителей информационного смысла: физическую, химическую, психологическую и иную.

2.4 Четвёртый этап – движение «вниз»

С позиций Подхода каждому виду единичных отвечает определённое понятие, в которое субъектом или обществом вкладывается определённый смысл. В силу этого число понятий в процессе развития общества стремится к счётной бесконечности, вызывая тем самым ощущение упомянутого в [2] комбинаторного взрыва понятий. Однако, если принимать во внимание генетическую, иерархическую по своей сути природу появления, существования и исчезновения единичных, становится ясно, что это не так. Прослеживая с формальной точки зрения происхождение того или иного единичного, а, следовательно, того или иного понятия, нетрудно сформировать соответствующий сложный код. Этот код начинается с кодов предельно общих понятий, в случае необходимости также и кодов, указывающих на пути их комбинаций, и указывает на генетической родо-видовой иерархии коды конкретизации того или иного родового понятия, придавая им в каждом конкретном случае однозначно толкуемый смысл. Такая процедура построения кода позволяет не только ограничиться тем или иным уровнем иерархии, исключая комбинаторный взрыв, но и выделить в ней те или иные ветви или группы ветвей, образующие основания для определённых дисциплин.

С точки зрения человека использование такого кода крайне затруднительно, если вообще возможно, хотя для ИИ и СИИ такой способ формирования кода вполне приемлем. Человеку удобней использовать краткие обозначения, в частности, слова и словосочетания, смысл которых по умолчанию включает в себя весь спектр генетического происхождения понятия. Платой за это является неоднозначность толкования вкладываемой в слова общественно значимой стороны смысла и необходимость для придания этим словам однозначности отражения в описании множественных аспектов всестороннего описания объекта. Выделение из всего множества аспектов той части, которая представляется в определённой ситуации *существенной* для субъекта (субъектов) или робота (совокупности взаимодействующих роботов), приводит к формированию частного смысла, достаточного для оценки ситуации и выполнения действий в этой ситуации.

Систематизация видов смыслов непосредственно вытекает из систематизации видов единичных, представленной на рисунке 3. Так, например, можно говорить о смысле появле-

ния единичного, его существования и исчезновения, о смысле объединения единичных в то или иное множество и т.д. Из смысла отдельных единичных (в том числе и сторон единичных) формируется смысл их комбинаций. Применительно к решению той или иной задачи используются отвечающие этой задаче виды смыслов и их комбинаций.

Всеобщее (целостность, энергия, изменчивость)

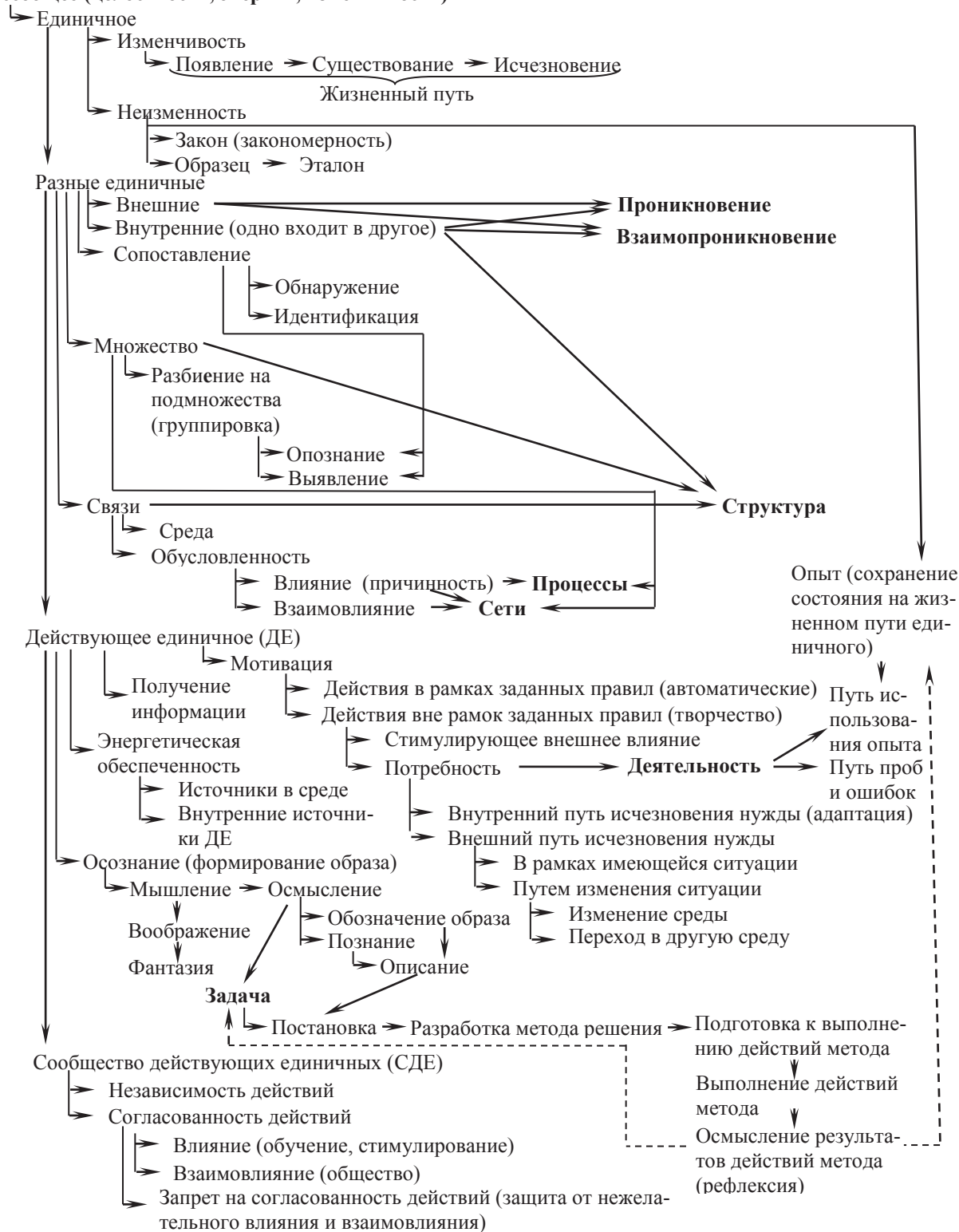


Рисунок 3 - Систематизация видов единичных

В случаях, когда передающий и воспринимающий смысловую информацию субъект и/или робот оперируют разными средствами общения (например, разными языками или правилами кодирования), возникает потребность в переводе с одного средства на другое. В любом случае задача формирования однозначно толкуемого описания смысла может быть решена только на средстве общения, присущем воспринимающей стороне.

Можно прийти к выводу о возможности сравнения смыслов, равно, как и определения степени их близости, только при использовании понятий, описание которых выполнено на одном том же языке с одного и того же аспекта восприятия. Т.е. при сравнении смыслов в общем случае также возникает проблема адекватного перевода.

Если на уровне формальных языков проблема такого перевода с одного средства описания смысла на другой не слишком сложна в силу однозначности связи обозначения и его смыслового содержания, то для неформальных языков это вызывает порой значительные трудности, как правило, связанные с многозначностью используемых обозначений (в частности, слов и выражений). В разных языках характер этой многозначности может значительно различаться (например, в русском языке слово «идти» имеет более 40 значений¹⁰, а в английском языке слово «run» имеет 645 значений¹¹).

Вариант преодоления такой неоднозначности предложен в [2] путём соединения словесного и контекстного описаний. При этом возникают вопросы: какие существуют способы преодоления смысловой неоднозначности, и какое место среди них занимает предложенный вариант?

Чтобы ответить на эти вопросы, можно рассмотреть способы формирования описания смысла. С позиций Подхода эти способы полностью определяются общими методами решения задач, представленными на рисунке 1 и образующими базис для любых возможных способов описания смысла. Так, в рамках естественного решения, адаптация к потребности в формировании описания смысла сводится к принятию факта отсутствия такого описания, ограничиваясь интуитивными или приблизительными представлениями о смысле; следование естественному потоку событий отвечает ожиданию, когда будет предложено и обосновано описание смысла с требуемым качеством.

Следование пути искусственного решения на основе известных из предыдущего опыта действий приводит к поиску приемлемого описания искомого смысла из доступных источников, например литературы.

Метод выработки оригинальной совокупности действий для рассматриваемой задачи сводится к самостоятельному формированию субъектом или роботом требуемого однозначного описания смысла.

При этом непосредственное решение предусматривает при формировании описания оперирование описанием смыслов доступных характеристик самого объекта и связей этих характеристик. Одноэтапное решение использует оперирование для объекта в целом, т.е. сразу всеми доступными характеристиками. Двухэтапное решение включает: а) описание смысла объекта, разбитого по отдельным областям существования объекта, обладающих разными оттенками этого смысла; б) описание смысла объекта в целом с варьируемыми компонентами, при котором упомянутые компоненты меняют смысл в зависимости от специфики области существования либо в) отдельное описание смысла для каждой из возможных ситуаций, в которых рассматривается объект. Многоэтапное решение является многократным уточнением описания смысла по мере усвоения предшествующего описания субъектом (для роботов – фиксации).

¹⁰ Многозначные слова. Примеры. <https://russkiiyazyk.ru/leksika/mnogoznachnye-slova.html>.

¹¹ Лейбов, А. 10 самых многозначных слов в английском языке. Вы вряд ли выучите их полностью / Алексей Лейбов // skyeng magazine. 14 января 2019. <https://magazine.skyeng.ru/english-a-lot-of-definitions/>.

Опосредствованный способ описания смысла реализуется в следующих формах.

- Описание смысла по модели, которое отвечает установленным фактам или определённым гипотезам о структуре смысловой информации, отвечающей действующим представлениям субъекта или закладываемой в память робота.
- Описание смысла в целом. Этот путь допускает следующие варианты.
 - Описание смысла в понятиях, отличных от понятий, первоначально принятых для непосредственного описания объекта. Это могут быть понятия: а) отвечающие другому взгляду на тот же смысл или б) намекающие на него. Возможность (а) проявляется, в частности, при описании смысла на другом языке, а также при использовании характеристик, отличных от исходно рассматриваемых. Возможность (б) – это притчи, метафоры, иносказания, косвенно указывающие на смысл. Здесь работает правило Будды: «Смотри на Луну, а не на палец, на нее указывающий»¹². Эта возможность может быть формализована как описание направления, следование в котором позволяет выявить и описать искомый смысл. Частным случаем этого варианта является описание в отклонениях, когда смысл представляется через отличия от ранее известного описания (в том числе и формализованного), относящегося к общепринятому образцу, или к специально указанному объекту.
 - Описание смысла через указание условий существования реализуется в форме указания необходимых и/или достаточных условий (в том числе и в формализованном виде), при которых проявляется смысловое содержание объекта. Фактически - это смысловое описание среды (в частности, смысловая составляющая контекста).
 - Описание смысла объекта через описание смысла его отрицания. Этот способ эффективен, когда число требуемых при этом смысловых составляющих меньше числа таких составляющих для описания смысла в исходных понятиях или когда непосредственное описание смысла по тем или иным причинам затруднительно.
 - Описание смысла объекта через понятия, позволяющие описывать смысл его обобщения, т.е. как конкретизация смысла обобщения.
 - Описание смысла объекта через понятия, отвечающие причинам, порождающим смысловые составляющие объекта. При этом описание смысла объекта находится в прямой следственной зависимости от смыслового описания причин и соответствующих правил вывода.
- Описание смысла объекта через процедуру перехода с возвратом.
 - Переход в условия, в которых описание смысла использует меньшее число характеристик и их связей с легко воспринимаемым смыслом, например аналогии, и трактовка смысла исходного объекта на основании полученного описания.
 - Формирование описания смысла для обращения объекта с последующим отрицанием этого описания.
- Описание смысла объекта по частям, в частности:
 - как комбинации описаний по отдельным аспектам восприятия (в частности, аспектов функционирования объекта), возникающих, как следствие наличия у объекта сложного, многоаспектного смысла;
 - как комбинации описаний по множеству (или множествам) частных обстоятельств, связанных со спецификой существованием объекта в этих обстоятельствах;
 - как выявление описания смысла объекта-аналога и его последующая модификация;

¹² См. также: *Бхагаван Шри Раджниш* (Ошо). Духовный поиск. Избранные беседы Просветленного Мастера. <http://www.ezobox.ru/osho/books/103/read/44.html>.

- через использование смыслового содержания другого объекта, не являющегося прямым аналогом исходного образа, но имеющего с исходным объектом определённую связь структур смысловых описаний.

Непосредственный метод описания смысла через характеристики объектов и связей этих характеристик играет в описанной классификации особую роль. Он используется и при реализации опосредствованных методов, только в этом случае вместо исходного объекта рассматривается объект (или объекты), определяемый(е) из принципа перехода к опосредствованному описанию.

С позиций работ [12-14] существенен факт разделения контекста и описания объекта. Контекст рассматривается для обеспечения однозначности толкования формируемого описания смысла. Предложенная в данной статье классификация указывает на неточность такой позиции. Так, например, возможна ситуация, когда описание смысла осуществляется через контекст, устанавливающий необходимые и достаточные условия существования объекта. В этом случае для формирования описания смысла объекта достаточно описать смысл контекста, из которого автоматически вытекает и описание смысла исходного объекта.

Классифицированные таким образом методы формирования формальной составляющей описания смысла выступают в качестве базисных методов, которые могут комбинироваться между собой. Необходимость таких комбинаций возникает тогда, когда использование отдельного метода не позволяет достичь требуемой однозначности в описании передаваемого смысла. В данном случае речь идёт о пересечении множеств описаний или обозначений, каждое из которых обладает неоднозначным смысловым содержанием, тогда как самому этому пересечению присуще однозначное смысловое толкование. Отделение смыслового описания контекста от смыслового описания объекта с целью обеспечения требуемой однозначности, является только частным случаем использования комбинации.

Приведённая классификация позволяет сформировать множество способов формализации однозначного описания смысла. Разложение известного описания смысла по базисным составляющим позволяет определить место используемого способа описания среди множества возможных способов. Подобное разложение не обязательно доводить до уровня базисных составляющих; достаточно ограничиться разложением до описаний, однозначный смысл которых понятен субъекту или однозначно представим в формализованном виде. В качестве поясняющего примера можно привести предложенный в [2] контекстно-смысловой подход к формализации описания смысла, который представляет комбинирование непосредственного метода описания с использованием неоднозначно толкуемых слов и опосредствованного метода описания среды существования объекта (контекста).

Известные стратегии управления смысловой информацией, отмеченные в [15, 16], описывают смысл объекта через обобщение с последующей конкретизацией и многоэтапную процедуру формирования смысла.

Взгляд с позиций Подхода открывает возможность выявить иные пути формализации описания смысла.

Заключение

В порядке дискуссии с работой [2] в данной статье сделана попытка взглянуть на актуальную задачу формализации описания смысла с точки зрения развиваемого в ИПУ РАН варианта индуктивно-дедуктивного трансдисциплинарного подхода (Подхода). Предложенные в статье толкования терминов «понятие», «формализация», «смысл» вместе с осознанием генетической природы появления, существования и исчезновения единичных, позволяют найти выход из трудностей, указанных в [2]. Эти трудности возникают в процессе формализации

понятий. Использование Подхода, ориентированного на выявление происхождения этих понятий, открыло возможность выработать соответствующие определения. Применительно к субъекту понятие «смысл» имеет две составляющие: рациональную, основанную на логике, и эмоциональную. Первая может быть формализована, тогда как вторая, имея ярко выраженную индивидуальную окраску, полностью формализована быть не может.

Использование общих методов решения задач в рамках Подхода позволило классифицировать способы формализации описания смысла. Эти способы образуют базис, по которому может быть разложено однозначное описание смысла.

Автор надеется, что статья явится стимулом к конструктивной критике изложенных положений Подхода и полученных на его основе результатов с целью развития исследований в области СИИ и онтологий.

Благодарности

Автор посвящает статью д.т.н., проф. Владимиру Юрьевичу Кнеллеру, ушедшему в 2021 году, инициатору и активному участнику разработки и развития используемого Подхода. Светлая ему память!

Список источников

- [1] **Redozubov, A.** The meaning of things as a concept in a strong AI architecture / A. Redozubov, D. Klepikov // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2020, 12177 LNAI. P.290-300.
- [2] **Редозубов А.Д.** Формализация смысла. Часть 1. / А.Д. Редозубов // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №2(40). – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-144-153.
- [3] **Turing, A.** Computing Machinery and Intelligence / A. Turing // *Mind*, Vol. LIX, no. 236, October 1950, P.433-460.
- [4] **Платон.** Теэтет / Платон // Перев. с греч. и примечания В. Сerezникова М.-Л.: СОЦЭКГИЗ, 1936. – 192 с.
- [5] **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.
- [6] Новейший философский словарь. Под ред. А.А. Грицанова. Минск: Книжный дом. 1999. https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_new_philosophy/938/ПОНЯТИЕ.
- [7] Философия. Энциклопедический словарь. Понятие. Смысл // Под ред. А.А. Ивина. М.: Гардарики. – 2004. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/952/ПОНЯТИЕ, https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/1109/СМЫСЛ.
- [8] **Ушаков, Д.Н.** Толковый словарь современного русского языка / Д.Н. Ушаков. М. - 2014. – 800 с. <https://ushakovdictionary.ru/word.php?wordid=53869>.
- [9] Новая философская энциклопедия в 4 томах / п/ред. В.С. Степина / М. – Мысль. – 2001.
- [10] **Зарубина, Д.** Понятие, термин, определение / Д. Зарубина // Наука и жизнь, 2019. №08 <https://www.nkj.ru/archive/articles/36671/>.
- [11] Философский энциклопедический словарь / Гл. ред. П.Л. Ильичев, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалев, В.Г. Панов. М.: Советская энциклопедия. 1983.
- [12] **Redozubov, A.** Holographic memory. A Novel Model of Information Processing By Neuronal Microcircuits / A. Redozubov // In: Opris I., Casanova M. (eds) The Physics of the Mind and Brain Disorders. Springer Series in Cognitive and Neural Systems, vol 11. Springer, 2017. Cham. https://doi.org/10.1007/978-319-29674-6_13.
- [13] **Cagle, K.** The role of context in data 19/06/2021. – <https://www.bbntimes.com/science/the-role-of-context-in-data>.
- [14] **Lichao Song** The Role of Context in Discourse Analysis / Lichao Song // Journal of Language Teaching and Research, vol. 1. No. 6, P.876-879, November 2010. – DOI: 10.4304/jltr.1.6.876-879
- [15] DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge, 2017. - <https://www.dama.org/cpages/body-of-knowledge>.
- [16] **Кузнецов С.В.** Управление мастер-данными в рамках итерационного подхода / С.В. Кузнецов, Д.В. Кознов // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №2(40). – С.170-184. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-170-184.

Сведения об авторе

Фаянс Александр Михайлович, 1948 г. рождения. Окончил Московский физико-технический институт в 1972 г. Научный сотрудник Института проблем управления РАН, Москва. 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.



Поступила в редакцию 11.09.2021, после рецензирования 24.09.2021. Принята к публикации 27.09.2021.

Looking at the formalization of the meaning from the position of a transdisciplinary approach

A.M. Fayans

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

Abstract

The ability to operate with knowledge is based on the use of relevant concepts, their designations and descriptions. The latter, presented in a brief form, are the essence of definitions that adequately reflect the meaning embedded in this knowledge, and its features largely determine further logical constructions. Traditionally, descriptions are built on the basis of concepts related to the signs and connections inherent in the object of attention. The literature offers a description of concepts in the context of the context-semantic paradigm. The article attempts to consider not only the well-known, but all potentially possible ways of forming an adequate description of the semantic content of concepts, using the version of the transdisciplinary approach proposed at the Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences. This option involves the identification and systematization of knowledge within the framework of a holistic structure. The procedure for forming a description that reveals the meaning of knowledge is considered as a method for solving the corresponding problem. Logical procedures that establish the origin of concepts and make it possible to indicate their place in a holistic structure, to determine the attainable boundaries of formalization in the formation of the desired descriptions and, consequently, the potential possibilities of realizability of strong artificial intelligence are described.

Key words: *concept, meaning, formalization, transdisciplinary approach, artificial intelligence.*

Citation: *Fayans AM. Looking at the formalization of the meaning from the position of a transdisciplinary approach [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(3): 294-308. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-294-308.*

Acknowledgment: The author devotes the article to Doctor of Technical Sciences and Professor Vladimir Yurievich Kneller, who left in 2021. He was the initiator and active participant in the development of the used approach. In loving memory!

List of figures

Figure 1 – General methods for solving any tasks

Figure 2 – Scheme of generalization of the concept content

Figure 3 – Systematization of individuals

References

- [1] **Redozubov AD, Klepikov D.** The meaning of things as a concept in a strong AI architecture. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2020, 12177 LNAI. P. 290-300

- [2] **Redozubov A.** Formalization of the meaning. Part 1 [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2020; 11(2); 144-153. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-144-153.
 - [3] **Turing A.** Computing Machinery and Intelligence *Mind*, Vol. LIX, no. 236, October 1950, P.433-460.
 - [4] **Plato.** Theetetus [In Russian]. Trans. from Greek and approx. V. Serezhnikova. Moscow-Leningrad: SOTSEKGIZ, 1936. 192 p.
 - [5] **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.
 - [6] The latest philosophical dictionary [in Russian] ed. A. Gritzanov. Minsk: Book house, 1999. Cham. https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_new_philosophy/938/ПОНЯТИЕ_2
 - [7] Philosophy. Encyclopedic Dictionary. Concept. Meaning [in Russian] ed. A. Ivin. Moscow: Gardariki, 2004. Cham. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/952/ПОНЯТИЕ_2, https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/1109/СМЫСЛ.
 - [8] **Ushakov DN.** Explanatory Dictionary of the Modern Russian Language [In Russian] Moscow: 2014. 800 p. Cham. <https://ushakovdictionary.ru/word.php?wordid=53869>.
 - [9] New Philosophical Encyclopedia in 4 volumes [in Russian] ed. V.S.Stepin. Moscow: Misl (Thought), 2001.
 - [10] **Zarubina D.** Concept, term, definition [In Russian]. Science and life, 2019; No.8. <https://www.nkj.ru/archive/articles/36671/>
 - [11] Philosophical Encyclopedia Dictionary [In Russian] main ed. P. Iliychev, P. Fedoseev, S. Kovalev, V. Panov. Moscow: Soviet encyclopediya, 1983.
 - [12] **Redozubov A.** Holographic memory. A Novel Model of Information Processing By Neuronal Microcircuits. In: Opris I., Casanova M. (eds) The Physics of the Mind and Brain Disorders. Springer Series in Cognitive and Neural Systems, vol 11. Springer, 2017. Cham. https://doi.org/10.1007/978-319-29674-6_13_2
 - [13] **Kurt Cagle.** The role of context in data 19/06/2021. <https://www.bbntimes.com/science/the-role-of-context-in-data>.
 - [14] **Lichao Song.** The Role of Context in Discourse Analysis. *Journal of Language Teaching and Research*, 2010; 1(6): 876-879. DOI: 10.4304/jltr.1.6.876-879. https://www.academia.edu/4656412/The_Role_of_Context_in_DA.
 - [15] DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge, 2017. <https://www.dama.org/cpages/body-of-knowledge>.
 - [16] **Kuznetsov SV, Koznov DV.** Master data management in the iterative approach [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2021; 11(2): 170-184. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-170-184.
-

About the author

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. He is the author or co-author of more than 30 publications and inventions in the field of measurement techniques and transformation information processes. Author ID (РИНЦ): 766983. Author ID (Scopus): 57006695900. alfayans@mail.ru.

Received September 11, 2021. Revised September 24, 2021. Accepted September 27, 2021.

Формализация смысла. Часть 2. Пространство контекстов

А.Д. Редозубов

Фонд имени академика Натальи Бехтеревой, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В первой части статьи было показано, что есть существенная разница между понятиями, заданными через определения, описываемые наборами признаков, и теми понятиями, которыми оперирует человек и за которыми стоит представление о смысле. Было высказано предположение, что это и есть ключевой момент, различающий представление о традиционном искусственном интеллекте и сильном искусственном интеллекте. Было предложено использовать для формализации естественных понятий связанные с ними точки зрения, которые могут быть описаны соответствующими контекстами. В этой части статьи приводится формализация контекста как уникальной точки зрения. В контексте исходное описание приобретает свою характерную черту только для этого контекста - трактовку. Использование предыдущего опыта позволяет проверять адекватность полученной трактовки. Сопоставив используемые понятия с их контекстами, можно получить пространство контекстов, способное искать потенциально возможные смыслы в поступающей информации. Использование пространства контекстов позволило описать механизм переноса опыта из одного контекста в другой. Основываясь на контекстном переносе, дано объяснение феномена творчества и описание его природы.

Ключевые слова: понятие, смысл, контекст, мозг, искусственный интеллект, сильный искусственный интеллект, творчество.

Цитирование: Редозубов, А.Д. Формализация смысла. Часть 2. Пространство контекстов / А.Д. Редозубов // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №3(41). – С.309-319. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-309-319.

Введение. Язык

Язык можно рассматривать как инструментарий, позволяющий строить описания. Различают формальные и естественные языки. Формальные языки хорошо описываются в теории формальных грамматик [1]. По сути, формальная грамматика — это набор правил для перезаписи строк, оперирующих определённым алфавитом и начальными символами.

Обработка текстов на естественном языке (*Natural Language Processing, NLP*) — общее направление искусственного интеллекта (ИИ) и математической лингвистики. Описание языков в *NLP* значительно сложнее формальных грамматик, поскольку требует учёта многообразия выразительных средств естественных языков и передачи присущей им семантики, т.е. смысловых значений, стоящих за словами. Поскольку естественный язык должен передавать смысл, то нельзя корректно описать язык, не увязав это описание с формализацией самого понятия «смысл». Можно предположить, что для описания картины мира используется некий язык L , который оперирует множеством понятий S и строит высказывания, используя определённый синтаксис Y .

1 Понятие и контекст

Чтобы обозначить понятие, ему можно сопоставить знак. Но знак не передаёт смысла понятия. Ранее в [2] рассматривалась возможность связать понятие с точкой зрения, т.е. с контекстом, и считалось, что контекст несёт смысл понятия. Т.о., понятие s получается сово-

купностью обозначающего его знака t и описывающего его смысл контекста k , т.е. $c = (t, k)$. Язык L оперирует множеством понятий $C = \{c_1 \dots c_{N_C}\}$. Множество используемых знаков T образует словарь языка $T = \{t_1 \dots t_{N_T}\}$.

Знаки языка – это его слова. При этом знакам-словам свойственна многозначность. Так, у разных понятий могут быть одинаковые передающие их знаки. В таких случаях принято говорить о словах омонимах. Другое, более серьёзное проявление многозначности, – это когда в зависимости от общего смысла фразы одни и те же слова могут нести разный смысл, т.е. передавать разные понятия.

Описание s на языке L может быть записано как последовательность знаков. Такое семантическое описание не сводится к простому перечислению понятий и для своей обработки требует знания синтаксиса Y , который позволяет воссоздать структуру отношений между словами.

Используя язык, через сформулированные на нём описания можно передавать картины мира. Когда в этом мире проявляется некое явление p , мир меняется. Т.е. факт присутствия явления трансформирует мир. Эта трансформация находит отражение в изменении описания мира. Пусть s - описание «до», s' - описание «после». Запись того, что исходное описание перешло в описание «в присутствии явления» можно представить так:

$$s \xrightarrow{p} s'.$$

Наблюдая за явлением p многократно, можно попытаться смоделировать функцию, описывающую изменение описания, происходящее в присутствии этого явления.

$$I_p(s) \rightarrow s',$$

где I_p - функция интерпретации, или функция трактовки. Её суть в том, что она позволяет из описания некоей ситуации получить новое описание, которое предположительно описывает то исходное состояние, которое существовало до появления явления. Результат этой функции - трактовка поданного на неё описания. Пусть описание текущего состояния $s_{current}$, а его трактовка s_{int} , то $s_{int} = I_p(s_{current})$.

Имея такую функцию, можно пытаться судить о присутствии явления p в текущей ситуации. Если явление p действительно присутствует, то описание s_{int} должно «выглядеть» так, как «выглядит» описание мира «нормального» для явления. Чем ближе трактовка к «норме», тем выше шанс, что явление действительно есть здесь и сейчас.

Стоит пояснить, что означают состояния «до» и «после». Если явление связано с действием, то для него «до» — это состояние мира до действия, «после» — состояние после совершения действия. На рисунке 1 в качестве примера показан сдвиг изображения. Изображение (1), где круг находится в левом нижнем углу, передаёт состояние «до». В этот момент взгляд направлен в центр изображения. Затем совершается движение глаза p . После чего круг оказывается в центре изображения – это состояние «после»¹.

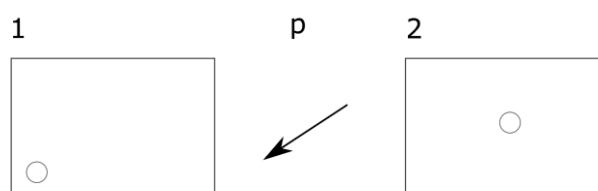


Рисунок 1 - Изображение до сдвига (1), сдвиг глаза p , изображение после сдвига (2)

Похожее происходит и со «статичными» объектами. Для них «до» — это то описание, которое возникает, когда человек «видит» явление, но ещё не знает, что это такое, «после» — описание, появляющееся, когда каким-то образом он узнаёт, что он видит. На рисунке 2 приведён условный пример этих двух состояний.

¹ См. также пояснения к рисунку в разделе 5. Прим.ред.

Идея того, что каждый контекст по-своему переопределяет одни и те же понятия, не нова и хорошо проработана в теории анализа формальных понятий (АФП) [3]. В АФП переход к какому-либо контексту означает, что для всех понятий меняются наборы определяющих эти понятия признаков. Это является следствием используемой в АФП классической парадигмы, в которой понятия задаются наборами характеризующих их признаков.

В предлагаемой модели меняются сами понятия, они приобретают иное содержание и превращаются в иные сущности с новыми передающими их знаками.

Чтобы судить о том, насколько трактовка s_{int} хорошо описывает «нормальный» мир, надо иметь примеры для сравнения и соответствующую метрику.

Примеры «для сравнения» — это хранящееся в памяти знание о мире, полученное в результате опыта, представление о том, как этот мир может выглядеть.

Пусть m описание, соответствующее элементу полученного опыта, т.е. воспоминанию. Набор всех воспоминаний m образует память $M = \{m_1 \dots m_{Nm}\}$.

Для множества всех описаний S можно ввести меру близости двух описаний. Таких мер может быть много. Самая простая мера может учитывать лишь число совпадающих знаков в двух описаниях. Более сложная мера может использовать знание синтаксиса Y . Мера — это оценка вероятности того, что два описания могут относиться к одной и той же породившей их ситуации.

Пусть удалось создать соответствующую меру $r^S(s_1, s_2)$. Используя её, можно ввести функцию, позволяющую сравнивать произвольные описания s с памятью M . Например, определяя самое близкое к этому описанию воспоминание:

$$R(s, M) = \max_i r^S(s, m_i).$$

Теперь можно описать алгоритм определения вероятности присутствия некоего явления p через проверку соответствующей ему точки зрения.

Пусть текущая ситуация имеет описание s , уже построена функция трактовки I_p и есть память M .

Сначала создаётся трактовка $s_{int} I_p(s) \rightarrow s_{int}$.

Затем формируется требуемая оценка $R_p R(s_{int}, M) \rightarrow R_p$.

Полученная оценка R_p показывает, насколько адекватно текущее описание с точки зрения явления p , т.е. насколько увиденное адекватно тому, что хранится в памяти.

Описанная процедура соответствует тому, как человек рассматривает нечто в определённом контексте. На рисунке 3 изображена вычислительная структура контекста, процедура определения вероятности того, что в описании s присутствует явление p . Любое описание никогда не воспринимается человеком как есть. Сначала необходимо уловить общий контекст и затем, зная его, дать соответствующие интерпретации всем элементам описания. И если полученная трактовка увиденного оказывается знакомой, то делается вывод о его узнавании и о понима-

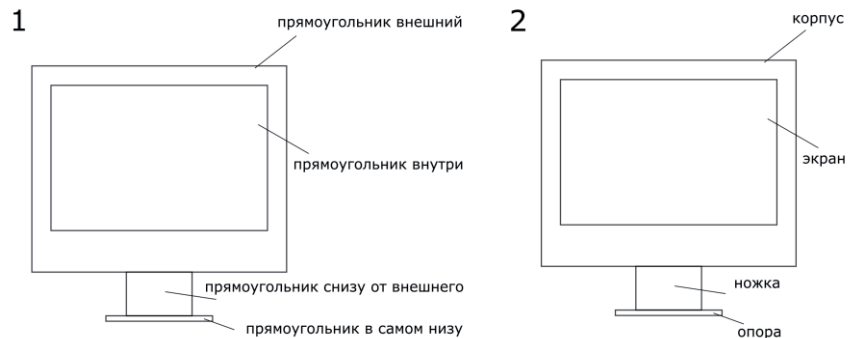


Рисунок 2 - Условное описание компьютера-моноблока до узнавания (1) и после (2)

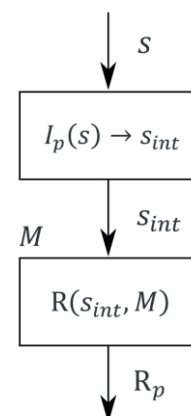


Рисунок 3 – Вычислительная структура контекста

нии самого контекста. Т.о, контекст k , связанный с явлением p , можно задать как совокупность функции трактовки I , памяти M и процедуры сравнения трактовки и памяти R .

$$k_p = (I, M, R).$$

Понятие есть сочетание знака и стоящего за ним смысла, передаваемого связанным с понятием контекстом. Задавая контекст и знак, по сути, создаётся понятие.

В приведённых рассуждениях об узнавании понятий много общего с использованием байесовского подхода в задачах классификации [4]. В нём для класса (явления) строится условное распределение, то есть распределение, наблюдаемое в присутствии явления. И по согласованности текущего наблюдения с этим распределением делается вывод о вероятности присутствия исходного явления. В рассматриваемом случае контекст выступает в роли определённого знания об условном «распределении».

2 Пространство контекстов

Приведённое толкование понятия позволяет, имея описание ситуации, оценивать вероятность присутствия в ней явления, стоящего за понятием. На практике приходится встречаться не с дихотомией «есть явление – нет явления», а с оценкой вероятности различных альтернатив. Например, на рекламе немецкой шляпной компании (см. рисунок 4) показаны два образа. Можно предположить, что оба они находятся в памяти распознающей системы. Если предъявить этой системе второй образ, то может оказаться, что и первый будет узнан с вероятностью, например, 90%. Но это предположение надо отвергнуть, поскольку второй образ даст стопроцентное совпадение с самим собой².

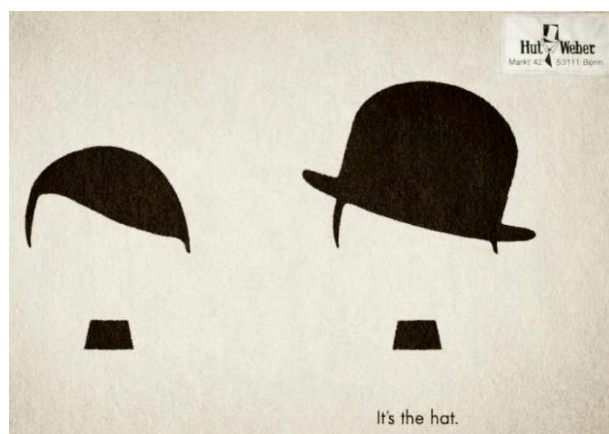


Рисунок 4 - Реклама «Всё дело в шляпе» ("It's the hat")
Serviceplan Hamburg, München, Germany

Т.о., для определения понятия недостаточно иметь только связанный с ним контекст, поэтому для правильного выбора требуется сравнение со всеми возможными точками зрения. Для описания мира используется множество понятий C . Можно предположить, что число используемых понятий велико и описывает существенную часть явлений, встречающихся в окружающем мире, так, что для каждого понятия удалось построить соответствующий контекст и приписать ему знак.

Пусть для множества понятий C мера близости двух понятий есть близость между откликами памяти в каждом из соответствующих контекстов r^C , которые возникают при подаче на них одних и тех же описаний. Близость откликов можно определить через коэффициент корреляции. Пусть $a, b \in C$ – два понятия, а p_a и p_b — стоящие за ними явления, тогда:

$$r^C(a, b) = \max(0, \text{cor}(R_{p_a}, R_{p_b})).$$

Понятия тем ближе друг к другу, чем более схожа для них оценка вероятности их присутствия, появляющаяся в одних и тех же ситуациях.

² Удачный пример контекстной рекламы. Прямой перевод текста, под расположенным справа образом («Это шляпа»), лишь указывает на наличие шляпы и отличие этого образа от образа слева. В памяти потребителя эти образы ассоциируются с конкретными известными персонами, имеющими явную негативную (в данном случае без шляпы) и позитивную (со шляпой) окраску. Отсюда очевидный выбор для потребителя: «Всё дело в шляпе», что проявилось в контекстном переводе на русский язык этой рекламы. *Прим.ред.*

Для множества понятий C можно рассчитать матрицу близостей D_C , отражающую внутреннюю структуру пространства понятий. Пусть множество понятий, для которого известна матрица близостей, есть пространство понятий или пространство контекстов K .

$$K = (C, D_C)$$

Для наглядности от меры близости можно перейти к расстоянию. Тогда для пространства контекстов K можно представить многомерное метрическое пространство Z , в котором расположение контекстов будет соответствовать расстояниям между ними. Похожие контексты в нём будут располагаться по близости друг от друга.

Если на пространство контекстов K подать описание s , то каждый из контекстов отреагирует на это, выдав свою оценку вероятности. При этом схожие контексты покажут сопоставимые результаты. Пусть набор таких оценок есть активность пространства K , вызванная предъявлением описания s . Аналогично - для пространства Z .

Если описание s содержит в себе картины неких явлений, то в пространстве Z вызванная активность будет формировать локальные зоны активности, концентрирующиеся вокруг тех понятий, которые соответствуют наблюдаемым явлениям. В зонах локальной активности можно найти точки максимума. Выделив все такие центры локальной активности, можно получить набор W троек w , где каждая тройка – это понятие, интерпретация и соответствующая оценка вероятности.

$$W = \{w_1 \dots w_{N_w}\}, w = (c, s_{int}, R_p).$$

В качестве примера на рисунке 5 изображены два пространства контекстов, расставленных на плоскости. Расположение контекстов оптимизировано для визуальной передачи их близости. Реальная близость определяется матрицей D_C . Цветом (яркостью изображения) выделено распределение по одной из координат исходного многомерного пространства.

Процедура поиска локальных максимумов решает две задачи. Во-первых, она позволяет найти не одну удачную точку зрения, а набор таких точек. Это важно, поскольку всякое описание многогранно и может содержать в себе несколько допустимых трактовок. Во-вторых, эта процедура позволяет из группы похожих друг на друга понятий, образующих единую область активности, выделить самое удачное, наиболее точно подходящее к текущему описанию s .

Полученный набор пар W показывает, с какой вероятностью s есть в исходном описании, т.е. W – это набор потенциально возможных смыслов. Кроме описания s у текущей ситуации могут быть и другие описания, несущие свои ограничения. Кроме того, внутри самого описания s могут быть причины отвергнуть часть потенциальных смыслов. Потенциальные смыслы не являются конечной целью информационных процессов мышления, но служат основой, на которой строится последующая обработка информации.

Пример. Процедуру поиска смысла можно пояснить на известной истории с шифровальной машиной «Энигма». Исходное сообщение перекодировалось так, что одни буквы заменялись другими по сложным правилам. Кодирование происходило с помощью ключа. Если на принимающей стороне ключ был известен, то через обратное преобразование можно было восстановить исходное сообщение.

Немецкие шифровальщики могли ежедневно менять коды, поэтому главной задачей англичан было найти действующий код. Для этого приходилось брать сообщение и перебирать «миллион» возможных вариантов, т.е.

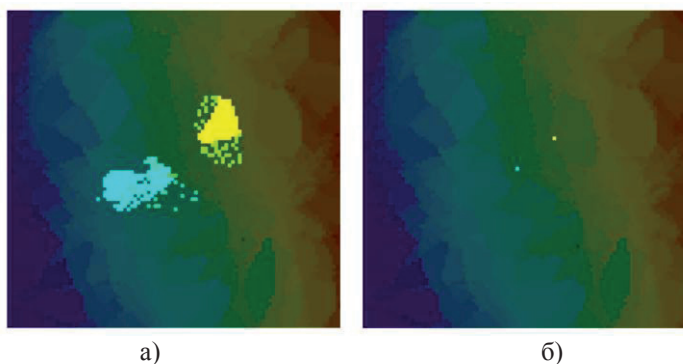


Рисунок 5 - Пример стягивания двух областей локальной активности (а) к их максимумам (б). (Получено Дмитрием Кашицыным при моделировании контекстной модели зрительного восприятия, 2020)

смотреть на сообщение в «миллионе» возможных контекстов, получая «миллион» потенциально возможных трактовок. Если код был неверен, то на выходе получался бессмысленный набор знаков, но как только обнаруживался правильный код, сообщение приобретало смысл.

Оказалось, что каждая ежедневная немецкая метеосводка заканчивалась одной и той же подписью. Зная это, англичане брали утреннюю метеосводку и перебирали коды до тех пор, пока эта подпись не появлялась в конце сообщения. Обладая большей вычислительной мощностью, можно было бы обойтись и без известной подписи, а ждать, чтобы слова в сообщении стали правильными, т.е. соответствующими немецкому языку. Это и есть сравнение трактовки с памятью для определения её достоверности.

При расшифровке метеосводки англичан не интересовал сам прогноз погоды. Был важен контекст, т.е. код, в котором получалась удачная расшифровка. В контекстно-смысловом подходе удачная трактовка – это только часть расшифрованной информации, другая часть – это контекст, в котором эта трактовка возникла.

Тьюринг, поднимая своим знаменитым тестом [5] вопрос о способности машины мыслить, по сути, предвосхитил ответ на него.

3 Полнота пространства контекстов

Важное требование к пространству контекстов – это его достаточная полнота по отношению к тому миру, который он описывает. Для объективного суждения о присутствии какого-либо явления необходимо сравнение с остальными возможными вариантами. Только после рассмотрения происходящего со всех возможных сторон можно судить о его смысле. Если представить пространство всех возможных точек зрения, то важно, чтобы используемые точки равномерно покрывали всё это пространство, не оставляя в нём существенных пустот. При этом не всегда необходима высокая плотность такого покрытия, например, когда доступен только ограниченный вычислительный ресурс; или достаточно ограничиваться тем, что дальнейшая детализация не даст существенного улучшения результата.

Это можно сравнить, например, с пиксельным разрешением изображения. Даже малое разрешение позволяет что-то узнать из изображённого на картинке, но есть вероятность что-то упустить важное.

Известно также, что оперируя всего полутора тысячами понятий, можно описывать окружающий мир, шесть тысяч понятий создают стандартный словарный запас. При этом принципиально важно, чтобы используемые понятия равномерно покрывали картину явлений, свойственных окружающему миру. Так, если взять словарь из двадцати тысяч слов и убрать из него всего несколько десятков слов, описывающих, например, любовь, то не возможно будет понять широкий круг явлений, связанных с этим понятием.

В контекстно-смысловом подходе использование точек зрения позволяет существенно сократить число необходимых сущностей. Понятия приобретают изначальную многозначность, которая по-своему разрешается в каждом из контекстов. Это позволяет, имея относительно небольшое число контекстов N_c , обеспечить равномерное покрытие предметной области.

В подходе, основанном на определениях, естественные многозначные понятия приходится заменять однозначными терминами. Число таких терминов на практике оказывается велико и стремится к произведению числа используемых естественных многозначных понятий и числа контекстов, в которых они имеют интерпретацию, а это значение имеет порядок N_c^2 . Недостаточно объявить о существовании термина. Ему надо придать содержание, путём определения через другие термины. В реальном мире не существует базовых однозначных понятий, к которым можно было бы всё свести. Из-за этого в классическом подходе никогда нельзя быть уверенным, что использованный для определения термин не окажется вдруг чем-то иным. Любая попытка устранить возникшую двусмысленность будет носить локальный характер и не исправит ситуации в целом. Всё это неизбежно ведёт к комбинаторному

взрыву и, как следствие, при ограниченности реальных вычислительных ресурсов к появлению неустранимо большого числа «слепых» зон³.

4 Общая память

Описывая структуру контекстов, можно считать их частью памяти M , которая хранит ранее полученный опыт. Важно, что для всех контекстов используется одна и та же общая память. Каждый контекст хранит свою копию памяти, но все эти копии одинаковы. При этом память хранит не исходные описания, а их интерпретации.

На примере «Энигмы» входные описания – это зашифрованные сообщения. Корректная интерпретация – это такая трактовка, где в конце метеосводки содержится одинаковая фраза. Расшифровав прогноз погоды, можно получить набор немецких слов, из которых составлен прогноз. Пополнив память «Энигмы» этими словами, можно пытаться расшифровать не только прогнозы погоды, но и другие сообщения. Если в них встретится достаточное количество знакомых слов, то можно с высокой вероятностью считать, что найден правильный ключ. Для пополнения памяти использовались не исходные кодированные сообщения, а их расшифрованные интерпретации. Память машины хранила только верные трактовки. Если необходимо узнавать коды по их признакам, т.е., по зашифрованным словам, то потребовалось бы для каждого кода хранить все возможные слова, закодированные этим кодом.

В отличие от этого в контекстно-смысловой модели узнавание происходит через получение трактовки и сравнение её с единой для всех контекстов памятью. Опыт, полученный в одном контексте, может быть использован в другом, причём в таком, который раньше этого опыта не имел. Т.о., в предлагаемой модели информация, сначала поступающая в форме описания, получает наилучшую в некотором смысле трактовку, и эта трактовка становится элементом общей для всех контекстов памяти.

5 Аналогия со свёрточными сетями

Для анализа изображений можно использовать пространство контекстов, состоящее из всех возможных сдвигов изображения относительно его центра (см. рисунок 1). Понятия, которыми описывается изображение – это набор состояний точек, из которых складывается изображение. При этом любое состояние каждой точки – это уникальное понятие. Правила трактовки для таких контекстов – это умение виртуально сдвигать любое изображение в соответствии с параметрами контекстов, т.е. знание о том, в какую точку переходит каждая при соответствующем смещении. В таком подходе память – это набор образов, увиденных в разных местах и приведённых к центру изображения. Можно сказать, что круг в левом нижнем углу на рисунке 1 будет обнаружен в контексте соответствующего смещения и запомнится как приведённый к центру всего изображения. Если этот круг будет увиден в другом месте, то соответствующее смещение приведёт его к центру, и контекст этого смещения этот круг узнает. Когда пространство контекстов обнаружит его в правом верхнем углу, оно получит не только знание о том, что увиден круг, но и понимание того, что в правом верхнем углу есть нечто знакомое. Т.е. оно сможет узнать само понятие «правый верхний угол» по тому, что именно с точки зрения этого понятия картина стала осмысленной.

³ Примером «слепой» зоны, возникающей в классическом подходе, может служить случай с автопилотом Тесла, когда, опираясь на формальное определение, автопилот не смог отличить светофоры, перевозимые на грузовике, от светофоров, установленных на дороге (Автопилот Tesla сошёл с ума из-за грузовика со светофорами. Tesla не готова к полностью беспилотному движению. Новости. 07 июня 2021 <https://www.ixbt.com/news/2021/06/07/avtopilot-tesla-soshjol-s-uma-izza-gruzovika-so-svetoforami.html>. https://futurism.com/the-byte/tesla-autopilot-bamboozled-truck-traffic-lights?utm_source=ixbtcom).

Описанный подход к анализу изображений очень похож на подход свёрточных сетей [6]. В нём ядра свёртки примеряются ко всем позициям изображения и там, где обнаруживается совпадение, делается вывод о присутствии соответствующего ядра. Разница в том, что в свёрточных сетях память, то есть набор ядер свёртки, приводится к описанию, т.е. изображению, а в предлагаемом подходе изображение сдвигается так, чтобы привести к памяти.

На начальном уровне и контекстный, и свёрточный алгоритмы дают математически эквивалентный результат. Но в последующем контекстно-смысловой подход принципиально отличается от свёрточных сетей. Во-первых, он не опирается на заданные априори правила свёртки, а позволяет построить пространство контекстов, наблюдая за внешним миром. Это даёт возможность использовать контексты не только для анализа изображений, но и для работы с произвольной информацией другого рода. Во-вторых, свёрточные сети порождают матричные описания, а контекстно-смысловая модель — семантические, что меняет все последующие этапы обработки.

6 Контекстный перенос опыта

Тот факт, что все контексты имеют свою копию единой памяти, позволяет осуществлять контекстный перенос знаний. Опыт, полученный в одном контексте, может быть использован во всех других контекстах.

Для зрительного восприятия перенос опыта из одного контекста в другой вполне естественен и обоснован природой зрительной информации. Но в общем случае возможность использовать опыт одного контекста в других контекстах — вопрос открытый.

Например, гидравлические законы неплохо переносятся на законы теории электрических схем, порождая метод электрогидравлических аналогий. Но законы классической механики оказываются неприменимы при описании квантовых систем.

Чтобы разрешить вопрос применимости «чужого» опыта, можно при формировании оценки вероятности наличия явления R_p учитывать близость к тому контексту, где этот опыт был получен, т.е. полагать, что если некая описательная картина имела место в одном из контекстов, то и в похожих на него контекстах эта картина может быть уместна.

Для реализации этого потребуется усложнить элементы памяти m , дополнив их информацией r_{obs} (*observed*) о близости того контекста, где воспоминание наблюдалось, к текущему контексту.

Пусть каждый контекст имеет собственную память M^C с элементами $m_i^C = (m_i, r_{obs_i}^C)$.

Память каждого контекста состоит из одних и тех же воспоминаний-описаний m , общих для всех контекстов, дополненных индивидуальными оценками r_{obs}^C , характеризующими вероятность применимости этого описания в этом контексте.

Величину r_{obs}^C можно сделать адаптивной. По мере того, как описание m будет проявлять себя в разных контекстах, будет повышаться значение r_{obs}^C до ближайшего проявления. Т.е. эта величина должна соответствовать мере r^C с ближайшим контекстом, которому описание m позволило создать адекватную трактовку. Изменится и функция определения совпадения описания с памятью.

$$R(s, M^C) = \max_i (r_{obs_i}^C \times r^S(s, m_i^C)).$$

Это позволит при получении оценки вероятности наличия явления учитывать не только величину совпадения трактовки с воспоминанием, но и вероятность возможности перенесения опыта, стоящего за этим воспоминанием, в контекст рассматриваемого явления.

Вопрос контекста передаваемой информации особенно актуален в свете возникающей «синергии между ИИ и Интернетом вещей» [7] и «слияния информации, благодаря ИИ» [8].

7 Креативность

Из описанной процедуры контекстного переноса опыта можно вывести следствия, объясняющие некоторые аспекты творчества.

Окружающий мир порождает связанные с ним описания, в которых в пространстве контекстов проявляется набор возможных смыслов. Наиболее вероятные из них ведут к простым понятным умозаключениям и очевидным поступкам. Следования этим смыслам достаточно для адекватного восприятия мира и формирования разумного поведения.

Интерес представляют и менее вероятные смысловые альтернативы. Их выбор несёт большой риск совершения ошибки и требует исследовательского поведения. Выбрав альтернативу, связанную с далёким контекстным переносом, человек получает странное толкование, которое в ряде случаев бывает неадекватно реальности. Чтобы убедиться в этой неадекватности, недостаточно одного взгляда. Требуется анализ следствий, то есть проверка полученного переноса в других ситуациях. И если оказывается, что перенос действительно адекватен, то это отражается в модификации связанных с памятью соответствующих оценок r_{obs}^C . Т.о., формирование пространства контекстов — это не только построение правил трактовки, приобретение опыта и расчёт системы близости контекстов, но и адаптация памяти контекстов к такой системе контекстного переноса, которая будет адекватна реальному миру.

На пути формирования системы переноса опыта есть две основные опасности. Человек может отказаться от трудоёмкого поиска и риска неизбежных ошибок и сформировать консервативную систему, в которой контекстный перенос будет ограничен наиболее очевидными близлежащими понятиями. И наоборот, может оказаться, что решение о возможности переноса будет приниматься без достаточной проверки адекватности получаемого результата. Тогда человек будет склонен к генерированию фантазий, обладающих только поверхностным сходством с реальностью. Но поскольку крушение фантазий по разным причинам может быть болезненно, то часто у таких людей формируется модель поведения, в которой они не пытаются проверять эти фантазии на адекватность, а предпочитают всячески оберегать свой «карточный домик» от столкновения с реальным опытом.

Если же удаётся создать богатую систему адекватного контекстного переноса, то тогда у человека проявляется качество, которое принято называть *креативностью*. Использование близкого контекстного переноса позволяет адаптировать открытые ранее принципы, технические решения и алгоритмы для использования в очевидных аналогичных ситуациях. Это важная деятельность, которая, однако, имеет скорее рутинный, чем творческий характер. Принципиально новое появляется только тогда, когда удаётся совершить далёкий и при этом адекватный контекстный перенос.

Другая форма контекстного переноса — это использование аллегорий. Яркие художественные произведения всегда аллегоричны. Адекватность стоящего за аллегориями мира делает повествование единым и целостным. Можно не понимать в целом описываемый мир, но чувствовать наличие в нём внутренней логики. Можно предположить, что та легкость, с которой великие творцы создают свои произведения, во многом связана с развитостью их системы далёкого контекстного переноса и удачным выбором исходной истории. Если у «ограниченного в переносе» автора уже сформирован и закреплён опытом соответствующий стереотип мышления, то появление у него далёких адекватных аллегорий маловероятно.

Заключение

В этой части статьи рассмотрены контексты и формируемое из них пространство контекстов. Используя контексты, можно подойти к описанию смысла, стоящего за понятиями. Но полное понимание смысла требует описания ряда принципов, свойственных мышлению, ко-

которые планируется представить в следующих частях. В них будет дан анализ ряда актуальных работ по теме [7, 8 и др.] и показано, что описываемая контекстно-смысловая модель биологически обоснована и позволяет объяснить известные факты строения и работы реального мозга.

Благодарности

Автор благодарит Дмитрия Кашицына, Дмитрия Шабанова и Николая Боргеста за помощь в обсуждении и подготовке настоящей статьи.

Список источников

- [1] **Chomsky, N.** Introduction to the formal analysis of natural languages / Noam Chomsky, George A. Miller // Handbook of mathematical psychology, 1963. Volume II. P.269–321.
 - [2] **Редозубов, А.Д.** Формализация смысла. Часть 1 / А.Д. Редозубов // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №2(40). – С.144-153. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-144-153.
 - [3] **Wille, R.** Restructuring Lattice Theory: An Approach Based on Hierarchies of Concepts / R. Wille. In: Rival I. (eds) Ordered Sets. NATO Advanced Study Institutes Series (Series C — Mathematical and Physical Sciences), 1982, vol 83. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-7798-3_15.
 - [4] **Айвазян, С.А.** Прикладная статистика: классификация и снижение размерности / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. - Москва: Финансы и статистика, 1989.
 - [5] **Turing, A.** Computing Machinery and Intelligence / A. Turing // Mind, vol.LIX, no.236. October 1950. P.433-460.
 - [6] **LeCun, Y.** Convolutional networks for images, speech, and time-series / Y. LeCun, Y. Bengio // The handbook of brain theory and neural networks, Cambridge, MIT Press, 1995.
 - [7] **Mishra, M.** Context-Driven Proactive Decision Support for Hybrid Teams / M. Mishra, P. Mannaru, D. Sidoti, A. Bienkowski, L. Zhang, K.R. Pattipati // AI Magazine, FALL 2019. P.41-57.
 - [8] **Snidaro, L.** Recent Trends in Context Exploitation for Information Fusion and AI / L. Snidaro, J. Garcia, J. Llianax, E. Blasch // AI Magazine, FALL 2019. P.14-27.
-

Сведения об авторе

Редозубов Алексей Дмитриевич, 1968 г. рождения. Прикладной математик. Учился в Ленинградском политехническом институте прикладной математике. Длительное время занимался изучением механизмов восприятия художественных произведений, математическим анализом явлений и построением объясняющих моделей. Соучредитель Фонда поддержки научных исследований механизмов работы мозга, лечения его заболеваний, нейромоделирования имени академика Натальи Петровны Бехтеревой. Область интересов – создание сильного искусственного интеллекта, основанного на нейрофизиологии. Author ID (Scopus): 57218267840. galdrd@gmail.com.



Поступила в редакцию 07.09.2021, после рецензирования 20.09.21. Принята к публикации 24.09.2021.

Formalization of the meaning. Part 2. Space of contexts

A.D. Redozubov

Fund named after Academician Natalia Bekhtereva, St. Petersburg, Russia

Abstract

In the first part of the article, it was shown that there is a significant difference between the concepts given through definitions described by sets of features, and those concepts that a person operates and behind which there is an idea of meaning. It has been suggested that this is the key point in differentiating the concept of traditional artificial intelligence

and strong artificial intelligence. It was proposed to use related points of view, which can be described by appropriate contexts, to formalize natural concepts. This part of the article provides a formalization of the context as a unique point of view. With the context the original description acquires interpretation, its characteristic feature for this context. The use of previous experience allows us to check the adequacy of the received interpretation. By comparing the concepts used with their contexts, it is possible to obtain a space of contexts that is able to search for potentially possible meanings in the incoming information. The use of the context space allowed us to describe the mechanism for transferring experience from one context to another. Based on the contextual transfer, an explanation of the phenomenon of creativity and a description of its nature are given.

Keywords: concept, meaning, context, brain, artificial intelligence, strong artificial intelligence, creativity.

Citation: Redozubov AD. Formalization of the meaning. Part 2. Space of contexts [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2021; 11(3): 309-319. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-309-319.

Acknowledgment: The author thanks Dmitry Kashitsyn, Dmitry Shabanov, and Nikolay Borgest for their help in discussing and preparing this article.

List of figures

Figure 1 – Pre-shift image (1), eye-shift p, post-shift image (2)

Figure 2 – Conditional description of a monoblock computer before recognition (1) and after (2)

Figure 3 – Computing structure of context

Figure 4 – «It's the hat» advertisement, Serviceplan Hamburg, München, Germany

Figure 5 – An example of contraction of two areas of local activity (a) to their maxima (b).

(Obtained by Dmitry Kashitsyn when modeling a contextual model of visual perception, 2020)

References

- [1] **Chomsky N, Miller GA.** Introduction to the formal analysis of natural languages. Handbook of mathematical psychology, 1963. Volume II, p.269–321.
- [2] **Redozubov AD.** Formalization of the meaning. Part 1 [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2020; 11(2): 144-153. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-144-153.
- [3] **Wille R.** Restructuring Lattice Theory: An Approach Based on Hierarchies of Concepts. In: Rival I. (eds) Ordered Sets. NATO Advanced Study Institutes Series (Series C — Mathematical and Physical Sciences), 1982, vol 83. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-7798-3_15.
- [4] **Ayvazyan SA, Buch-stacker VM, Enyukov IS, Meshalkin LD.** Applied statistics: classification and dimensionality reduction [In Russian]. Moscow: Finance and Statistics, 1989.
- [5] **Turing A.** Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, vol.LIX, no.236. October 1950. P.433-460.
- [6] **LeCun Y, Bengio Y.** Convolutional networks for images, speech, and time-series, In The handbook of brain theory and neural networks, Cambridge, MIT Press, 1995.
- [7] **Mishra M, Mannaru P, Sidoti D, Bienkowski A, Zhang L, Pattipati KR.** Context-Driven Proactive Decision Support for Hybrid Teams. *AI Magazine*, 2019; FALL: 41-57.
- [8] **Snidaro L, Garcia J, Llianax J, Blasch E.** Recent Trends in Context Exploitation for Information Fusion and AI. *AI Magazine*, 2019; FALL: 14-27.

About the author

Alexey Redozubov (b. 1968), an applied mathematician. Studied applied mathematics at the Leningrad Polytechnic Institute. For many years he studied the mechanisms of perception of works of art, mathematical analysis of the phenomenon and the construction of an explanatory model. He is a co-founder of the Fund for the support of scientific research of brain mechanisms, treatment of its diseases, and neuro-modeling named after Academician Natalya Bekhtereva. His area of interest is the creation of strong artificial intelligence based on neurophysiology. Author ID (Scopus): 57218267840. galdrd@gmail.com.

Received September 07, 2021. Revised September 20, 2021. Accepted September 24, 2021.

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 629.7:004.89

DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-320-338

Онтология проектирования современного университетского профильного музея

Н.В. Богданова¹, Н.М. Боргест^{1,2}, С.А. Власов¹, Д.С. Глибодский¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

²Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия

Аннотация

Работа посвящена концепции современного профильного музея на примере музея авиации и космонавтики Самарского университета. Развитие Куйбышевского авиационного института, а впоследствии Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королева определило необходимость в совершенствовании экспозиций музея и предложить новую концепцию музея, существенно расширить его роль и значение во внешних связях, в образовательной и научной деятельности университета. В основу проектирования концепции музея положен онтологический подход. Проведён анализ законодательной базы музейной деятельности в Российской Федерации, рассмотрены взгляды философов и историков на концепцию музея, практики проектирования современных музеев, особенности профильных университетских музеев. Предлагается виртуально включить в музей локации, существующие в университете независимо и применяемые в учебном процессе, используя для этого, в том числе, режим онлайн-трансляции. Это: учебный аэродром, на котором представлены образцы авиационной техники; крупнейший в Европе Центр истории авиационных двигателей, самолётный класс и класс оборудования; музей истории КуАИ-СГАУ. Важным и значимым являются, с одной стороны, сохранение преемственности в экспозициях музея, с другой стороны, предложение инновационных решений, которые будут востребованы целевой аудитории, на которую работает и ориентирован музей. Предлагается сделать упор в музее на футуристичность, на музей будущего, на широкое использование информационных технологий, представление новых и будущих проектов, на расширение объёма тематического материала через QR-коды, позволяющие дополнить аудио- и видеоматериалы посетителям. Оснащение музея двуязычными основными надписями и аудиогuidaми – непреложное требование к современному музею. Наличие оригинальной подсветки, движущихся моделей и экспонатов, летающих дронов и махолётов, применение технологий виртуальной, дополненной и расширенной реальности, а также «релакс-зоны» в форме салона самолета позволит добиться нужного впечатления у посетителей об университете будущего.

Ключевые слова: музей, университет, авиация, онтология, информационные технологии.

Цитирование: Богданова, Н.В. Онтология проектирования современного университетского профильного музея / Н.В. Богданова, Н.М. Боргест, С.А. Власов, Д.С. Глибодский // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №3(41). – С.320-338. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-320-338.

Предисловие

Уже около пятидесяти лет Музей авиации и космонавтики является ярким явлением в биографии Куйбышевского авиационного института имени С.П. Королева, а сейчас Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королева. Но ничто не вечно под Луной, ничто не стоит на месте, а в авиации – по определению всё должно не просто двигаться, а летать.

«Летать и строить, строить и летать» - именно этот девиз главного конструктора отечественных космических систем С.П. Королёва украшает надпись на входе в нынешний музей, носящий его имя. Следуя этим важным принципам эволюции, университетский музей авиации и космонавтики имени С.П. Королева решил вновь подтвердить статус передовой отрасли науки и техники, раздвигающей горизонты; отрасли, которая расширяет возможности человечества, отрывает его (в полном смысле этого слова) от земного притяжения и уносит мысленно и физически в бесконечные просторы Вселенной.

Коллектив романтиков, увлечённых своим делом, поставил себе задачу создать концепцию музея будущего, не забывая при этом о великом прошлом и достижениях в настоящем. Главной сущностью в этом проекте, целевой аудиторией нового музея по-прежнему является молодое поколение¹, молодое пополнение авиаторов, которому предстоит освоить накопленные знания и внести свой вклад в создание новых артефактов, «отвергающих» законы всемирного тяготения. Главная цель – зажечь сердца юных, «заразить» их авиацией и космосом, вдохновить их на новые открытия, мотивировать на поступление в университет. Наряду с задачами, связанными с отбором мотивированной и талантливой молодёжи (абитуриентский входной поток), важная компонента музея связана также с поддержкой учебного процесса для студентов.

«Музею, в котором не возникают новые идеи,
нет смысла дальше существовать»
Hudson K. [1, p.106]

Введение

Работа посвящена концепции современного профильного музея на примере музея авиации и космонавтики Самарского университета. Музей был основан в 1975, а открыт в 1977 году. В те годы в Куйбышеве шло развитие авиастроения и космического машиностроения, строились самолёты, двигатели, ракеты и космические аппараты. Вместе с авиационной и космической отраслью активно развивался Куйбышевский авиационный институт (КуАИ) как кузница инженерных и научных кадров для предприятий и профильных институтов и лабораторий. Впоследствии КуАИ был преобразован в Самарский государственный аэрокосмический университет (СГАУ), а далее в Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева (Самарский университет). На протяжении времени своего существования музей постоянно усовершенствовал свои экспозиции, во многом сохраняя «дух» того времени - середины 70-х годов прошлого столетия.

С тех пор произошли существенные изменения как в самом университете, в аэрокосмической отрасли, в стране и в мире в целом, так в средствах и способах представления музейных материалов. Изменился ландшафт университета, университет значительно вырос, при этом его аэрокосмический профиль в угоду не обсуждаемых здесь обстоятельств был слегка «размыт» гуманитарными направлениями. Ещё недавние достижения, которые представлены в музее, уже стали историей, а перспектива стала днём сегодняшним. Традиционные формы подачи материала, стилевые решения, оформление – явно устарели. Запрос молодых людей, выросших на современных гаджетах и достижениях информационных технологий, не может

¹ Справедливости ради, стоит отметить и другие целевые группы (VIP – очень важные персоны, ветераны отрасли, выпускники университета и др.), реализация потенциальных интересов и пристрастий которых очень важна в деятельности музея в силу их прямого влияния на выделяемые ресурсы на поддержание и развитие музея. Практическое отсутствие внебюджетных средств от просветительской деятельности музея для основной целевой аудитории делает интересы этой малочисленной VIP группы значимыми при проектировании и модернизации музея. Совместить интересы и предпочтения разных культурных сред – одна из серьёзных проблем для любого музея.

реализоваться в музее, концепция которого строилась на возможностях 70-х годов. Всё это, а также накопленный в университете [2] за последние десятилетия опыт преподавания дисциплины «История науки и техники», позволили приступить к разработке новой концепции музея, устремлённого в будущее. О такой же роли музея пишут и философы, исследующие онтологию музея. «Философия и гносеология XX века фиксирует как одну из базовых характеристик человека его *проективность*. Человек есть проект – проброшенное в будущее и вовеки сущее, обретающее свою самость не как нечто статическое и фиксированное, но как отложенное и выброшенное вовеки. Проективность как терминологический концепт использовалась философами ... от Хайдеггера, Ясперса до Сартра и Камю». Одним из следствий проективности является «проброшенность в будущее... Полагание и удержание будущего есть полагание и удержание самости. Самость конституируется не в горизонте настоящего или прошлого, но в горизонте будущего ... и *нацеленности на будущее*» [3].

«Философы лишь различным образом объясняли мир,
но дело заключается в том, чтобы изменить его»
К. Маркс [4]

1 Философский взгляд на концепцию музея²

Надлежит воспользоваться заветам К. Маркса и попытаться изменить взгляд на кажущуюся вполне благополучную картину существования конкретного университетского музея. Логично начать рассмотрение той или задачи с общих позиций, максимально широко обозревая проблему с разных точек зрения, опираясь на общие принципы и понятия. Никто кроме философов, сделать это, пожалуй, не сможет. Поэтому им слово.

Проект музея и его необходимость базируются на сущностных основаниях, которая подкрепляется онтическими и социальными обстоятельствами. Музей онтически подкреплён как традирование, сбережение и как компенсационной локус. Музей фундирован и в динамике игры своего иного и с процессами воспитания. В современном мире именно музей наиболее чутко реагирует на потребности компенсации, где ситуация в «вещном» мире такова, что вещь исчезает и на её место заступает функция, мультиплицирующая в одноразовых предметах. Компенсационная реакция: лишь музей сохраняет вещь, делая из неё, как правило, муляж, декорацию. Компенсационные механизмы, действующие в музейном пространстве, – не единственные причины, вызывающие бум музеефикации. В музее, как в «зеркале», отражаются онтологические и фундаментальные и, одновременно, сиюминутные, преходящие тенденции культурного дрейфа. Однако, при всей пригнанности и онтической зависимости феномена музея, в его деятельности можно зафиксировать довольно жёсткие конститутивы.

Прежде всего, музей служит для репрезентации того, что номинировано (внятно и бездоказательно) на статус ценности. Сам же механизм репрезентации – это уже форма традирования, механизм, обеспечивающий это самое традирование.

Музейное пространство сберегает то, что подлежит сохранению.

² В этом разделе авторы стремились сохранить «причудливый» язык философов, опираясь в основном на работу [3]. Эта «причудливость» как защитная реакция философов, стремящихся оставаться в облаках философской мысли, не опускаться с них к земным, рутинным заботам, требующим разрешения. Эта культурная традиция достойна уважения, т.к. предлагает самый широкий взгляд на исследуемые процессы, рассматривая их с разных, порой касалось бы и не связанных сторон, находя разного рода полезные обобщения. Последнее, видимо, и является основанием для появления языка обобщений, языка философии, языка, уводящего в мир идей, нечётких понятий, абстракций и чуждого какой-либо конкретики... Однако в технических науках, инженерам всегда хочется взять больше от философской мысли, увидеть в ней формализмы, которые позволили бы приблизиться к реализации задуманного, к проектной практике, решить насущные проблемы в своих предметных областях. Думается, что научная дисциплина, подобная онтологии проектирования, вносит свой вклад в разработку «транслятора» с языка философских и иных обобщений, который способен дать инженеру необходимый инструмент (методологию, метод, методику, алгоритм, тезаурус...) для решения конкретных, важных в реальной жизни проблем и задач.

Зона музейного сбережения, выступает как приоритетная для государственных институций, использующих её как пространство, где можно внедрять любые нужные механизмы сборки индивида или репрезентации ценностей. Соответственно, это пространство, нуждающееся не только в экспликации на политическом или институциональном уровне, но на уровне тех процессов, которые и запускают механизмы традирования, сбережения, памятования, времени или компенсационной игры, т.е. на уровне онтики...

Завершить философский раздел хотелось бы очевидным для многих выводом о важности музейного института в общественном развитии. Для взрослеющего университета, развивающегося и растущего, наличие музея в инфраструктуре – это важный знак, говорящий о высоком культурном статусе образовательного учреждения, о нацеленности его на будущее.

2 Взгляды историков, педагогов и музейных работников на концепцию музея

Историки наиболее близки к музейной деятельности и во многом «повинны» в создании музеев и нынешнем бурном развитии музейного дела. Вторя философам, они развивают свою философию [5-8], споря о деталях концепции музея [9-13]. Отстаивание своих позиций и взглядов на музей говорит, с одной стороны, о различиях в представлении атрибутов этой сущности и их значении, разных контекстных средах музея, с другой, о продолжающемся формировании и развитии самой сущности – музея [12-17].

«Если первоначально между экспозицией и зрителем было стекло витрины, отделявшее реконструкцию прошлого или интерпретацию настоящего от реального мира, то новые музейные экспозиционные практики стремятся уничтожить любую границу между зрителем и субъектом показа. Следствием указанной технологии является, с одной стороны, развитие игровых форм, познавательных и просветительских программ, использующих любые воспроизведения музейных предметов (копий, макетов, моделей, репродукций), с другой – утрата способности узнавания посетителем свойств подлинного музейного предмета» [6].

Музей выступает в качестве обязательного социокультурного института, где общие тенденции массовой культуры побуждают видоизменять характер музейного пространства и превращать его в площадку для перформансов, хэппенингов, инсталляций и т.п.

«Музей – пространство тайны и интриги, предполагающее прежде открытость посетителя». При этом «большое значение приобретает эмоциональная нагруженность предмета, его способность вызывать переживания особого рода, т.е. предмет рассматривается не как носитель однозначного смысла, но как то, что даёт возможность множества интерпретаций» [5].

При этом большинство музейных работников придерживаются консервативной концепции музея, музея как храма, учреждения с особым статусом, считают не достойным для музея быть площадкой для самореализации не всегда «культурно подкованных» блогеров и разных представителей т.н. «современного искусства», и что партнёров для музея надо выбирать очень осторожно, ориентируясь на высокий уровень культуры и профессионализма... Привлекать в музей нужно уникальными экспонатами, интересными проектами, встречами с уникальными людьми и т.п., а не перформансами... Молодежь надо воспитывать в том духе, что поход в музей - это престижно, так же как на концерты классической музыки.

«Музей – важнейший институт сохранения наследия и научный центр, поэтому вольные интерпретации, порой в угоду социальной обстановке, не допустимы, ибо эта вольность ведёт к искажению исторической действительности, утрате памяти и формированию асоциального сознания» [13].

Согласно [17], проектирование музейной деятельности начинается с разработки основных документов. Это научные концепции, сценарии и проекты художественного решения. В концепции видов музейной деятельности рассматриваются:

- *в научно-фондовой работе* - проблемы научного комплектования, учёта, хранения, изучения и использования музейных предметов и коллекций;
- *в научно-исследовательской работе* - вопросы исследования музейных предметов и коллекций, среды их бытования, а также формы и методы их использования (важно проводить не только профильные исследования и изучение музейных предметов, но и социологические исследования с целью выявления восприятия музейной деятельности посетителем и для повышения эффективности использования музейного собрания);
- *в научно-просветительской работе* - принципы деятельности музея и формы его сотрудничества с посетителем, ставятся проблемы разработки сценариев и методик работы с посетителем, использования интерактивных форм и применения методов музейной педагогики с дифференцированным учётом аудитории разных типов;
- *в экспозиционно-выставочной работе* - вопросы научного подхода к экспозиционной публикации музейных предметов и коллекций, формы их использования, а также сценарии экспозиций и выставок;
- *в редакционно-издательской деятельности* - вопросы подготовки музейных публикаций, как научных, так и информационных;
- *в административно-хозяйственной деятельности* - вопросы менеджмента и маркетинга в музее в соответствии с современными условиями.

Рольные функции участников музейной деятельности могут не только меняться, но и дополняться. Посетитель музея - не только зритель. Он также выступает в роли творческого сотрудника музея, ученика, учителя, исследователя, интерпретатора. Он взаимодействует не столько с экспозицией, сколько с музейным предметом, находящимся в экспозиции, фондах, в ходе интерактивных занятий и т.д. Сводить задачи музея только к экспозиции, значить урезать сущность и значение музея как социального института.

Музей – не коммерческое учреждение, а социальный институт сохранения памяти и передачи опыта поколений. В музеях Западной Европы в 1970-е годы предпринималась попытка коммерциализации музеев, но к концу XX века там отказались от этой установки [17].

Первый в России учебник по теоретическим основам музееведения и методике музейной работы подготовлен в Российском институте культурологии Министерства культуры РФ [18]. В нём анализируются причины возникновения музеев в различных регионах мира, прослеживается становление и развитие музея как социокультурного института, показывается его место и роль в конкретной исторической эпохе. Рассматриваются социальные функции музеев, их научно-исследовательская работа, вопросы фондовой, экспозиционной и культурно-образовательной деятельности, а также менеджмента и маркетинга.

Накопленный опыт философов, историков, культурологов, педагогов и музейных работников позволил выработать международные стандарты [19] и сформировать нормативную базу музейной деятельности [20, 21].

3 Нормативная база музейной деятельности

Обзор международных стандартов музейной деятельности представлен в работе [19], где анализируются разнообразие стратегий в различных странах, стандарты и лучшие практики в США, системы оценки музеев в Великобритании и Германии, музейные стандарты в Канаде, Новой Зеландии, Австрии, Нидерландах, Франции и Италии. Распространённое заблуждение относительно стандартов музейной деятельности заключается в том, что их воспринимают как ограничение для творчества. Стандарты задают не верхнюю, а лишь нижнюю планку. Можно провести параллель и с образовательными стандартами, которые задают минимальный уровень владения компетенциями, который должен приобрести каждый обучающийся.

Современный музей – это не только творческая деятельность, но и сложный технологический комплекс, который не может работать без стандартов. Такие документы, как «Инструкция по учёту и хранению музейных ценностей», являются стандартом для отдельных видов музейной деятельности.

Установление нижней планки качества позволяет музеям сохранить свои профессиональные рамки, которые в последние годы размываются. Введение аккредитационных схем с сопутствующими стандартами позволяет сохранять сущность понятия «музей» и не допускает использование термина для организаций, осуществляющих иные виды деятельности.

Система стандартов музейной деятельности – это своеобразный контрольный список для менеджмента музея. Принятие стандартов являются добровольным – это удобный инструмент для управления музеем, а не система унификации. Кроме того, стандарты должны изменяться, как изменяется сегодня сам музей.

В монографии [19] собран опыт многих стран, где музейные стандарты используются очень давно. Книга обращает внимание на важность стандартов в музейной деятельности и позволяет рассмотреть вопрос их применимости в практике российских музеев.

Федеральный закон (ФЗ) [20] определяет особенности правового положения Музейного фонда Российской Федерации (РФ), а также особенности создания и правовое положение музеев в РФ и распространяется на все действующие и вновь создаваемые музеи в РФ.

ФЗ определяет основные понятия (ст.3 ФЗ). В частности:

культурные ценности - движимые предметы материального мира независимо от времени их создания, имеющие историческое, художественное, научное или культурное значение;

музейный предмет - культурная ценность, качество либо особые признаки которой делают необходимым для общества её сохранение, изучение и публичное представление;

музей – это некоммерческое учреждение культуры, созданное собственником для хранения, изучения и публичного представления музейных предметов и музейных коллекций, включенных в состав Музейного фонда РФ, а также для достижения иных целей, определённых настоящим ФЗ;

публикация - одна из основных форм деятельности музея, предполагающая все виды представления обществу музейных предметов и музейных коллекций путём публичного показа, воспроизведения в печатных изданиях, на электронных и других видах носителей, размещения сведений о музейных предметах и музейных коллекциях в Интернет.

Музеи в РФ создаются в форме учреждений для осуществления *культурных, образовательных и научных* функций некоммерческого характера (ст.26 ФЗ). При этом целями создания музеев в РФ являются (ст.27 ФЗ):

- просветительная, научно-исследовательская и образовательная деятельности;
- хранение музейных предметов и музейных коллекций;
- выявление и собирание музейных предметов и музейных коллекций;
- изучение музейных предметов и музейных коллекций;
- публикация музейных предметов и музейных коллекций.

В [21] выработаны Единые правила организации комплектования, учёта, хранения и использования музейных предметов и музейных коллекций в РФ. В этих правилах прописаны: общие положения по хранению музейных предметов; требования к условиям микроклимата, обеспечивающим сохранность музейных предметов и защиту помещений от биологических повреждений; хранение предметов из металла и других материалов; хранение фотографических материалов; хранение цифровых музейных предметов; порядок использования музейных предметов и обеспечение физической сохранности музейных предметов и музейных коллекций; маркировка музейных предметов; рекомендации по функционалу цифрового репозитория и мн.др. полезной информации.

Не менее важны и детальные рекомендации по проектированию музеев (см. например, [22]), в которых разработчики могут почерпнуть сведения о классификации музеев, градостроительных принципах, составе и взаимосвязи помещений, организации экспозиций, методике проектирования, панорамах и диаграммах и мн.др.

4 Информационные технологии в концепции музея

В современном музее информационные технологии, базирующиеся на онтологии ПрО, играют значительную роль [23-26]. Есть опыт использования онтологий и онтологического подхода в информационной поддержке музейной деятельности [24, 25]. В работе [24] предложены онтология ПрО для формализации музейных сущностей и онтология безопасности для формализации существующей структуры безопасности музейного учреждения и обеспечения ограничения логического вывода на графе знаний, зависящего от уровня доступа. Пример применения онтологии верхнего уровня для проектирования базы знаний музея оптики описан в работе [25].

На рисунке 1 приведена обобщённая схема информационной деятельности в музейной сфере [23].

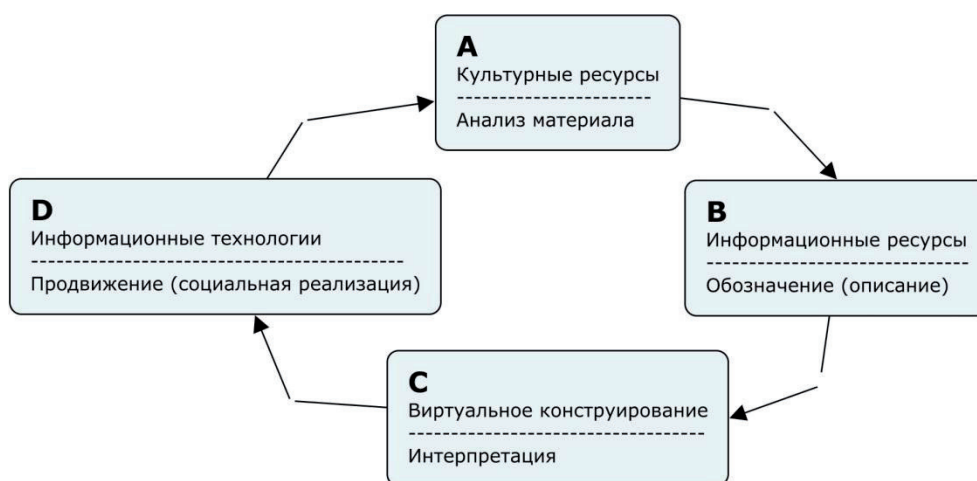


Рисунок 1 – Обобщённая схема информационной деятельности в музейной сфере [23]

Переход А -> В (культурного ресурса в информационный) символизирует превращение истощаемого ресурса в синергетический. Переход В -> С означает превращение данных в информацию, т.е. когда данные начинают использовать, и интерпретация здесь – это особое использование. Интерпретация имеет автора, адресата и предполагает ответную реакцию в виде действий или мысли. Переходы С -> D и D -> А связаны с выбором инструментария и механизма реализации [23]. Современные музеи начинают активно справляться с этими задачами путём насыщения информационными технологиями музейной деятельности.

Информационные системы в музеях обладают рядом важных возможностей:

- предоставляют справочную информацию по музею в целом (навигатор – поэтажные планы и инфраструктура музея и т.п.);
- предоставляют информацию по экспозициям (увеличенные изображения экспонатов с подробными комментариями, раскрытие понятий, виртуальные экскурсии и т.п.);
- информационно расширяют действующие экспозиции (сведения о предметах, отсутствующих в экспозиции; данные о прошедших выставках, мероприятиях и т.п.);
- кратко представляют родственные музеи (российские и зарубежные);

- усиливают восприятие за счёт применения мультимедиа технологий (звуковое сопровождение, видео- и управляемые панорамы);
- предоставляют подготовленные материалы пользователям Интернет;
- предоставляют разнообразные способы отбора и поиска необходимой информации;
- позволяют проводить анкетирование посетителей.

5 Аэрокосмические музеи мира – база знаний и опыта

В более чем 70-ти странах мира созданы и функционируют авиационные и аэрокосмические музеи³. Наибольшее количество таких музеев в США, где в каждом из 50-ти штатов есть свои аэрокосмические музеи, а в одной лишь Калифорнии их более 30-ти. К сожалению, не во всех представленных в разного рода справочниках⁴ авиационных музеев есть аэрокосмические музеи Самары и Тольятти, а российских музеев в них представлено всего 14-16.

В каталоге отечественных отраслевых музеев⁵ присутствуют Музейно-выставочный центр «Самара космическая» и Центр истории авиационных двигателей имени академика Н.Д. Кузнецова⁶.

Аэрокосмические музеи пользуются большой популярностью, в т.ч. у молодёжи, т.к. представленные экспонаты и экспозиции передовой области науки и техники демонстрируют цивилизационный тренд развития, что привлекает молодое поколение. При этом проблема популяризации музеев, как важного социального и культурного института, стоит всё ещё остро. Появляются проекты, в которых музей выступает лишь как новая оригинальная среда для реализации тех или иных бизнес-идей.

Интересный ход нашёл фотограф в своём проекте «Сводите девушку в музей»⁷. Благая цель проекта - популяризация музеев среди молодежи. Суть проекта состоит в следующем. Девушки, желающие получить фотосессию бесплатно, отправляются с фотографом в музей. Гуляя по музею, героиня осматривает экспозицию под чутким оком объектива, эмоционально реагирует на увиденное... В итоге девушка получает заветные фото, а фотограф - очередной репортаж про интересный музей для читателей своего блога. Этот проект реализован в Музее авиации и космонавтики Пермского авиационного техникума имени А.Д. Швецова.

Подобный приём используется при изучении дисциплины «История науки и техники» в Самарском университете (на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов, КиПЛА) уже более 10 лет [2]. Студенты, изучающие предмет, должны подготовить фотоотчёт о посещении музеев (предлагается не менее 3-х профильных, в данном случае аэрокосмических и близких к ним технических музеев), в которых необходимо выделить основные разделы музеев, отразить наиболее интересные экспонаты музеев, описать их и выполнить «селфи» (*selfie*), подтверждающее факт личного присутствия. Это «задание» современные студенты выполняют с особым удовольствием...

Время безжалостно уносит прожитое и нажитое, преобразует, изменяет, уничтожает, стирает в памяти цивилизации добытое знание и наработанный опыт. Задача музея - затормозить этот процесс, сохранить для потомков артефакты и культурный слой ушедшей эпохи, передать ценный опыт их создания, показать эволюцию знания, учить на примерах прошлого для формирования взгляда в будущее. Известная у онтологов формула «взгляд сверху, как проекция взглядов снизу» [27] здесь также работает продуктивно.

³ Список авиационных музеев - List of aviation museums - https://wikichi.ru/wiki/List_of_aviation_museums.

⁴ https://ru.wikipedia.org/wiki/Категория:Авиационные_музеи_России.

⁵ <https://www.culture.ru/museums/institutes/science-technology-industry/aviation-space/location-russia>.

⁶ <https://www.culture.ru/institutes/6362/centr-istorii-aviacionnykh-dvigateli-imeni-akademika-n-d-kuznecova>.

⁷ <https://starcom68-livejournal-com.turbopages.org/starcom68.livejournal.com/s/2240407.html>

6 Онтологический подход в проектировании концепции музея

Кажущееся самым очевидным и простым в онтологии – это определение границ предметной области (ПрО). Однако, это не совсем так или совсем не так [27]. Постоянно изменяющаяся классификация наук, дифференциация и интеграция её дисциплин – убедительное тому подтверждение.

Условно следующий этап онтологического анализа - это выявление сущностей в ПрО и их атрибутирование (см. рисунок 2). Условно потому, что процесс этот итерационный, идущий параллельно, начиная с малых, нечётких приближений, устремляясь и углубляясь в детали. При этом, в непрерывном пространстве знаний всегда не доходя до чётких границ ПрО (см. сноску в разделе 1), до определений сущностей и понятий, их отношений и взаимосвязей, а также значений выявленных атрибутов.

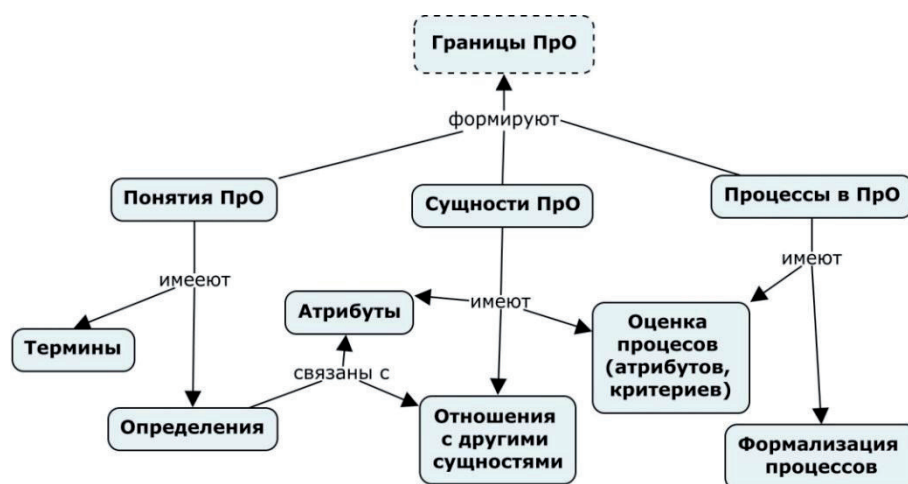


Рисунок 2 – Основные сущности онтологического подхода к формированию ПрО

ПрО как системы, согласно Г.П. Щедровицкому, «...невещные образования. Они состоят из связей, из процессов, и именно процессы определяют их границы» [28]. Если уйти дальше в историю, то следует вспомнить К. Маркса и его определение сущности человека, которая «не есть абстракт, присущий отдельному индивиду. В своей действительности она есть совокупность всех общественных отношений» [4]. Т.е. процессы и отношения между сущностями определяют границы исследуемой ПрО, сами же сущности могут быть акторами в разных ПрО. В исследуемой ПрО важны роли, которые выполняют сущности в этой ПрО.

Поэтому далее не менее важный этап - исследование происходящих процессов в ПрО, оценка их, формирование и формализация критериев как самих процессов, так и сущностей (акторов, их программных агентов), участвующих в этих процессах. В итерационном процессе исследования ПрО происходит накопление знаний, которое позволяет приблизиться не столько к формированию, сколько к временным соглашениям самих понятий в ПрО и их определений, к выработанным критериям, характеризующим происходящие (моделируемые) процессы в ПрО, к моделям агентов.

6.1 Границы ПрО «профильный университетский музей»

Чем определяются границы любой ПрО, являющейся искусственным образованием? А тем же, что и границы любого государства. Теми, кто живёт в нём, т.е. теми сущностями, которые определяют права на всё то, что находится внутри географических границ, их коммуникациями, взаимодействиями, т.е. собственными атрибутами этих сущностей и процессами, протекающими внутри этих границ.

В случае с музеем границы его ПрО можно очертить следующим образом. В первую очередь – это границы ПрО, того профиля, той темы, той идеи, которую вносят разработчики музея. Отсюда подбор тематических артефактов, содержание и описание экспозиций. Определение целевой аудитории, на которую рассчитан музей, её приоритеты, её потребности, личностный профиль посетителя. Именно атрибуты целевой аудитории являются основными критериями в стиле подачи музейного материала, в оформлении музейных помещений.

Территориальные границы – физические границы помещений, которые занимает музей, – это тот ресурс, которым располагает или готов выделить учредитель музея. Здесь также важно и месторасположение этих помещений относительно тех существностей, которые взаимодействуют.

В музее авиации и космонавтики Самарского университета (расположенного в корп.3) предполагается существенно расширить границы ПрО (территориальные и предметные) за счёт включения новых для него локаций. Это те имеющиеся у университета ресурсы, которые уже задействованы в учебном процессе, в частности (см. рисунок 3):

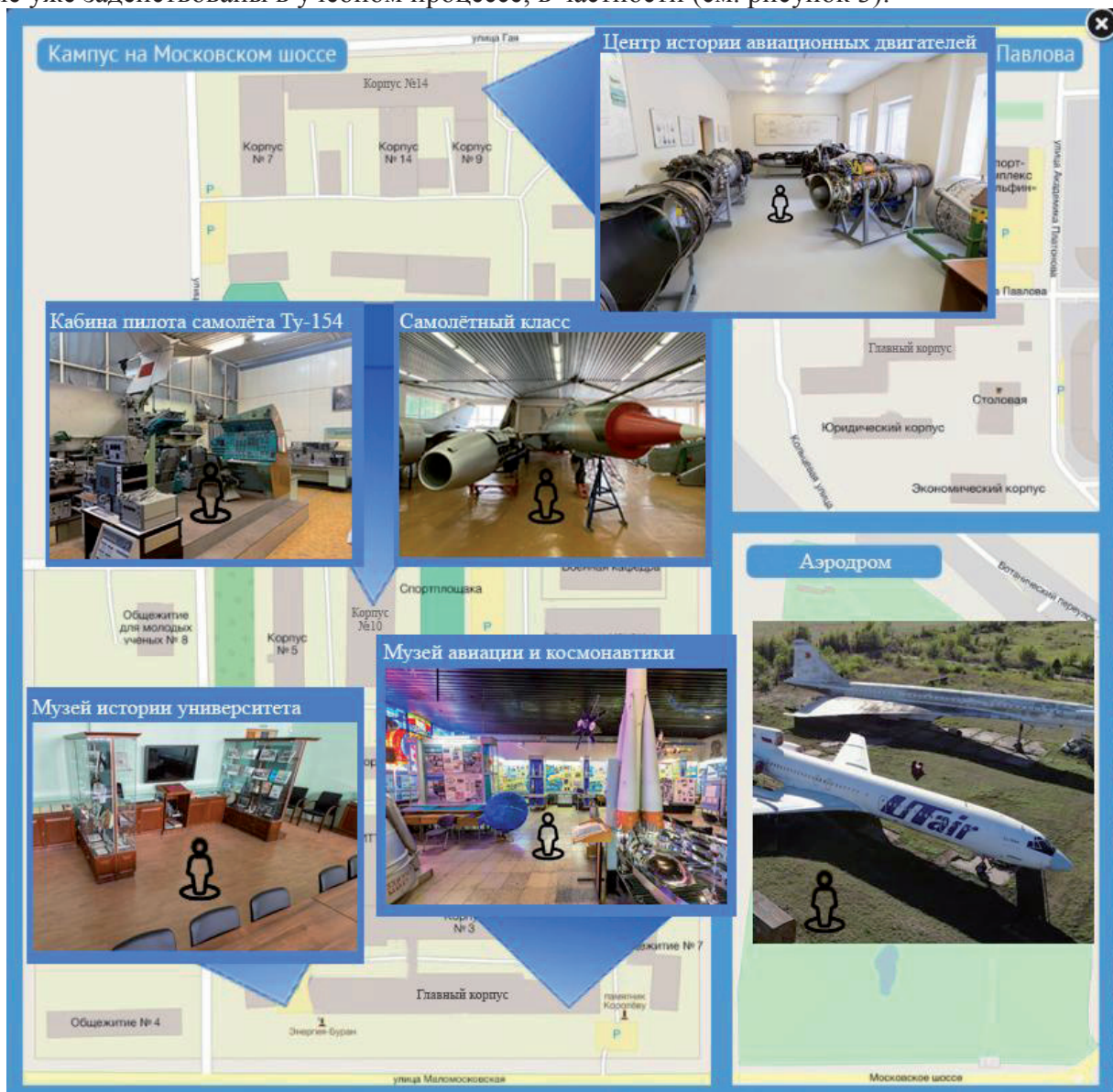


Рисунок 3 – Ресурсы Самарского университета, которые могут быть задействованы как новые локации музея авиации и космонавтики имени академика С.П. Королева

- созданный в 1953 году учебный аэродром, на котором представлены образцы авиационной техники: самолеты марок Ту, Як, Ан, вертолеты Ми и др. (расположен в поселке Смышляевка, в 20 км от кампуса Самарского университета);
- крупнейший в Европе Центр истории авиационных двигателей имени академика Н.Д. Кузнецова, содержащий около 50 отечественных и зарубежных поршневых, газотурбинных и прямоточных воздушно-реактивных двигателей, включая такие редкие экземпляры как *JUMO-004*, *AVON*, *M-601E*, НК-4, НК-6, АИ-26В и др. (корп.14);
- класс самолетного оборудования и класс самолетных агрегатов кафедры КиПЛА, в которых представлены в т.ч. такие редкие экспонаты как крылья самолетов *Boston*, *Super Aero*, МиГ-15, Як-25, Су-15, Ил-28 и др. (корп.10);
- музей истории КуАИ-СГАУ (корп.3а).

Территориальная распределённость локаций музея для современных его посетителей не будет являться препятствием, т.к., с одной стороны, установка веб-камер в локациях позволит в режиме реального времени (онлайн-трансляции с камер на экраны в музее) добиться эффекта присутствия в этих локациях и наблюдать за ходом учебного процесса в них. С другой стороны, установка мониторов (экранов) в музее под эти новые локации позволит подключить виртуальные туры по ним. Разработка виртуальных туров расширит аудиторию музея за счёт внешних пользователей, даст возможность им и посетителям самостоятельно изучать музейные артефакты.

Музей завтрашнего дня должен стать любимым местом проведения досуга целевой аудитории. Необходимо создать «моду» на посещение музея. Задача музейных работников – использовать потребность человека в культурном отдыхе. Решить эту задачу можно с помощью методов, основанных на активном участии посетителей в процессе познания. Одним из таких методов может быть представление музейной коммуникации как игры. Чтобы личность получала удовольствие от процесса познания, необходимо формирование соответствующих привычек. В этом случае посещение музея может стать своеобразным промежуточным звеном между развлечением и учёбой. Кратко метод можно описать так: *История + Игра + Творчество = Созидательная личность*. Музей с его спецификой и возможностями способен в игровой форме научить людей получать удовольствие от творчества. Таким музеем и должен стать музей авиации и космонавтики имени С.П. Королева.

6.2 Сущности и процессы

Важными сущностями в музее являются экспонаты: реальные (настоящие и их копии или макеты) и виртуальные (компьютерные модели, онлайн демонстрации и др.), и их информационное сопровождение в различных формах. Наибольшую ценность представляют подлинные артефакты, соответствующие тематике музея.

Действующими лицами в музее (актерами) являются посетители и работники музея, которые стремятся помочь посетителям максимально интересно (с пользой) провести время. Для этого необходимо атрибутировать сущности с учётом их ролевого поведения и их интересов в ПрО, а также сформировать критерии, оценивающие процесс совместного их функционирования.

Разработка приложения с технологией дополненной реальности позволит пользователю самому принимать активное участие в экскурсии. При наведении камеры своего смартфона на определённую метку (*QR* код) экспоната музея на экране смартфона появится онлайн-гид, рассказывающий (и возможно, показывающий, см. рисунок 4) подробную информацию о выбранной теме или экспонате (например, про выбранный пользователем временной период становления авиации или историю создания и характеристики представленного артефакта).

Оснащение музея двуязычными аудио-гидами и основными надписями – непреложное требование к современному музею. В рамках модернизации действующего музея авиации и космонавтики планируется обновить информационные стенды, добавив в них мультимедийное оборудование (экраны, сенсорные экраны и справочный киоск). Предполагается использовать фрагмент фюзеляжа самолёта с мультимедийными экранами, встроенными в иллюминаторы, для показа истории авиации (рисунок 5).

После прохождения всей экскурсии пользователю можно предложить тест на знание музея. Успешно пройдя его, пользователь может получить сувенир на память (рисунок 6), который может изготавливаться на 3D принтере во время проведения экскурсии. Совмещение передовых технологий с музейными экспонатами – историческими артефактами позволит воочию увидеть прогресс техники, «заразиться» стремлением к новым знаниям. Подобные решения, наряду с летающими дронами и машущими крыльями аппаратами, наличие оригинальной подсветки, движущихся моделей и экспонатов, применение технологий виртуальной, дополненной и расширенной реальности, а также релакс-зоны в форме салона самолета (рисунок 7) позволят добиться желаемого впечатления у посетителей об университете будущего.

В рамках реализации идеи создания музея будущего, уместна демонстрация перспективных разработок Самарского университета. В частности, предлагается использовать разрабатываемые в университете инновационные учебно-тренировочные комплексы, адаптированные в своей реализации на целевую аудиторию музея. В качестве примеров подобных разработок могут быть задействованы:

- учебно-тренировочный комплекс для операторов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), объединяющий в себе виртуальную реальность и реальный дрон⁸ (см. рисунок 8);
- робот-проектант самолёта (см. рисунок 9) [29] и др. разработки.

Подобные приёмы уже нашли своё воплощение в авиационных музеях, в частности, в музее *Aeroscopia* завода *Airbus* в Тулузе. На рисунке 10 представлены фрагменты фотототчёта о посещении этого музея. Французский «робот-проектант» сначала показывают три типа самолетов, которые нужно собрать. Потом предлагает на выбор носовые части, двигатели, киль и др. Можно склеить даже уродца, который в воздух не поднимется... Собрав, например, Конкорд, его можно покрасить и дать ему имя.

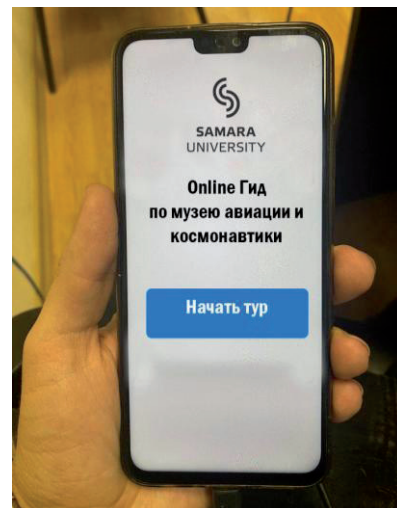


Рисунок 4 – Проект онлайн экскурсовода по музею авиации и космонавтики Самарского университета

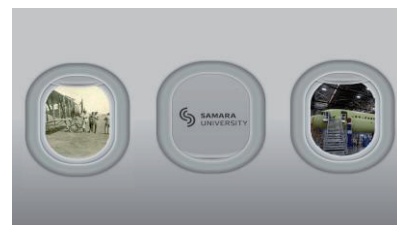


Рисунок 5 – Демонстрация фильмов на экранах, встроенных в фюзеляж



Рисунок 6 – Вариант музейного сувенира



Рисунок 7 – Релакс-зона для посетителей музея

⁸ Самарские ученые разработали уникальный тренажер, который упростит и ускорит обучение пилотов БПЛА. - <https://ssau.ru/news/18853-samarskie-uchenye-razrabotali-unikalnyy-trenazher-kotoryy-uprostit-i-uskorit-obuchenie-pilotov-bpla>.

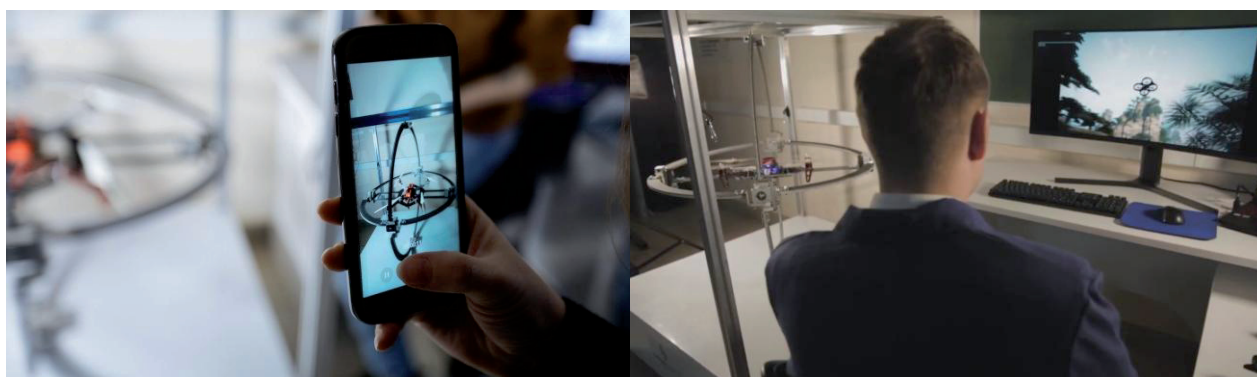


Рисунок 8 – Учебно-тренировочный комплекс для операторов БПЛА



Рисунок 9 – Внешний вид демонстрационного образца «Робота-проектанта» [29]

Есть также тренажёр, сидя в котором и управляя виртуальным самолётом нужно попасть в 10 кругов, которые возникают на экране то выше, то ниже горизонта⁹...



Рисунок 10 – «Робот-проектант самолёта» и тренажёр управления виртуальным самолётом в музее *Aeroscopie* завода *Airbus* в Тулузе

⁹ *Aeroscopie* - лучший авиационный музей. Fotografersha. 2015-12-15.
<https://fotografersha-livejournal-com.turbopages.org/fotografersha.livejournal.com/s/742824.html>.

Предлагая инновационные решения в музее будущего, важно сохранить преемственность в материале и экспозициях музея, сохранить общий архитектурно-художественный стиль музея, как памятника историко-культурного наследия 70-х годов прошлого века. Это фронтоны и витражи, выполненные заслуженными художниками и скульпторами, которые делают музей уникальным, подчеркивая мировоззренческую сущность аэрокосмической тематики. Стоит отметить высокий научный уровень существующей экспозиции и необходимость сохранения такого же уровня в обновлённом музее.

6.3 Первые шаги к реализации проекта обновления университетского музея

Университетский музей - это хранилище коллекций, которым управляет университет, обычно основанный для помощи в обучении и исследованиях в высшем учебном заведении¹⁰.

Проектированием музеев на профессиональной основе занимаются различные компании, бизнес-предложения которых можно найти в Интернет. Спектр предложений широк: от разработки научной концепции музея¹¹, музейного проектирования¹², философии музея¹³ до готовых решений музейных проектов¹⁴. Например, компания *Milkh*¹⁵ специализируется на проектировании и изготовлении музейных экспозиций, интерактивных выставках и корпоративных музеях, подготовив десятки проектов в России, Испании и Сингапуре. Для разработки проекта музея под ключ обычно привлекают сценаристов, архитекторов, кураторов, конструкторов, инженеров и программистов.

Всё начинается с разработки концепции как основы будущей экспозиции. Когда концепция готова, приступают к дизайн-проекту. В осуществлении задуманного важное значение имеет музейная сценография¹³, которая обладает ассортиментом разнообразных инструментов, включающим: нарративное проектирование; работу с содержанием; научную коммуникацию; интерпретативный и графический дизайн; мультимедиа; свет; проектирование пользовательского опыта. Совокупность этих инструментов, техник и технологий, помноженная на талант и энтузиазм участников процесса, обеспечит достижение поставленной цели.

На рисунке 11 представлен один из вариантов планировки музея Самарского университета, который демонстрирует продвижение разработанной концепции в жизнь.

Заключение

«Университетские музеи сегодня могут не только демонстрировать развитие науки и достижения учёных, работавших в университете, но и репрезентировать институциональное наследие как для внутриуниверситетской среды, так и для потенциальной целевой аудитории университета»¹⁶ [30]. Хорошим примером институциональной интеграции является Музей истории авиации и космонавтики имени С.П. Королева в Самарском университете, который, первоначально планирует взять «под крыло» внутри университетские локации, способен в перспективе виртуально объединить и музеи, существующие на самарских предприятиях аэрокосмического профиля (ПАО Кузнецов, АО Авиагор, РКЦ ЦСКБ Прогресс, ОАО «Авиаагрегат» и др.). Такой подход позволит объединить различные коллекции музеев в

¹⁰ University museum. https://wiki2.org/en/University_museum.

¹¹ Разработка научной концепции музея. http://opentextnn.ru/old/museum/Museum_textbook/index.html?id=5949#_ftn11.

¹² Музейное проектирование. <http://www.future.museum.ru/>.

¹³ Философия музея. <https://meta-forma.ru/filosofiya/>.

¹⁴ Проекты. <https://meta-forma.ru/projects/>.

¹⁵ Создание музеев и выставок. - <https://milkh.com/muzei>.

¹⁶ Роль университетских музеев и наследия в XXI веке. <http://museum.psu.ru/rol-universitetskix-muzeev-i-naslediya-v-xxi-veke/>.

едином контексте и сформировать университетскую идентичность, где объекты могут рассказать несколько историй с различных точек зрения. Виртуальная интеграция с родственными музеями страны и мира – следующий шаг продвижения музея авиации и космонавтики им. С.П. Королева.

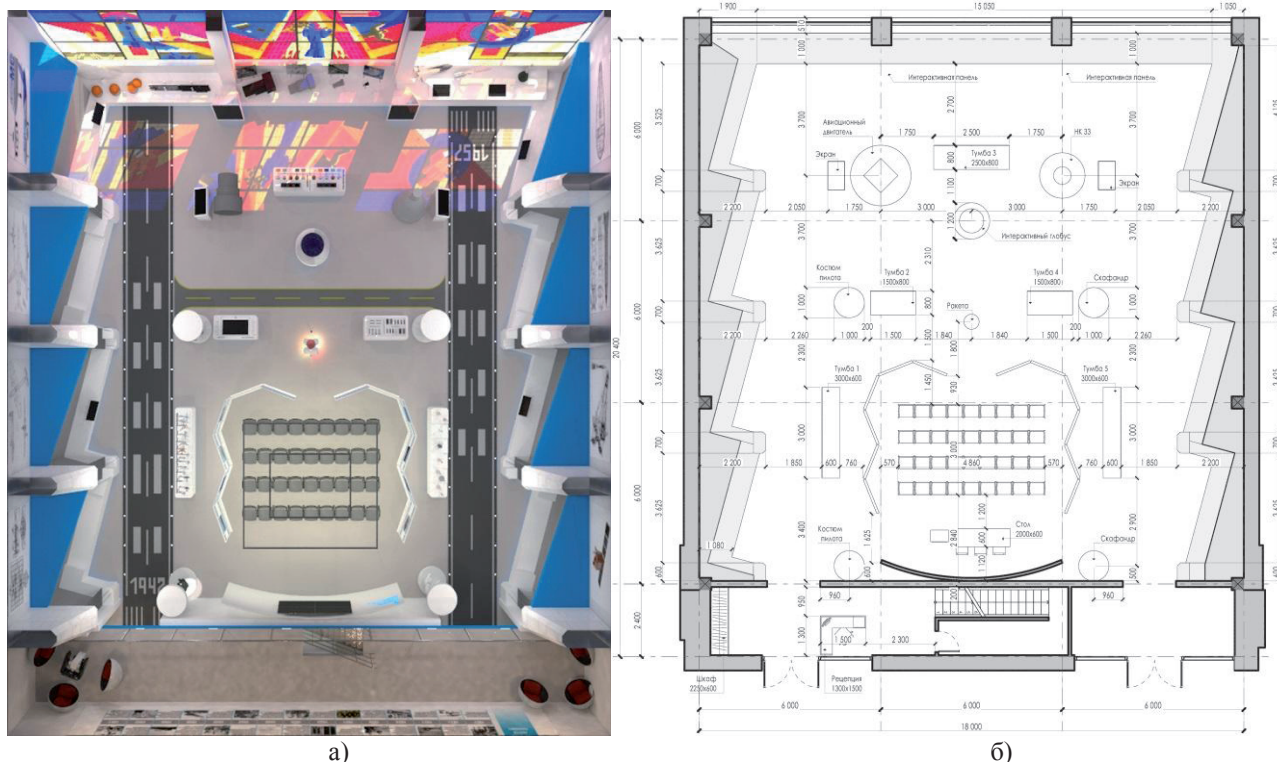


Рисунок 11 – Проект планировки музея Самарского университета, подготовленный ООО «ИНТЕТИКС»
а) общий вид в плане; б) план привязки и размещения экспозиционного и мультимедийного оборудования

Включение музея в цифровое университетское пространство гармонизирует процесс автоматизации бизнес-процессов [31], органично впишет его в образовательный и научный контекст университета, будет содействовать более тесному взаимодействию университета и внешней среды с входным и выходным потоками обучающихся, исторически и предметно объединив их.

Список источников

- [1] *Hudson, K.* A social history of museums: What the Visitors Thought / K. Hudson // London. 1975. 210 p.
- [2] *Боргест, Н.М.* Историческая ответственность инженера / Н.М. Боргест. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 120 с.
- [3] *Соколов, Б.Г.* Онтология культурного наследия: музей в эпоху постмодерна. Часть 1. / Б.Г. Соколов // - СПб.: СПбГУ, ВВМ, 2010. - 134 с.
- [4] *Маркс, К.* Тезисы о Фейербахе. - М.: Советская энциклопедия, 1956. (Большая советская энциклопедия: в 51 т. / гл. ред. Б.А. Введенский; 1949—1958) Т.42. - С.100-101.
- [5] *Пиотровский, М.Б.* Философия музейного дела / М.Б. Пиотровский // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер.6, 2006, вып.1. с.7-10.
- [6] Философия музея / под ред. М.Б. Пиотровского. - Москва: ИНФРА-М, 2013. - 192 с.
- [7] *Лещенко, А.Г.* Кеннет Хадсон о социальной истории музеев / А.Г. Лещенко // Вестник РГГУ. Серия: Литературоведение. Языковедение. Культурология. 2008. №10. С.241-250.
- [8] *Гнедовский, М.Б.* Музей и образование: материалы для обсуждения // М. Б. Гнедовский, Н. Г. Макарова, М. Ю. Юхневич. – М.: ВНИК «Школа», 1989. – 246 с.
- [9] *Решетников, Н.И.* Музей – хранилище социальной памяти / Н.И. Решетников // Философия бессмертия и воскрешения: По материалам VII Федоровских чтений. Вып. 1 М.: Наследие, 1996;

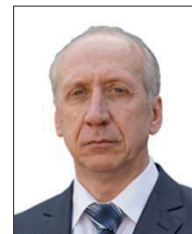
- [10] **Решетников, Н.И.** Музей и проектирование музейной деятельности: учебное пособие / Н.И. Решетников. Изд. 2-е, испр. и дополн. М.: МГИК; Нижний Новгород: ЭПИ «Открытый текст», 2015. http://opentextnn.ru/old/museum/Museum_textbook/index.html?id=5820.
- [11] Музей и его научные исследования. Опыт и проблемы изучения историко-культурного наследия. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, состоявшейся 26-27 апреля 2019 г. в г. Долгопрудном Московской области / Науч. ред. и сост. Н.И. Решетников. М.: Изд-во МГИК, 2020. - 160 с. - <http://opentextnn.ru/museum/konferencii-i-nauchnye-seminary-v-muzejah/muzej-i-ego-nir/>.
- [12] Музей и демократия. Серия электронных изданий MUSEUM PRO. Выпуск 1.0. М.: РИК, 1997. С.148. - http://museum.ru/future/lmp/web/archive/m-pro_1.pdf.
- [13] Музей и его научные исследования. Вып. 3 Авторские статьи выпускников курсов переподготовки ФДПО МГИК / Науч. ред. и сост. Н.И. Решетников. Изд-во ЭПИ «Открытый текст», 2021 – 250 с. http://opentextnn.ru/wp-content/uploads/muzej-i-nauch-issl_3.pdf.
- [14] **Веселицкий, О.В.** Понятие и сущность художественного проектирования музейных экспозиций / О.В. Веселицкий // Вопросы музеологии. 2010. №1. С.121-125.
- [15] **Андреева, И.В.** Экспозиционные материалы как понятие музееведения: определение, классификация, характеристика основной группы / И.В. Андреева // Вестник ЧГАКИ. 2011. №1 (25). С.20-25.
- [16] **Шушара, Т.В.** Музейная педагогика как современная инновационная педагогическая технология / Т.В. Шушара, Г.В. Ридченко // Гуманитарные науки. 2016. №3(35). С.36-40.
- [17] **Решетников, Н.И.** Музей и музееведческие проблемы современности/ Н.И. Решетников // Электронное периодическое издание «Открытый текст», 2016. - http://opentextnn.ru/old/museum/N.I.Reshennikov._Museum_and_the_Museological_problems_of_modernity/index.html.
- [18] **Юренева, Т.Ю.** Музееведение / Т.Ю. Юренева // Учебник для высшей школы. — 2-е изд. — М.: Академический Проект, 2004. 560 с. («Gaudeamus»).
- [19] Музейные стандарты: международный опыт: коллективная монография / под ред. И.А. Гринько, М.Б. Гнедовского. — М.: Перспектива, 2019. — 97 с. - https://www.academia.edu/41531604/Музейные_стандарты_международный_опыт_коллективная_монография_под_ред_И_А_Гринько_М_Б_Гнедовского_М_Перспектива_2019_97_с.
- [20] Федеральный закон РФ от 26 мая 1996 г. N 54-ФЗ "О Музейном фонде Российской Федерации и музеях в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).
- [21] Приказ Министерства культуры РФ от 23 июля 2020 г. N 827 «Об утверждении Единых правил организации комплектования, учета, хранения и использования музейных предметов и музейных коллекций» (с изменениями и дополнениями).
- [22] Рекомендации по проектированию музеев / ЦНИИЭП им. Б.С. Мезенцева. - М.: Стройиздат, 1988. - 48 с.
- [23] Музей будущего: информационный менеджмент / Сост. В.А. Лебедев. Научные редакторы А.В. Лебедев, Е.Л. Иванова, Е.А. Лебедева. - М.: АНОК «Музей будущего». 2001. 217 с. http://future.museum.ru/lmp/books/info_man.htm.
- [24] **Хайдарова, Р.Р.** Онтологический подход к автоматизации процессов контроля микроклимата и безопасности музейных объектов / Р.Р. Хайдарова, А.С. Конев, М.В. Лапаев, И.Б. Бондаренко // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Том.19, №1. С.118-125. - DOI: 10.17586/2226-1494-2019-19-1-118-125.
- [25] **Баландин, Е.А.** Опыт использования онтологий верхнего уровня при проектировании базы знаний музея оптических технологий / Е.А. Баландин, Ю.В. Катков, Д.И. Муромцев, И.Н. Починок // II Всероссийская конференция с международным участием «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ-09). 20-22 октября 2009 г. 8 с. - <http://www.math.nsc.ru/conference/zont09/reports/18Muromcev-Katkov-Pochinok-Balandin.pdf>.
- [26] Музейная экспозиция: теория и практика, искусство экспозиции, новые сценарии и концепции. На пути к музею XXI века / Отв. ред. М.Т. Майстровская // Сборник научных трудов. М. РИК, 1997. 216 с.
- [27] **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.
- [28] **Щедровицкий, Г.П.** Оргуправленческое мышление: идеология, методология, технология (курс лекций) / Из архива Г.П. Щедровицкого. Т.4. ОРУ(1), 2-е изд., М., 2003. 480 с.
- [29] **Боргест, Н.М.** Робот-проектант: фантазии и реальность / Н.М. Боргест, Ал.А. Громов, Ан.А. Громов, Р.Х. Морено, М.Д. Коровин, Д.В. Шустова, С.А. Одинцова, Ю.Е. Князихина // Онтология проектирования. 2012. №4(6). С.73-94.
- [30] **Kozak, Z.** The role of university museums and heritage in the 21th century / Z. Kozak // The museum review. 2016. Vol. 1. № 1.
- [31] **Боргест, Н.М.** Будущее университета: онтологический подход. Часть 3: автоматизация бизнес-процессов / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2014. – №4 (1). - С.24-41.

Сведения об авторах



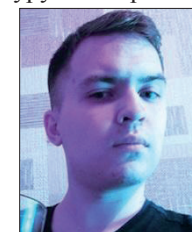
Богданова Надежда Викторовна, 1958 г. рождения. Окончила Куйбышевский политехнический институт им. В.В. Куйбышева (1980). Директор Музея авиации и космонавтики им. С.П. Королева Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва (Самарский университет). museum@ssau.ru.

Боргест Николай Михайлович, 1954 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт имени академика С.П. Королёва (1978), к.т.н. (1985). Профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского университета, с.н.с. ИПУСС РАН. Член Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям, Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 200 работ в области автоматизации проектирования и ИИ. AuthorID (РИНЦ): 638887. Author ID (Scopus): 56566748500; ORCID: 0000-0003-2934-6198; Researcher ID (WoS): I-8689-2014. borgest@yandex.ru.



Власов Сергей Александрович, 1992 г. рождения. Окончил магистратуру Самарского университета (2016), аспирант Самарского университета. В списке научных трудов 5 работ. Области научных интересов: САПР, CALS технологии, программирование и алгоритмизация. Author ID (Scopus): 57220028950; ORCID: 0000-0002-3776-531X. vlasov.ssau@mail.ru.

Глибощкий Дмитрий Сергеевич, 2000 г. рождения. Студент Института авиационной и ракетно-космической техники Самарского университета. glibockiy@inbox.ru.



Поступила в редакцию 1.09.2021, после рецензирования 20.09.2021. Принята к публикации 28.09.2021.

Ontology of designing of a contemporary field-specific university museum

N.V. Bogdanova¹, N.M. Borgest^{1,2}, S.A. Vlasov¹, D.S. Glibotsky¹

¹Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia

²Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute of Control of Complex Systems RAS, Samara, Russia

Abstract

The work is devoted to the development of the concept of a contemporary field-specific museum on the example of the Museum of Aviation and Cosmonautics of Samara University. The rapid development of the Kuibyshev Aviation Institute, and later the Samara National Research University named after academician S.P. Korolev identified the need to improve not only the expositions of the museum, but also to propose a new concept of the museum, to greatly expand its role and significance in external relations, in education and in scientific activity. The design of the museum concept was based on the ontological approach. The analysis of the legal framework of museum activities in the Russian Federation is carried out, the views of philosophers and historians on the concept of the museum are presented, the practice of designing modern museums, and the features of specialized, and in particular, university museums are considered. The authors propose to include a virtual tour of the locations that previously independently existed at the university, and are used in the educational process. These are: a training aerodrome where the samples of aviation equipment are presented; Europe's largest Center for the History of Aircraft Engines, aircraft class and equipment class; Museum of the history of KuAI-SSAU. On the one hand, it is important to maintain continuity in the museum's expositions, and on the other hand, it is significant to offer innovative solutions that will be in demand by a potential consumer and the target audience. It is proposed to focus on the museum of the future, on the widespread use of information technologies, the presentation of new and future projects, on the expansion of the volume of thematic material through QR codes, which allow visitors to supplement audio and video materials. Equipping the museum with bilingual audio guides and basic inscriptions is an indisputable requirement for a modern museum. Cool and original lighting, moving models and exhibits, flying drones and flies, the use of virtual and augmented reality technologies, as well as a relaxation zone in the form of an aircraft cabin will make it possible to achieve the desired impression among visitors about the university of the future.

Key words: museum, university, aviation, ontology, information technology.

Citation: Bogdanova NV, Borgest NM, Vlasov SA, Glibotsky DS. Ontology of designing of a contemporary field-specific university museum [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(3): 320-338. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-320-338.

List of figures

- Figure 1 - Generalized scheme of information activities in the museum sphere [23]
- Figure 2 - The main essence of the ontological approach to the formation of subject area
- Figure 3 - Samara University resources that can be used as new locations of the Museum of Aviation and Cosmonautics named after academician S.P. Korolev
- Figure 4 - Online guide example for the Aviation and Cosmonautics Museum of Samara University
- Figure 5 - Playing movies on screens built into the fuselage
- Figure 6 - Museum souvenir example
- Figure 7 - Relax zone for museum visitors
- Figure 8 - Training complex for UAV pilots
- Figure 9 - Demo sample of "Robot-designer" [29]
- Figure 10 - "Airplane robot designer" and virtual airplane control simulator at the Aeroscopia Museum of the Airbus plant in Toulouse
- Figure 11 - Museum Plan, prepared by INTETIX LLC
a) general plan view; b) a plan for the binding and placement of exposition and multimedia equipment

References

- [1] **Hudson, K.** A social history of museums: What the Visitors Thought. London. 1975. 210 p.
- [2] **Borgest NM.** Historical responsibility of the engineer [In Russian]. Samara: Publishing house of Samara University, 2018. 120 p.
- [3] **Sokolov BG.** Ontology of Cultural Heritage: A Museum in the Postmodern Era. Part 1. [In Russian]. SPb.: SPbGU, VVM, 2010. 134 p.
- [4] **Marx K.** Theses on Feuerbach [In Russian]. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1956. (Great Soviet Encyclopedia: in 51 volumes / chief ed. BA Vvedensky; 1949-1958) Vol. 42. P.100-101.
- [5] **Piotrovsky MB.** Philosophy of Museum Business [In Russian]. Bulletin of St. Petersburg University. Ser. 6, 2006, issue 1. P.7-10.
- [6] Philosophy of the Museum [In Russian]. Ed. M.B. Piotrovsky. Moscow: INFRA-M, 2013. 192 p.
- [7] **Leshchenko AG.** Kenneth Hudson on the social history of museums [In Russian]. Bulletin of the Russian State University for the Humanities. Series: Literary criticism. Linguistics. Culturology. 2008; 10: 241-250.
- [8] **Gnedovsky MB, Makarova NG, Yukhnovich MJ.** Museum and Education: Materials for Discussion [In Russian]. Moscow: VNIK "School", 1989. 246 p.
- [9] **Reshetnikov NI.** Museum. A repository of social memory [In Russian]. Philosophy of immortality and resurrection: Based on the materials of the VII Fedorov readings. Issue 1 Moscow: Heritage, 1996.
- [10] **Reshetnikov NI.** Museum and the design of museum activities: a tutorial [In Russian]. Ed. 2nd, rev. and add. Moscow: MGIK; Nizhny Novgorod: EPI "Open Text", 2015. http://opentextnn.ru/old/museum/Museum_textbook/index.html?id=5820.
- [11] Museum and its scientific research. Experience and problems of studying historical and cultural heritage [In Russian]. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference, held on April 26-27, 2019 in Dolgoprudny, Moscow region / Nauch. ed. and comp. N.I. Reshetnikov. Moscow: MGIK Publishing House, 2020. 160 p. - <http://opentextnn.ru/museum/konferencii-i-nauchnye-seminary-v-muzejah/muzej-i-ego-nir/>.
- [12] Museum and Democracy. A series of electronic publications MUSEUM PRO. Release 1.0. [In Russian]. Moscow: RIK, 1997. 148 p. http://museum.ru/future/lmp/web/archive/m-pro_1.pdf.
- [13] Museum and its scientific research. Issue 3 [In Russian]. Author's articles of graduates of retraining courses FDPO MGIK / Nauch. ed. and comp. N.I. Reshetnikov. Publishing house of EPI "Open Text", 2021 250 p. http://opentextnn.ru/wp-content/uploads/muzej-i-nauch.-issl_-3.pdf.
- [14] **Veselitsky OV.** The concept and essence of artistic design of museum expositions [In Russian]. Questions of museology. 2010; 1: 121-125.
- [15] **Andreeva IV.** Exposition materials as a concept of museology: definition, classification, characteristics of the main group [In Russian]. Bulletin of ChGAKI. 2011; 1(25): 20-25.
- [16] **Shushara TV, Ridchenko GV.** Museum pedagogy as a modern innovative pedagogical technology [In Russian]. Humanities. 2016; 3(35): 36-40.

- [17] **Reshetnikov NI.** Museum and museological problems of our time [In Russian]. Electronic periodical "Open Text", 2016. - http://opentextnn.ru/old/museum/N.I.Reshennikov._Museum_and_the_Museological_problems_of_modernity/index.html.
 - [18] **Yurenev TY.** Museology [In Russian]. Textbook for higher education. 2nd ed. Moscow: Academic Project, 2004. 560 p. ("Gaudeamus").
 - [19] Museum standards: international experience: collective monograph [In Russian]. Ed. I.A. Grinko, M.B. Gnedovsky. Moscow: Perspective, 2019. 97 p.
 - [20] Federal Law of the Russian Federation of May 26, 1996 N 54-FZ "On the Museum Fund of the Russian Federation and Museums in the Russian Federation" [In Russian]. (with amendments and additions).
 - [21] Order of the Ministry of Culture of the Russian Federation of July 23, 2020 N 827 "On approval of the Unified rules for the organization of acquisition, accounting, storage and use of museum items and museum collections" [In Russian]. (with changes and additions).
 - [22] Recommendations for the design of museums [In Russian]. TsNIIEP them. B.S. Mezentsev. Moscow: Stroyizdat, 1988. 48 p.
 - [23] Museum of the Future: Information Management [In Russian]. Comp. V.A. Lebedev. Scientific editors A.V. Lebedev, E.L. Ivanova, E.A. Lebedeva. Moscow: ANOK "Museum of the Future". 2001. 217 p. http://future.museum.ru/lmp/books/info_man.htm.
 - [24] **Khaidarova RR, Konev AS, Lapaev MV, Bondarenko IB.** Ontological approach to automation of microclimate control and safety of museum objects [In Russian]. Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics. 2019; 19(1): 118-125. DOI: 10.17586 / 2226-1494-2019-19-1-118-125.
 - [25] **Balandin EA, Katkov YuV, Muromtsev DI, Pochinok IN.** Experience of using top-level ontologies in the design of the knowledge base of the museum of optical technologies [In Russian]. II All-Russian conference with international participation "Knowledge-Ontology-Theory" (ZONT-09). October 20-22, 2009 8 p. - <http://www.math.nsc.ru/conference/zont09/reports/18Muromtsev-Katkov-Pochinok-Balandin.pdf>.
 - [26] Museum exposition: theory and practice, art of exposition, new scenarios and concepts. On the way to the museum of the XXI century [In Russian]. Ed. M.T. Maistrovskaya. Collection of scientific works. M. RIK, 1997. 216 p.
 - [27] **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.
 - [28] **Shchedrovitsky GP.** Organizational and managerial thinking: ideology, methodology, technology (course of lectures) [In Russian]. From the archive of G.P. Shchedrovitsky. T.4. ORU (1), 2nd ed., Moscow, 2003. 480 p.
 - [29] **Borgest NM, Vlasov SA, Gromov AlA, Gromov AnA, Korovin MD, Shustova DV.** Robot-designer: on the road to reality [In Russian]. *Ontology of designing*. 2015; 5(4): 429-449. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-429-449.
 - [30] **Kozak, Z.** The role of university museums and heritage in the 21st century. The museum review. 2016; 1(1).
 - [31] **Borgest NM.** Future University: Ontological Approach. Part 3: Automation of Business Processes [In Russian]. *Ontology of designing*. 2014; 4(1): 24-41.
-

About the authors

Nadezhda Viktorovna Bogdanova (b. 1958) graduated from the Kuibyshev Polytechnic Institute named after V.V. Kuibyshev (1980). She is the Director of the Museum of Aviation and Cosmonautics named after S.P. Korolev of Samara University. museum@ssau.ru.

Nikolay Mikhailovich Borgest (b.1954) graduated from the Kuibyshev Aviation Institute named after academician S.P. Korolev (Kuibyshev) in 1978, PhD (1985). He is a Professor at Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Senior Research worker at ICCS RAS. He is a member of the International Association for Ontology and its Applications, a member of the Russian Association of Artificial Intelligence, a co-author of more than 200 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI. AuthorID (RCI): 638887. Author ID (Scopus): 56566748500; ORCID: 0000-0003-2934-6198; Researcher ID (WoS): I-8689-2014. borgest@yandex.ru.

Sergey Alexandrovich Vlasov (b. 1992) graduated from Samara University (2016), a postgraduate student at the Samara National Research University named after academician S.P. Korolev. The list of scientific works includes 5 works. Research interests: CAD, CALS technologies, programming and algorithmization. Author ID (Scopus): 57220028950; ORCID: 0000-0002-3776-531X. vlasov.ssau@mail.ru.

Dmitry Sergeevich Glibotsky (b. 2000). Student of the Institute of Aviation and Rocket and Space Technology of the Samara National Research University named after academician S.P. Korolev. glibockiy@inbox.ru.

Received September 1, 2021. Revised September 20, 2021. Accepted September 28, 2021.

Концепция программно-аналитического комплекса образовательного процесса на основе онтологии и искусственных нейронных сетей

В.В. Антонов^{1,2}, Г.Г. Куликов¹, Л.А. Кромина¹, Л.Е. Родионова¹,
А.Р. Фахруллина¹, З.И. Харисова²

¹Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

²Уфимский юридический институт МВД России, Уфа, Россия

Аннотация

Эффективное управление процессом обучения программ дополнительного профессионального образования в университете обусловлено обеспечением уникальных потребностей обучающихся согласно запросам предприятий-работодателей реального сектора экономики в соответствии с выбранными компетенциями и направлениями подготовки. В ряде задач управления, алгоритм решения которых неизвестен, активно разрабатываются и внедряются системы с использованием искусственных нейронных сетей, позволяющие классифицировать и анализировать данные для принятия управленческих решений. Широкое применение искусственных нейронных сетей приводит к необходимости систематизации данных с целью повышения производительности процессов обработки, хранения, поиска и анализа данных для реализации программ обучения на всех этапах их жизненного цикла. Разрабатываемый программно-аналитический комплекс представлен на примере модели интеллектуальной системы, применяемой для контроля и анализа получаемых компетенций обучающихся, построенной на основе онтологического подхода, модели непрерывного улучшения качества, позволяющей определить взаимодействие бизнес-процессов, их последовательность и контрольные показатели эффективности. Разработана схема узла нейронной сети программно-аналитического комплекса, способная к обучению на основе данных. Представленная схема узла нейронной сети предполагает применение алгоритма обучения с учителем, когда на вход поступает тренировочный набор данных.

Ключевые слова: дополнительное профессиональное образование, онтология, программно-аналитический комплекс, профессиональные компетенции, узел нейронной сети, искусственный нейрон, метод обучения нейронной сети.

Цитирование: Антонов, В.В. Концепция программно-аналитического комплекса образовательного процесса на основе онтологии и искусственных нейронных сетей / В.В. Антонов, Г.Г. Куликов, Л.А. Кромина, Л.Е. Родионова, А.Р. Фахруллина, З.И. Харисова // *Онтология проектирования*. – 2021. – Т.11, №3(41). – С. 339-350. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-339-350.

Введение

Четвёртая промышленная революция влияет на формирование нового подхода к образованию, основанного на массовом внедрении информационных технологий (ИТ) во все сферы деятельности общества. Выпускникам ВУЗов необходимо владеть навыками работы в условиях применения систем искусственного интеллекта (ИИ), Интернета вещей, биотехнологий и нейротехнологий. Источниками получения навыков могут быть как объективизированные знания, переведённые в форму, доступной для потребителя, так и экспертные знания, которые не зафиксированы в информационных хранилищах. При этом знания должны постоянно совершенствоваться и накапливаться в автоматизированных базах знаний систем управления для их эффективного применения в дальнейшем. Развитие сферы ИТ приводит к необходимости постоянного изменения и управления образовательным процессом в области разработки и внедрения новых ИТ, использования нейронных сетей (НС) [1-4]. Одним из способов

управления образовательным процессом является разработка программно-аналитических комплексов (ПАК), призванных обеспечить информационное сопровождение контроля и анализа получаемых компетенций в процессе обучения со стороны ВУЗа и предприятия.

Для формализации знаний, имеющих качественные характеристики организации управления при динамическом изменении бизнес-процессов (БП), применяются теория нечётких множеств, методы ИИ и НС. Принципы непрерывного совершенствования БП на основе цикла «планирование-выполнение-проверка-действие» (*Plan – Do – Check – Act, PDCA*) является одним из направлений Индустрии 4.0 в рамках перехода к управлению интеллектуальными системами в режиме постоянного взаимодействия с внешней средой.

1 Модель непрерывного совершенствования процессов дополнительного профессионального образования

Основной целью развития и реализации дополнительного профессионального образования (ДПО) является обеспечение качественным образованием сотрудников организаций в непрерывном производственном процессе. Для обеспечения непрерывного совершенствования учебного процесса на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) образовательной программы ДПО целесообразно использовать ПАК для контроля и анализа получаемых компетенций в процессе обучения как со стороны учебного заведения, так и со стороны контролирующих процесс обучения органов (ведомств и министерств РФ) и заинтересованных предприятий.

В области управления БП актуальны исследования, основанные на онтологическом подходе [5, 6]. Правила взаимодействия БП и информационных ресурсов в ПАК строятся на основе теории множеств, что позволяет разработать формальную модель [3]. Для управления и повышения качества БП и построения модели применяется цикл *PDCA* (цикл Шухарта–Деминга) [7, 8]. Такая модель позволяет определить правила взаимодействия БП, выявить объекты в ПАК, отразить последовательность БП и контрольные показатели эффективности. Модель непрерывного совершенствования БП ДПО представлена на рисунке 1.

Для организации обучения по программам ДПО в процессе планирования (*Plan*) контролирующими органами и ведомствами определяются основные требования к процессу подготовки обучающихся по ДПО, разрабатываются нормативные документы. Определение перечня необходимого программного обеспечения, оборудования, лабораторий и др. представлено в виде функции $Z(N)$, отражающей регламентирующую документацию для организации учебного процесса (планы, рабочие программы, положения практик и т.д.), где $N = \{n_1, \dots, n_d\}$ – множество целей и задач процессов обучения, включающее программы профессиональной переподготовки, d – количество целей и задач.

На каждом этапе описываемого БП, профессиональные компетенции $\Phi(Ob)$ обучаемого Ob могут быть оценены функцией, отражающей трудовые действия $F = \{f_1, \dots, f_i\} \in Q$. Необходимые компетенции программ ДПО, установленные со стороны государства (профессиональные стандарты, справочник профессиональных компетенций и т.д.), могут быть представлены множеством функций $\Phi(Ob) \supseteq F$, где Q – множество компетенций, удовлетворяющих требованиям государства и работодателей, т.е. эталонная модель обучаемого.

Обобщённые трудовые функции и действия обучаемого по программам ДПО определяются значением величины $\Phi'(Ob)$ на этапе проверки (*Check*) в виде итоговой аттестации. На завершающем этапе – действие (*Act*), появляется возможность анализа выполнения требований как со стороны контролирующих органов, так и со стороны работодателей, определяют новые и востребованные направления программ ДПО, в соответствии с профессиональными стандартами и соответствующими требованиями работодателей, обеспечивающими конкурентоспособность реализации программ ДПО.

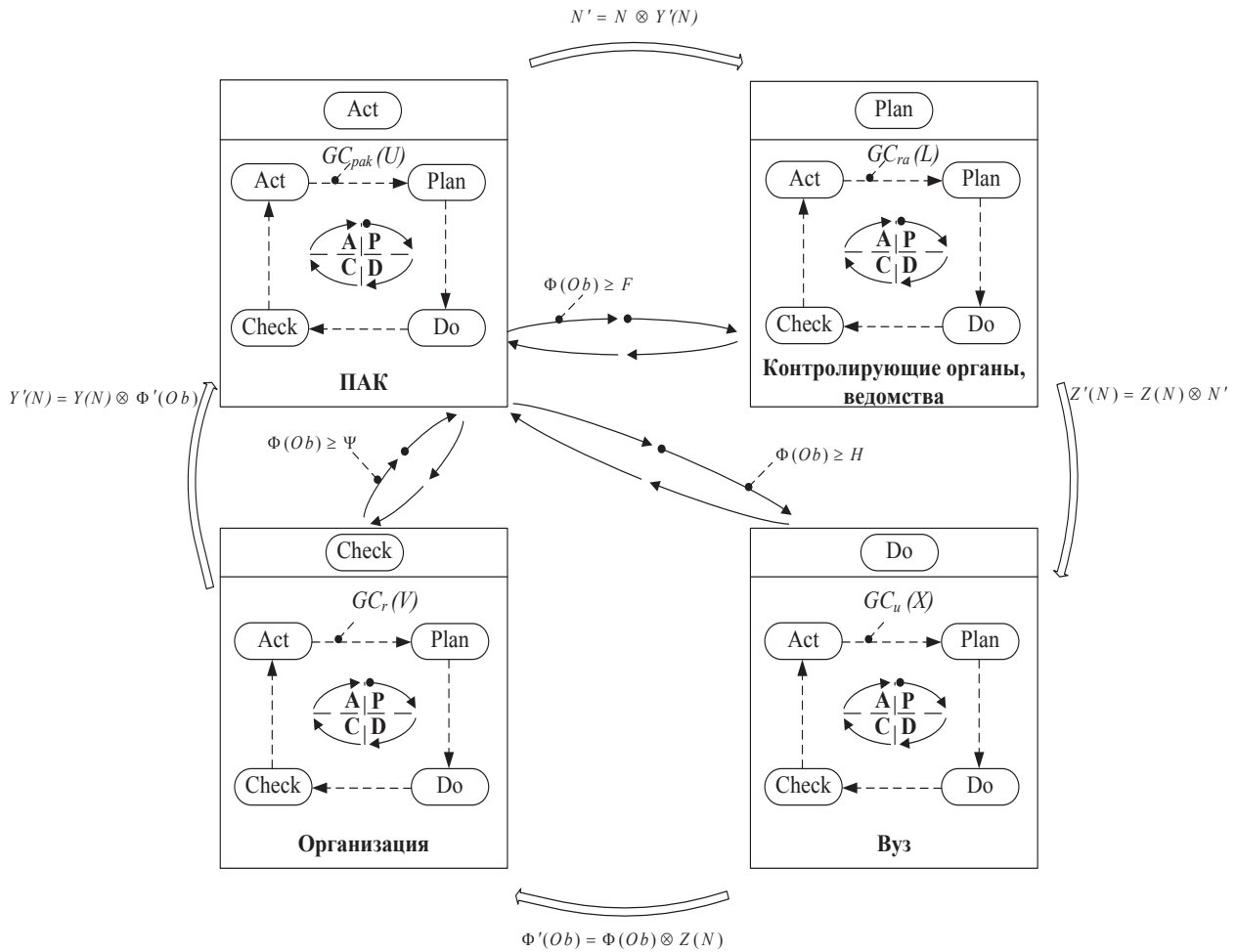


Рисунок 1 – Модель непрерывного совершенствования БП ДПО

На этапе выполнения (*Do*) ВУЗами составляются учебные планы, положения и рабочие программы дисциплин. В образовательном процессе программ ДПО объект *Ob* осваивает новые необходимые знания и умения новыми значениями $\Phi'(Ob)$, имеет отражение в виде полилинейной функции объектов некоторой категории $f: \Phi(Ob) \times Z(N) \rightarrow \Phi'(Ob)$. Исходя из полилинейности отображения и применив Первую теорему об изоморфизме [9], можно прийти к коммутативности диаграммы, представимой формулой:

$$\begin{cases} f: \Phi(Ob) \times Z(N) \rightarrow \Phi'_1(Ob) \\ g: \Phi(Ob) \times Z(N) \rightarrow \Phi'_2(Ob) \end{cases} \Rightarrow \exists h: \Phi'_1(Ob) \rightarrow \Phi'_2(Ob)$$

Т.е. композиция морфизмов вдоль любого направленного пути зависит только от начала и конца пути, а в данном случае достижение необходимого значения объектом *Ob* новых необходимых знаний и умений может быть получено по разным траекториям, что открывает возможности оптимизации процесса [10]. Универсальный объект этой диаграммы есть тензорное произведение $\Phi(Ob)$ и $Z(N)$, т.е. имеем формулу:

$$\Phi'(Ob) = \Phi(Ob) \otimes Z(N), \quad (1)$$

где знак $\otimes$ – тензорное произведение.

Все объекты рассматриваемой предметной области (ПрО) представлены значениями своих параметров. Для формирования различных альтернативных цепочек можем использовать упорядочение объектов по их схожести методом кластеризации, представляя объекты векторами. Числовые параметры таких векторов являются атрибутами соответствующих объектов и могут интерпретироваться в качестве геометрического расположения объекта в некотором пространстве. Учёт нечёткости (или неполноты) данных о свойствах объектов приводит к размытости границ кластеров и нечёткой кластеризации.

Выбор любой альтернативной траектории образовательного процесса сводится к варианту выбора учитываемых компонент и осуществляется по совокупности сложных нечётких критериев [9].

В ПАК необходимо применение непрерывной информационной поддержки ЖЦ процессов [10]. На стадиях ЖЦ рассматриваемого процесса возможно выделение подмножеств критериев оценок качества компетенций с разных позиций участников процесса:

$GC_u(X)$ – ВУЗа;

$GC_r(V)$ – организации;

$GC_{ra}(L)$ – контролирующих ведомств и органов;

$GC_{pak}(U)$ – администратора ПАК.

Усиление контроля со стороны государства отражается в требованиях к обучающимся – подмножество $L = \{l_1, \dots, l_k\}$; ВУЗы определяют требования в виде подмножества $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, которое используется в основных критериях. Все требования анализируются и контролируются в подмножестве $U = \{u_1, \dots, u_j\}$, что позволяет своевременно вносить изменения в процесс обучения.

Организации определяют требования к трудовым действиям, необходимым умениям и знаниям сотрудников, что может быть формализовано в виде подмножества $V = \{v_1, \dots, v_m\}$.

В качестве ограничений могут быть использованы требования к уровню необходимых знаний и умений обучаемых со стороны:

- работодателей в виде функции $\Psi = \{\psi_1, \dots, \psi_{i_2}\} \in M$;
- ВУЗа в виде функции $H = \{h_1, \dots, h_{i_3}\} \in M$.

Здесь M – множество требований к специалисту из профессионального стандарта, отражённое в обобщённых функциях.

Система, позволяющая достичь поставленные цели и задачи, может быть представлена

$$\begin{cases} \Phi(Ob) \supseteq \Psi \\ \Phi(Ob) \supseteq H \\ \Phi(Ob) \supseteq F \end{cases} \quad (2)$$

Требования профессионального стандарта, определяющие полученный опыт, могут быть представлены в виде функции, зависящей от множества целей и задач реализации ДПО $Y(N)$. При изменениях требований формируется множество $Y'(N) = Y(N) \otimes \Phi(Ob)$, для которого справедливо $Y'(N) \supseteq \Phi(Ob)$. На основании данных требований может быть сформировано множество уточнённых целей и задач N' , представленных формулой

$$N' = N \otimes Y'(N) \quad (3)$$

Формирование новых регламентирующих документов может быть представлено формулой

$$Z'(N) = Z(N) \otimes N' \quad (4)$$

Таким образом, разработана формальная модель непрерывного совершенствования БП ДПО, что позволяет сформировать единое хранилище данных ПАК.

2 Структура ПАК

Эффективность использования онтологического подхода при проектировании систем с ИИ отмечается в [11-13]. Для формирования структуры ПАК была построена онтологическая модель (см. рисунок 2). В качестве программного средства для создания онтологии использован редактор онтологий *Protégé* и плагин *OntoGraph*.

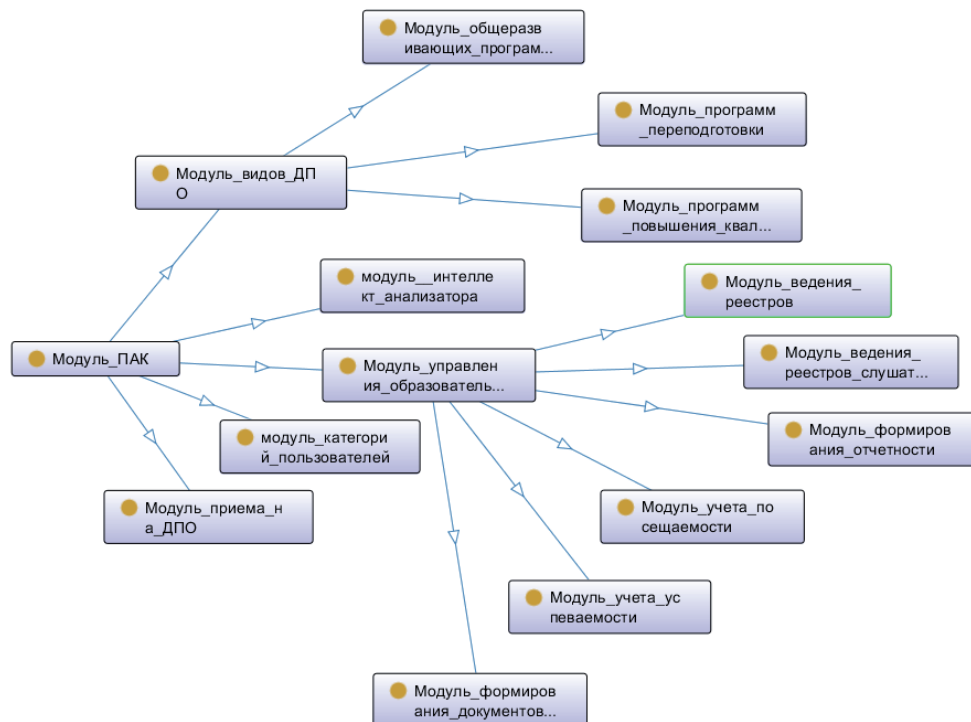


Рисунок 2 – Структура ПАК

Модель онтологии ПАК может быть представляется упорядоченной тройкой следующего вида [14, 15]:

$$PAK = \langle M, R, U \rangle,$$

где M – множество модулей ПАК;

R – множество отношений между модулями ПАК;

U – множество функций, выполняемых модулями ПАК.

Перечень модулей ПАК можно представить как конечное множество вида $M = \{M_1, \dots, M_n\}$. Элементы множества M описываются m признаками $P = \{p_1, \dots, p_m\}$. Каждый элемент M имеет вид $M_i = \{p^i_1, \dots, p^i_j, \dots, p^i_k\}$, где k – количество экземпляров j -го признака p элемента M_i .

Перечень функций модулей можно представить как конечное множество вида $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$. Элементы множества U описываются парой следующего вида $u_i = \{name, source\}$, где $name$ – название модуля, $source$ – множество функций модуля, $i = 1, \dots, n$.

Модель онтологии ПАК получает следующий вид: $O^{PAK} = \{PAK, R, U\}$.

3 Схема узла нейронной сети ПАК

Системы, основанные на искусственных НС, позволяют решать различные задачи такие, как распознавание образов, выполнение прогнозов, оптимизацию, управление [16-18].

Разработка ПАК для контроля и анализа получаемых в процессе обучения по программам ДПО компетенций предусматривает наличие узла НС, представляющего собой схему искус-

ственного нейрона, соответствующую формальной модели непрерывного совершенствования БП на основе цикла *PDCA* (см. рисунок 3).

В разделе *Plan* входным сигналом является величина, соответствующая компетенциям обучаемого – $\Phi(Ob)$. Весом выступает вектор из трёх элементов:

- множество требований к уровню обучаемых со стороны работодателей – Ψ ;
- множество целей и задач процесса обучения – N ;
- множество требований к компетенциям обучаемых со стороны государства (профессиональные стандарты, справочник профессиональных компетенций и т.д.) – F .

В первом блоке сумматора раздела *plan* выполняется сравнение компетенций обучаемого с требованиями к рассматриваемым компетенциям обучаемых со стороны государства. Если компетенции обучаемого превышают требования государства, то в ПАК происходит корректировка вектора веса в разделе множества целей и задач, что может быть достигнуто, например, повышением уровня квалификации и т.д. Если требования государства превышают компетенции обучаемого, то осуществляется переход ко второму блоку сумматора. Здесь, вектор из трёх описанных элементов является входом, а весом выступают требования ВУЗа к уровню обучаемых по программам ДПО.

Во втором блоке сумматора реализуется формирование регламентирующей документации для организации учебного процесса (планы, рабочие программы, положения практик и т.д.) на основе множества целей и задач $Z(N)$.

Раздел «*Do, check*» на представленной схеме узла НС предполагает выполнение процесса обучения (согласно графику обучения и расписанию проводятся учебные занятия, в том числе и на материально-технической базе предприятия). Входом, в данном случае, также является величина, соответствующая компетенциям обучаемого $\Phi(Ob)$, вес представлен документацией для организации учебного процесса $Z(N)$. Блок сумматора раздела «*Do, check*» направлен на пополнение компетенций новыми значениями.

Раздел «*Act*» получает на вход компетенции, пополненные новыми значениями $\Phi'(Ob)$, весом является вектор из двух элементов:

- требования к уровню обучаемых со стороны предприятий-работодателей Ψ ;
- требования к компетенциям обучаемых со стороны государства (профессиональные стандарты, справочник профессиональных компетенций и т.д.) F .

Сумматор раздела «*Act*» выявляет соответствие компетенций, пополненных новыми значениями $\Phi'(Ob)$, требованиям к уровню обучаемых со стороны предприятий-работодателей Ψ , а также требованиям к компетенциям обучаемых со стороны государства F .

В случае, когда компетенции, пополненные новыми значениями $\Phi'(Ob)$ превышают требования к уровню обучаемых со стороны предприятий-работодателей Ψ , а также требования к компетенциям обучаемых со стороны государства F , в ПАК происходит корректировка вектора веса в разделе множества целей и задач, связанная с уточнением целей. Это может быть достигнуто аналогично разделу «*Plan*», например, повышением уровня квалификации и т.д.

Если требования к уровню обучаемых со стороны предприятий-работодателей Ψ , а также требования к компетенциям обучаемых со стороны государства F не достигнуты, то процесс обучения следует начать сначала. При этом необходимо выполнить корректировку значений вектора веса раздела «*Plan*», направленную на понижение требований к результатам обучения.

Результат итоговой аттестации, являющийся выходом из сумматора раздела «*Act*» заносится в блок запоминания состояний полученного опыта $Y'(N)$.

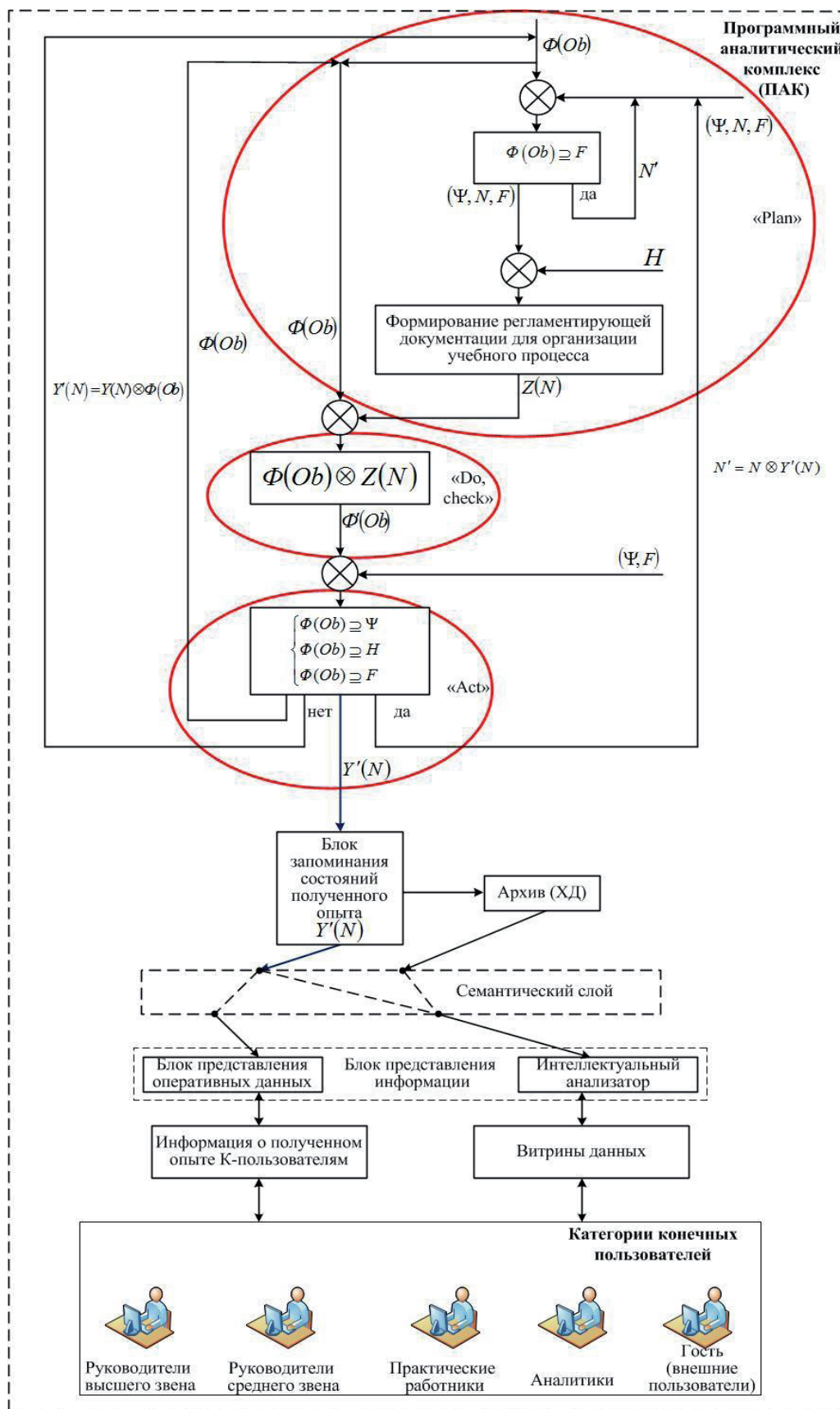


Рисунок 3 – Схема узла НС на основе цикла PDCA

Множества объектов каждого раздела (рисунок 3) образуют категории, функторные отношения между которыми задаются «сопряжёнными» функторами [19, 20]. Это позволяет применить к каждому приведённому разделу одинаковые выводы, подробно рассматривать любой из них и использовать наиболее важное свойство сопряжённых функторов — их непрерывность.

Для полноценного функционирования узла НС следует уделять особое внимание её способности к обучению на основе данных, поступающих из внешней среды [21, 22]. В настоящее время НС обучают с учителем или без учителя. Выбор метода зависит от условий, в которых обучается НС.

Представленная схема узла НС предполагает применение алгоритма обучения с учителем, когда на вход поступает тренировочный набор данных, на основе которых НС выявляет зависимости и реагирует на этот набор данных. Таким образом, знания, полученные от учителя, будут передаваться в сеть в полном объёме. После завершения обучения учителя можно отключить и перейти в автономную работу НС.

Представленная модель узла НС также может быть применима для автоматизации других БП в сфере образования.

Заключение

Предложена концепция ПАК образовательного процесса. Разработанные модели целесообразно применять при реализации ПАК в целях управления процессом обучения.

Построенная схема узла НС предоставляет возможность осуществлять реализацию формальной модели непрерывного совершенствования БП на основе цикла *PDCA*. Результатом работы узла НС является возможность внесения необходимых корректировок в вектор веса, в требования к уровню обучаемых со стороны предприятий-работодателей, в множество целей и задач процесса обучения или в требования к компетенциям обучаемых со стороны государства.

Благодарности

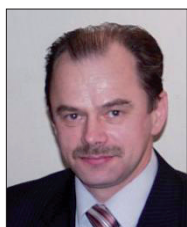
Исследование проводится при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках основной части государственного задания высшим учебным заведениям № FEUE-2020-0007.

Список источников

- [1] **Антонов, В.В.** Теоретические и прикладные аспекты построения моделей программных систем / Г.Г. Куликов, В.В. Антонов, Д.В. Антонов // LAP, Германия. 2011. 134 с.
- [2] **Рутковская, Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. — М.: Горячая линия-Телеком, 2008. 383 с.
- [3] **Хайкин, С.** Нейронные сети: полный курс = Neural Networks: A Comprehensive Foundation / С. Хайкин. 2-е изд. — М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
- [4] **Редозубов, А.Д.** Формализация смысла. Часть 1 / А.Д. Редозубов // Онтология проектирования. — 2021. — Т.11, №2(40). — С.144-153. — DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-144-153.
- [5] **Shaaban, A.M.** Ontology-based security tool for critical cyber-physical systems / A.M. Shaaban, T. Gruber, C. Schmittner // Proceedings of the 23rd International Systems and Software Product Line Conference. Vol. B. 2019. P.207-210.
- [6] ГОСТ Р ИСО 9000:2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2009. 61 с.
- [7] **Нив, Г.** Организация как система. Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга.—М.: Альпина Паблишер, 2011. 370 с.

- [8] **Шубников, А.В.** Симметрия в науке и искусстве / А.В. Шубников, В.А. Копчик // Изд. 3-е, дополн. Москва–Ижевск: Ин-т компьютерных исслед., 2004. 560 с.
- [9] **Ильясов, Б.Г.** Основы теории систем и системного анализа / Б.Г.Ильясов, И.Б.Герасимова, Е.А.Макарова, Н.В.Хасанова, Л.Р.Черняховская. – Уфа: УГАТУ, 2014. 217 с.
- [10] **Сенник, Ю.С.** Жизненный цикл информационных систем / Ю.С. Сенник, Р.И. Гребенников // Системный анализ и прикладная информатика. 2015. №2. С.4-9. <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiznennyu-tsiklinformatsionnyh-sistem>.
- [11] **Бездушный, А.Н.** Место онтологий в единой интегрированной системе РАН / А.Н. Бездушный, Э.А. Гаврилова, В.А. Серебряков, А.В. Шкотин // Современные технологии в информационном обеспечении науки. Сборник научных трудов. Под редакцией Н.Е. Каленова. 2003. Москва: Научный мир. С.97-115. <http://www.ras.ru/ph/0006/3q3T33RC.html>.
- [12] **Смирнов, А.В.** Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы построения и организации (часть 1) / А.В Смирнов, М.П. Пашкин, Н.Г. Шилов, Т.В Левашова // Новости искусственного интеллекта. 2002. №1(49). С.62–82.
- [13] **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.
- [14] **Staab, S.** Handbook on Ontologies / S. Staab, R. Studer // Berlin: Springer Science & Business Media, 2009. 832p.
- [15] **Beinstingel, A.** A hybrid analytical-numerical method based on Isogeometric Analysis for determination of time varying gear mesh stiffness Mechanism and Machine Theory / A. Beinstingel, M. Keller, M. Heider, B. Pinnekamp, S. Marburg// 2021. 160 P.
- [16] **Фаустова, К.И.** Нейронные сети: применение сегодня и перспективы развития / К.И. Фаустова // Территория науки. Воронежский экономико-правовой институт. 2017. №4, С.83–87.
- [17] **Калинин, В.Ф.** Анализ методов представления данных искусственной нейронной сети для управления электроэнергетическими системами / В.Ф. Калинин, Н.М. Зяблов, С.В. Кочергин, А.В. Кобелев, Д.А. Джапарова // Вестник Тамбовского госуниверситета. 2017. №4. С.609–616.
- [18] **Воронов, И.В.** Обзор типов искусственных нейронных сетей и методов их обучения / И.В. Воронов, Е.А. Политов, В.М. Ефременко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2007. №3(61), С.38-42.
- [19] **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.
- [20] **Куликов, Г.Г.** Адаптивная модель совершенствования учебного процесса с использованием информационных технологий / Г.Г. Куликов, В.В. Антонов, М.А. Шилина, А.Р. Фахруллина // Технологии цифровой обработки и хранения информации: матер. межд. конф. Уфа: УГАТУ, 2015. Т.1. С.194-198.
- [21] **Ковалев, С.П.** Теоретико-категорный подход к проектированию программных систем / С.П. Ковалев // Фундамент. и прикл. матем., 2014, том 19, выпуск 3, С.111–170.
- [22] **Gianni, D.** Modeling and simulation-based systems engineering handbook / D. Gianni, A. D’Ambrogio A. Tolk (eds.) // CRC Press, London, 2014. 513 p.

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, 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. AuthorID (Scopus): 57200254522; ResearcherID (WoS): AАН-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.

Куликов Геннадий Григорьевич, 1948 г. рождения. Окончил Уфимский авиационный институт по специальности «Автоматизация машиностроения» (1971), д.т.н. (1991). Профессор кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов более 160 работ в области автоматизированных систем управления, управления силовыми установками летательных аппаратов, построения интеллектуальных систем. AuthorID (РИНЦ): 3506. Author ID (Scopus): 7102426624. gennadyg_98@yahoo.com.





Родионова Людмила Евгеньевна, 1984 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет (2007), к.т.н. (2019). Доцент кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов 10 работ в области проектирования программных аналитических комплексов на основе моделей и методов декартово замкнутой категории. AuthorID (РИНЦ): 852968. Author ID (Scopus): 57219160976 ORCID 0000-0003-4041-0365; Researcher ID (WoS): AAU-3498-2020. lurik@mail.ru.

Кромина Людмила Александровна, 1983 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет (2005), к.т.н. (2012), доцент (2019). Доцент кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов около 40 работ в области управления в социальных и экономических системах. AuthorID (РИНЦ): 38216513; Author ID (Scopus): ORCID 0000-0002-5226-0512; Researcher ID (WoS): AAO-7905-2021. luyda-kr@yandex.ru.



Фахруллина Альмира Раисовна, 1982 г. рождения. Окончила Кумертауский филиал Уфимского государственного авиационного технического университета (2004), к.т.н. (2017), доцент (2020). Директор филиала Уфимского государственного авиационного технического университета в г. Кумертау. В списке научных трудов около 50 работ в области математического и программного обеспечения. AuthorID (РИНЦ): 31294902; Author ID (Scopus): 57219166246 ORCID 0000-0002-3482-4169; Researcher ID (WoS): AAT-3738-2021. almirafax@mail.ru

Харисова Зарина Ирековна, 1991 г. рождения. Окончила Уфимский государственный авиационный технический университет (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.



Поступила в редакцию 09.07.2021, после рецензирования 27.07.2021. Принята к публикации 03.09.2021.

The concept of a software and analytical complex of the educational process based on ontology and artificial neural networks

V.V. Antonov¹, G.G. Kulikov¹, L.A. Kromina¹, L.E. Rodionova¹,
A.R. Fakhrullina¹, Z.I. Kharisova²

¹Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

²Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Ufa, Russia

Abstract

Effective management of the learning process of additional professional education programs at the university is conditioned by providing unique needs of students as requested by employers in the real sector of the economy in accordance with the selected competencies and areas of training. At the same time, when solving a number of tasks, the algorithm of which is unknown, there are more and more actively developed and implemented systems using artificial neural networks, which allow classifying and analyzing data for making managerial decisions. Based on such widespread use of artificial neural networks, there is an increasing need for systematization of data to improve the performance of software analytical complex processing, storage, search and analysis of data, for the implementation of training programs at all stages of the life cycle, taking into account uncertainty. The developed software-analytical complex is presented on the example of a model of an intelligent system used to control and analyze the acquired competencies of students, built on the basis of an ontological approach, a model of continuous quality improvement, which makes it possible to determine the interaction of business processes, their sequence and performance benchmarks. To implement this theory, a neural network node scheme of a software analytic complex capable of data-driven learning has been developed. The

presented scheme of a neural network node assumes the use of a supervised learning algorithm when a training dataset arrives at the input.

Key words: additional professional education, professional competencies, neural network node, artificial neuron, neural network training method.

Citation: Antonov VV, Kulikov GG, Kromina LA, Rodionova LE, Fakhruullina AR, Kharisova ZI. The concept of a software and analytical complex of the educational process based on ontology and artificial neural networks [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2021; 11(3): 339-350. - DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-339-350.

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 - Model of continuous improvement of business processes of additional professional education

Figure 2 - SAC structure

Figure 3 - Neural network node diagram based on PDCA cycle

References

- [1] **Kulikov GG, Antonov VV, Antonov DV.** Theoretical and applied aspects of building software systems models [In Russian]. LAMBERT Academic Publishing, Germany. 2011. 134 p.
- [2] **Rutkovskaya D, Pilinsky M, Rutkovsky L.** Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems [In Russian]. Moscow: Hotline-Telecom, 2008. 383 p.
- [3] **Haykin S.** Neural Networks: A Complete Course = Neural Networks: A Comprehensive Foundation [In Russian]. 2nd ed. Moscow: Williams, 2006. 1104 p.
- [4] **Redozubov AD.** Formalization of the meaning. Part 1 [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2020; 11(2): 144- 153. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-2-144-153.
- [5] **Shaaban AM, Gruber T, Schmittner C.** Ontology-based security tool for critical cyber-physical systems. Proceedings of the 23rd International Systems and Software Product Line Conference. 2019: 207-210.
- [6] GOST R ISO 9000:2008. Quality management systems. General statements and glossary [In Russian]. Moscow: IPK Publishing house of standards. 2009. 61 p.
- [7] **Niv H.** Organization as a system. Principles of building a sustainable business by Edwards Deming [In Russian]. Moscow: Alpina Publisher, 2011. 370 p.
- [8] **Shubnikov AV, Koptsik VA.** Symmetry in Science and Art [In Russian]. Ed. 3-th supplemented. Moscow-Izhevsk: Institute of computer research, 2004. 560 p.
- [9] **Ilyasov BG, Gerasimova IB, Makarova EA, Khasanova NV, Chernyakhovskaya LR.** Fundamentals of systems theory and systems analysis [In Russian]. Ufa: UGATU, 2014. P.217.
- [10] **Sennik YUS, Grebennikov RI.** Life cycle of information systems [In Russian]. *Systems Analysis and Applied Informatics*. 2015; 2: 4-9. <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiznennyy-tsikl-informatsionnyh-sistem>.
- [11] **Bezduzhnyi AN, Gavrilova EA, Serebryakov VA, Shkotin AV.** The Place of Ontologies in the Unified Integrated System of RAS. Modern technologies in information support of science [In Russian]. Collection of scientific papers. Edited by N.E. Kalenov. Moscow, 2003. Publisher: Scientific World (Moscow). P.97-115. <http://www.ras.ru/ph/0006/3q3T33RC.html>.
- [12] **Smirnov AV, Pashkin MP, Shilov NG, Levashova TV.** Ontologies in Artificial Intelligence Systems: Methods of Construction and Organization (Part 1) [In Russian]. *Artificial Intelligence News*. 2002; 1(49): 62-82.
- [13] **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.
- [14] **Staab S, Studer R.** Handbook on Ontologies. Berlin: Springer Science & Business Media, 2009. 832 p.
- [15] **Beinstingel A, Keller M, Heider M, Pinnekamp B, Marburg S.** A hybrid analytical-numerical method based on Isogeometric Analysis for determination of time varying gear mesh stiffness Mechanism and Machine Theory, 2021. 160 p.
- [16] **Faustova KI.** Neural networks: application today and prospects for development [In Russian] Territory of Science. Voronezh Institute of Economics and Law. 2017; 4: 83-87.

- [17] **Kalinin VF, Zyablov NM, Kochergin SV, Kobelev AV, Dzhaparova DA.** Analysis of artificial neural network data representation methods to control electric power systems [In Russian]. *Vestnik of Tambov State Technical University*. 2017; 4: 609-616.
 - [18] **Voronov IV, Polotov EA, Efremenko VM.** Review of types of artificial neural networks and their training methods [In Russian]. *Vestnik of Kuzbass State Technical University*. 2007; 3(61): 38-42.
 - [19] **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.
 - [20] **Kulikov GG, Antonov AA, Shilina MA, Fahrullina AR.** Adaptive model of educational process improvement using information technologies [In Russian]. *Technologies of Digital Processing and Information Storage: Proceedings of the International Conference*. Ufa: UGATU Publishing House, 2015; 1: 194-198.
 - [21] **Kovalev SP.** Theoretical and categorical approach to software systems design [In Russian]. *Fundamental. and Appl. Math.*, 2014; 19(3): 111-170.
 - [22] **Gianni ID., D'Ambrogio A., Tolk A.** Modeling and simulation-based systems engineering handbook. CRC Press, London, 2014. 513 p.
-

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.

Gennady Grigorievich Kulikov (b. 1948) graduated from Ufa Aviation Institute with a degree in Automation of Mechanical Engineering (1971), Doctor of Technical Sciences (1991). The Professor of the Automated control systems Department of the Ufa State Aviation Technical University. The list of his scientific works includes more than 160 works in the sphere of automated control systems and aircraft power plant control systems for construction of intelligent systems. AuthorID (RSCI): 3506. Author ID (Scopus): 7102426624. gennadyg_98@yahoo.com.

Lyudmila Evgenievna Rodionova (b. 1984) graduated from the 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 of software analytical complexes. AuthorID (RSCI): 852968. Author ID (Scopus): ORCID 0000-0003-4041-0365; Researcher ID (WoS): AAU-3498-2020. lurik@mail.ru.

Lyudmila Aleksandrovna Kromina (b. 1983) graduated from the Ufa State Aviation Technical University (2005), Candidate of Technical Sciences (2012), Associate Professor (2019). Associate Professor at the Department of Automated Control Systems of the Ufa State Aviation Technical University. The list of her scientific works includes about 30 works in the field of management in social and economic systems. AuthorID (RSCI): 38216513; Author ID (Scopus): ORCID 0000-0002-5226-0512; Researcher ID (WoS): AAO-7905-2021. luyda-kr@yandex.ru.

Almira Raisovna Fakhrellina (b. 1982) graduated from the Kumertau branch of Ufa State Aviation Technical University (2004), Candidate of Technical Sciences (2017), Associate Professor (2020). Director of the branch of Ufa State Aviation Technical University in Kumertau. The list of scientific works includes about 50 works in the field of mathematical and software. AuthorID (RSCI): 31294902; Author ID (Scopus): ORCID 0000-0002-3482-4169; Researcher ID (WoS): AAT-3738-2021. _almirafax@mail.ru.

Zarina Irekovna Kharisova (b. 1991) graduated from the Ufa State Aviation Technical University (2014), PhD (2018). Associate professor of the Department of Management in the Internal Affairs bodies of the 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.

Received July 09, 2021. Revised July 27, 2021. Accepted September 03, 2021.

ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ

УДК 004.83

DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-351-363

Подход к автоматическому построению лингвистической онтологии для определения интересов пользователей социальных сетей**А.М. Наместников, Н.Д. Пирогова, А.А. Филиппов***Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия***Аннотация**

Социальные сети предоставляют исследователям возможности получения массива текстовых данных для дальнейшего анализа в рамках некоторой предметной области. Каждая предметная область имеет свой специфический профессиональный словарь и стиль написания текста. При определении предметной области текстового материала большую проблему представляет построение словарей, тезаурусов, онтологий. В данной статье под онтологией рассматривается лингвистическая онтология, направленная на определение предметной области текстового материала. Представлен алгоритм для автоматического построения онтологии на основе графа знаний *Wikidata*. Задача состоит в том, чтобы отобразить множество объектов графа знаний *Wikidata* на множество сущностей лингвистической онтологии. В статье предложен алгоритм определения степени принадлежности текстового материала предметной области. Эксперименты по оценке времени построения онтологии и применимости полученных лингвистических онтологий к задаче определения степени принадлежности текстовых материалов предметной области показали: время работы алгоритма и количество терминов в сформированной онтологии прямо пропорционально зависят от количества анализируемых свойств и объектов *Wikidata*; сформированная лингвистическая онтология применима к задаче определения степени принадлежности текста предметной области.

Ключевые слова: лингвистическая онтология, автоматизация, *Wikidata*, текстовый документ, предметная область.

Цитирование: Наместников, А.М. Подход к автоматическому построению лингвистической онтологии для определения интересов пользователей социальных сетей / А.М. Наместников, Н.Д. Пирогова, А.А. Филиппов // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №3(41). – С.351-363. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-351-363.

Введение

На данный момент социальные сети предоставляют исследователям возможность получения массива текстовых данных для дальнейшего анализа в рамках некоторой предметной области (ПрО). Каждая ПрО содержит данные различного характера, имеет свой профессиональный словарь и стиль написания текста.

Например, при составлении личностного портрета пользователя социальной сети наибольший объём информации может быть получен из текстовой информации с его страницы. Смысловое содержание текстовых данных определяет тему данного материала, т.е. его ПрО. Определение ПрО текстового материала представляет собой трудоёмкую задачу и включает построение словарей, тезаурусов, онтологий. Эта работа по большей части выполняется вручную.

Известны два подхода к созданию и исследованию онтологий. Первый (формальный) основан на логике (предикатов первого порядка, дескриптивной, модальной и т.п.). Второй

(лингвистический) основан на изучении естественного языка (в частности, семантики) и построении онтологий на больших текстовых массивах, т.н. корпусах.

В данной статье рассматривается применение лингвистической онтологии в задачах определения ПрО текстового материала. Существует несколько методов автоматического построения лингвистических онтологий.

- *Автоматическое построение онтологии по коллекции текстовых документов.* Данный подход описан Е.С. Мозжериной [1]. В статье обосновывается подход к автоматизации процесса построения онтологии по коллекции текстовых документов, относящихся к одной тематике, на основании статистических методов анализа текстов на естественном языке. Предполагается, что термины и некоторые базовые отношения между ними могут быть выделены автоматически из коллекции текстовых документов на основании статистических данных [2]. В данной статье рассматриваются первые два этапа построения онтологии: выделение классов и отношений между ними. Выделение классов из текстов на естественном языке сводится к определению терминов рассматриваемой ПрО.
- *Подход на основе лексико-синтаксических шаблонов.* Данный подход относится к группе методов автоматического построения онтологий, использующих лингвистические средства [3]. Для построения онтологий используются все уровни анализа естественного языка: морфология, синтаксис и семантика. Для автоматического построения онтологии используется один из методов семантического анализа текстов на естественном языке – лексико-синтаксические шаблоны, которые представляют собой характерные выражения и конструкции определённых элементов языка. Данная методика семантического анализа не является специализированной для определённой ПрО.
- *Автоматическое построение онтологий на основе машинного обучения* [4]. Для этого разрабатываются модели: генерации системы продукций (на основе применения генетического программирования); генерации преобразователей (на основе генетического и автоматного программирования); генерации систем логического вывода (также на основе генетического и автоматного программирования); аппарата активации продукций (на основе применения автоматного программирования).
- *Автоматическое построение онтологий на основе общедоступных тезаурусов и графов знаний.* В работе [5] представлен метод формирования лингвистической онтологии на основе тезауруса *WordNet*¹, в котором учитываются отношения между сущностями тезауруса. Основы открытых для пользователей графов знаний реализованы в 2007 г. в базе знаний *DBpedia*, созданной в результате семантической обработки статей *Wikipedia*. Со временем в *DBpedia* были добавлены подробные схемы данных (онтология), географические данные и связи с другими графами [6]. В настоящее время *DBpedia* считается одним из стандартов графов знаний и содержит более 6 млрд. связанных фактов. В 2008 г. был разработан граф *YAGO* [7]. Его отличительная особенность состоит в использовании семантического тезауруса *WordNet* и детальной иерархии классов сущностей. В настоящее время *YAGO* содержит около 120 млн. фактов. В 2010 г. была запущена система *Never-Ending Language Learner*, которая автоматически выделяет факты из текста веб-страниц. В настоящее время *Never-Ending Language Learner* содержит около 50 млн. фактов. Запущенный в 2007 г. граф знаний *Freebase* позволяет пользователям самим назначать категорию описываемой сущности. В настоящее время *Freebase* преобразован в *Google Knowledge Graph* [8]. Граф *Wikidata* предназначен для хранения знаний в *Wikipedia* на различных языках [9]. В большинстве публикуемых графов знаний используется модель *Wikidata* или связываются свои сущности с имеющимися в *Wikidata* [10].

¹ <https://wordnet.princeton.edu/>

При решении задачи анализа предпочтений пользователей социальных сетей нет необходимости формировать лингвистическую онтологию сложной структуры, т.к. достаточно сопоставить отдельные термины текстовых ресурсов с признаками, описывающими классы интересов пользователя.

В работе рассмотрен подход к автоматическому построению онтологии на основе графа знаний *Wikidata* для определения предпочтений пользователя социальной сети.

1 Алгоритм автоматического построения лингвистической онтологии на основе графа знаний *Wikidata*

Данные в *Wikidata* структурированы в виде множества сущностей, у каждой сущности есть страница. На данный момент в системе имеется два типа сущностей: объекты и свойства. В терминах онтологии объекты представляют индивидуальности и классы, а свойства *Wikidata* напоминают свойства *RDF* [11]. Например, доступ к странице объекта для представления английского писателя Дугласа Адамса можно получить по адресу <https://www.wikidata.org/wiki/Q42> (рисунок 1).



Рисунок 1 – Пример страницы с описанием объекта в графе знаний *Wikidata*

Идентификатор данной страницы – «Q42», поскольку *Wikidata* является многоязычным сайтом. Следовательно, объекты идентифицируются не меткой на определённом языке, а непрозрачным идентификатором, который назначается автоматически при создании объекта и не может быть изменён позже. Страница каждого объекта содержит следующие основные части:

- метка или наименование (например, «Дуглас Адамс»),
- краткое описание (например, «английский писатель и юморист»),
- список псевдонимов (например, «Дуглас Ноэль Адамс»),
- список утверждений,

- список ссылок на страницы с информацией об объекте в Википедии и на других сайтах.

Метка, описание и псевдонимы вместе определяют множество терминов. С объектом могут быть связаны термины на любом языке, поддерживаемом *Wikidata*, а также другие объекты графа знаний. Например, с помощью свойства «*instance of*» объект «Q42» (Дугласа Адамса) связан с объектом «*human*».

Таким образом, граф знаний *Wikidata* можно представить как:

$$W = \{\langle \hat{O}_i, P_1, O_1 \rangle, \dots, \langle \hat{O}_i, P_j, O_j \rangle, \dots, \langle \hat{O}_i, P_n, O_n \rangle\},$$

где $\hat{O}_i$ – объект, страница с описанием которого открыта (текущий объект);

$P_j \in P^S \cup P^C$ – j -е свойство текущего объекта $\hat{O}_i$. Данное свойство может принадлежать множеству предопределённых (P^S) или созданных (P^C) в процессе формирования *Wikidata* свойств;

O_j – j -й объект, с которым текущий объект $\hat{O}_i$ связан с помощью свойства P_j .

Лингвистическую онтологию можно представить следующим образом:

$$D = \langle C, T, R \rangle,$$

где C – множество классов лингвистической онтологии. Каждый класс определяет некоторую ПрО, к которой может быть отнесён текстовый материал, например, музыка, политика, спорт и т. д.;

T – множество терминов лингвистической онтологии. Термины представляют собой признаки, присутствие которых в текстовом материале позволяет отнести такой материал к некоторой ПрО;

R – множество отношений между элементами онтологии вида:

$$R = \{R^C, R^T\},$$

где R^C – родовидовые отношения между классами онтологии;

R^T – функциональные отношения ассоциации между классами и терминами онтологии.

Задача автоматического построения онтологии состоит в том, чтобы отобразить множество объектов графа знаний *Wikidata* на множество сущностей лингвистической онтологии.

Разработан алгоритм, который на основе структуры классов лингвистической онтологии и настраиваемых параметров формирует множество запросов на языке *SPARQL* к *Wikidata Query Service* для извлечения терминов для каждого класса:

$$F(W, Args, Stop, \ddot{D}) \rightarrow \tilde{D},$$

где F – разработанный алгоритм;

W – граф знаний *Wikidata*;

$\ddot{D}$ – лингвистическая онтология, содержащая иерархию классов;

$Args$ – параметры алгоритма:

- количество свойств $Args^P$ – максимальное количество извлекаемых свойств для анализируемого объекта на каждом этапе итерации;
- количество объектов $Args^O$ – максимальное количество извлекаемых объектов для каждого анализируемого свойства на каждом этапе итерации;
- количество итераций $Args^I$ – максимальная глубина анализа свойств и объектов;

$Stop$ – словарь «стоп-свойств» ($Stop \subset P^S \cup P^C$). Данные свойства будут пропускаться в процессе анализа графа знаний *Wikidata*;

$\tilde{D}$ – лингвистическая онтология, наполненная терминами.

Алгоритм автоматического построения лингвистической онтологии на основе анализа графа знаний *Wikidata* можно представить в виде следующих шагов:

- 1) Формируется очередь классов лингвистической онтологии:

$$C \in \ddot{D}, \text{ например, музыка} \in C.$$

- 2) Следующий класс онтологии устанавливается в качестве текущего объекта для анализа:
 $C_i \rightarrow \hat{O}$, $C_i \in C$, например, $\hat{O} = \text{музыка}$.

- 3) Для текущего объекта формируется запрос на языке *SPARQL* к *Wikidata Query Service*:

```
select ?prop ?propLabelen ?propLabelru with {
  select ?prop (COUNT(?item) AS ?count) where {
    item ?p wd:  $\hat{O}$ .
    ?prop a wikibase:Property;
    wikibase:directClaim ?p.
  }
  group by ?prop
  ORDER BY DESC(?count)
  LIMIT  $Args^P$ 
} as %result where {
  include %result.
  SERVICE wikibase:label {
    bd:serviceParam wikibase:language "en".
    ?prop rdfs:label ?propLabelen.
  }
  SERVICE wikibase:label {
    bd:serviceParam wikibase:language "ru".
    ?prop rdfs:label ?propLabelru.
  }
}
```

После выполнения запроса извлекается массив свойств P текущего объекта $\hat{O}_i$ для дальнейшего анализа.

- 4) Если отдельно взятое свойство не содержится в словаре «стоп-свойств», то объекты, связанные данным свойством с текущим объектом извлекаются с помощью запроса:

```
select ?item ?itemLabelen ?itemLabelru where {
  ?item wdt:%s wd:%s.
  SERVICE wikibase:label {
    bd:serviceParam wikibase:language "en".
    ?item rdfs:label ?itemLabelen.
  }
  SERVICE wikibase:label {
    bd:serviceParam wikibase:language "ru".
    ?item rdfs:label ?itemLabelru.
  }
} LIMIT  $Args$ ,
```

$$\hat{P} \rightarrow O, \hat{P} \subset P, P \cap Stop = \emptyset.$$

Извлечённые объекты добавляются в очередь, и устанавливается специальный «флаг» для определения начала новой итерации, например:

$$\begin{aligned} &\{\langle \text{музыка, практикуется, пианист} \rangle, \\ &\langle \text{музыка, обладает свойством, музыкальный жанр} \rangle, \dots \} \rightarrow O \\ &O = \{\text{пианист, музыкальный жанр}\}. \end{aligned}$$

- 5) Объекты из очереди записываются в онтологию в виде терминов и связываются функциональным отношением ассоциации с текущим классом лингвистической онтологии:

$$\begin{aligned} O_j &\rightarrow T_j, \hat{P}_j \rightarrow T_j, T_j R^T \hat{O}, \text{ например,} \\ \text{пианист} &\in T, \text{ музыкальный жанр} \in T, \\ \text{пианист} &R^T \text{ музыка, музыкальный жанр} R^T \text{ музыка.} \end{aligned}$$

- 6) Если «флаг» начала новой итерации установлен, то в качестве текущего объекта устанавливается следующий объект из очереди, затем происходит переход к шагу 3, например, $\hat{O} = \text{пианист}$.

- 7) Если очередь объектов пуста или текущее количество итераций равно максимальному количеству итераций $Args^I$, то происходит переход к шагу 2.

В результате работы алгоритма будет получена онтология в формате *OWL*, в которой с классами будут связаны термины, например:

```
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#музыка"/>
  <NamedIndividual IRI="#музыка"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#музыка"/>
  <NamedIndividual IRI="#пианист"/>
</ClassAssertion>
<ClassAssertion>
  <Class IRI="#музыка"/>
  <NamedIndividual IRI="#музыкальный_жанр"/>
</ClassAssertion>
```

2 Алгоритм определения степени принадлежности текстового материала к ПрО

Алгоритм определения степени принадлежности отмечается простотой по сравнению с представленными в работах [12, 13]. Для определения предпочтений пользователей достаточно для каждой области интересов задать непересекающееся множество признаков, описанных терминами текста на естественном языке.

Задача определения предпочтений сводится к классификации множества текстовых материалов пользователя:

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}.$$

Задачей классификации является нахождение наиболее вероятной категории из множества классов онтологии C для текстового материала d_i . Предложенный метод классификации текстовых материалов основан на предположении, что тексты, относящиеся к одной категории, содержат одинаковые признаки (слова или словосочетания) [14]. Наличие или отсутствие таких признаков в текстовом материале показывает его принадлежность или непринадлежность к той или иной теме.

Каждый текстовый материал рассматривается в разрезе терминов:

$$d_i = \{T_1^d, T_2^d, \dots, T_k^d\}.$$

Решение об отнесении текстового материала d_i к категории C_j принимается на основе пересечения терминов материала и категории (класса онтологии):

$$T^d \cap T.$$

Метрика для расчёта степени соответствия текстового входа (пост, комментарий) категории имеет вид:

$$v_j = \frac{|T^d \cap T^C|}{|T^C|}, v = [0..1], \quad (1)$$

где $|T^d \cap T^C|$ – количество совпавших терминов текстового материала d_i и класса онтологии C_j соответственно;

$|T^C|$ – количество терминов, связанных отношением ассоциации с классом онтологии C_j .

В результате для каждого текстового материала формируется множество степеней его соответствия классам онтологии:

$$E = \langle v_1, v_2, \dots, v_l \rangle.$$

Для вычисления итогового значения степени принадлежности текстового материала d_i к конкретной категории интересов пользователя используется следующее выражение:

$$j = \max(E).$$

На рисунке 2 представлен пример лингвистической онтологии, используемой для определения категории текстового материала.

Для определения степени принадлежности текстового материала «Депутаты Госдумы приняли в первом чтении законопроект об изоляции российского сегмента Интернета» к некоторой категории необходимо:

- 1) Выполнить разделение текста на слова с последующей лемматизацией каждого слова.
- 2) Используя выражение 1 определить степень соответствия текстового входа каждой категории:

- $v_1 = \frac{0}{5} = 0$;
- $v_2 = \frac{1}{5} = 0.2$ (Интернет);
- $v_3 = \frac{3}{5} = 0.6$ (депутат, Госдума, законопроект).

Таким образом, данный текстовый материал со степенью принадлежности 0.6 относится к категории «Политика» и степенью принадлежности 0.2 к категории «ИТ». Следовательно, данный текстовый материал скорее всего относится к категории «Политика».

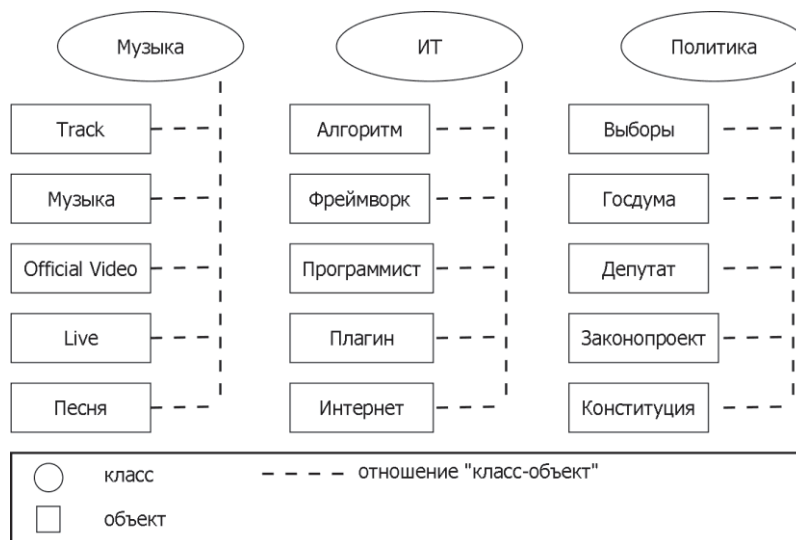


Рисунок 2 – Пример лингвистической онтологии

3 Эксперименты

Были проведены эксперименты для определения зависимости времени работы алгоритма формирования лингвистической онтологии и количества терминов в ней от значений параметров алгоритма: количества свойств, объектов, итераций.

Начальными и максимальными значениями для экспериментов были выбраны соответственно: количество свойств – 5 и 70, количество объектов – 5 и 350, количество итераций – 2 и 350. Было установлено, что при больших значениях время работы алгоритма и количество терминов в сформированной онтологии не изменяются.

Результаты эксперимента представлены на рисунках 3-5 и в таблице 1.

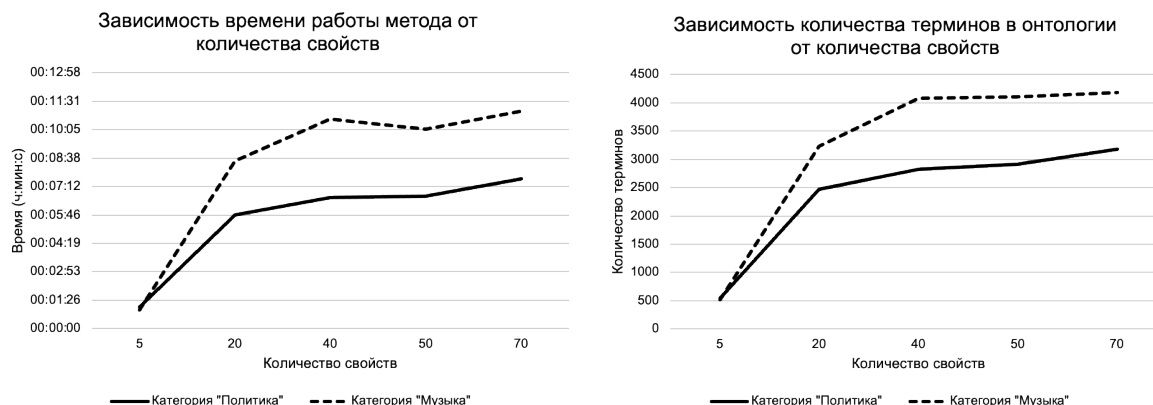


Рисунок 3 – Зависимость времени работы алгоритма и количества терминов в сформированной онтологии от количества свойств

Таблица 1 – Результаты экспериментов для определения зависимости времени работы алгоритма формирования лингвистической онтологии и количества терминов в ней от значений параметров алгоритма

Количество свойств	Количество объектов	Количество итераций	Время (ч:мм:сс)	Количество терминов
Предметная область «Политика»				
5	5	2	0:01:06	547
20	5	2	0:05:46	2472
40	5	2	0:06:39	2825
50	5	2	0:06:42	2913
70	5	2	0:07:35	3179
5	20	2	0:04:27	2802
5	40	2	0:05:29	2635
5	50	2	0:07:51	5727
5	70	2	0:08:37	6046
5	90	2	0:12:49	8505
5	100	2	0:13:22	9755
5	125	2	0:14:55	10760
5	150	2	0:16:46	11804
5	175	2	0:21:15	13191
5	200	2	0:26:00	14068
5	250	2	0:29:01	15736
5	300	2	0:31:16	17493
5	350	2	0:34:24	18818
5	5	5	0:01:41	970
5	5	10	0:02:05	1063
5	5	15	0:03:04	1374
5	5	25	0:10:26	3563
5	5	50	0:14:03	3760
5	5	75	0:16:55	4848
5	5	100	0:32:25	6167
5	5	125	0:35:59	7818
5	5	150	0:40:36	8975
5	5	200	0:44:00	11445
5	5	250	0:58:24	14442
5	5	300	1:00:18	17662
5	5	350	1:09:00	20428
Предметная область «Музыка»				
5	5	2	0:00:57	514
20	5	2	0:08:31	3234
40	5	2	0:10:37	4084
50	5	2	0:10:07	4107
70	5	2	0:11:02	4177
5	20	2	0:03:19	2241
5	40	2	0:06:02	4066
5	50	2	0:06:29	4439
5	70	2	0:09:43	6418
5	90	2	0:11:05	8120
5	100	2	0:13:39	8854
5	125	2	0:16:21	10422
5	150	2	0:20:46	11068
5	175	2	0:22:05	13101
5	200	2	0:23:46	14506
5	250	2	0:27:34	15853
5	300	2	0:28:34	17634
5	350	2	0:33:03	20134
5	5	5	0:01:08	552
5	5	10	0:01:35	783
5	5	15	0:02:23	1224
5	5	25	0:04:32	2286
5	5	50	0:06:31	2803
5	5	75	0:09:25	3865
5	5	100	0:15:35	6256
5	5	125	0:18:53	8324
5	5	150	0:21:15	9030
5	5	200	0:29:06	12403
5	5	250	0:33:52	13714
5	5	300	0:36:46	14719
5	5	350	0:51:58	21422

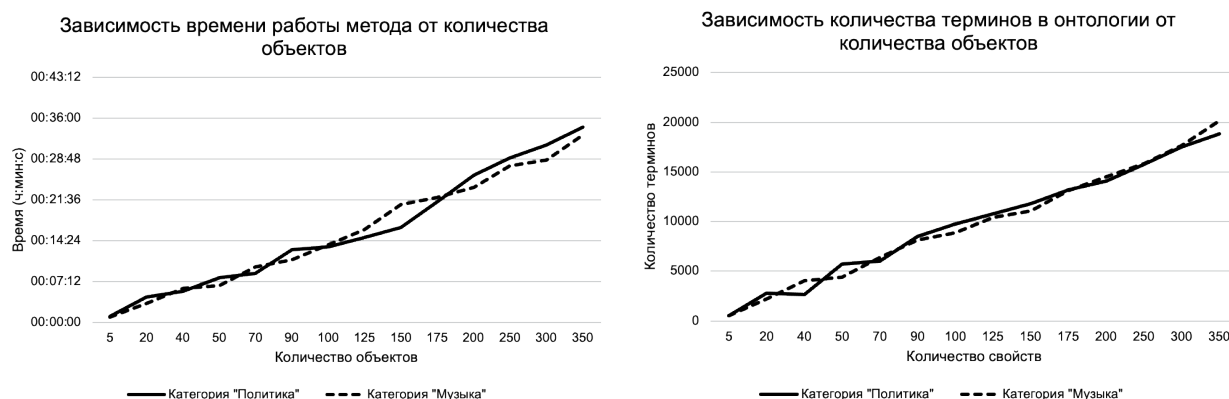


Рисунок 4 – Зависимость времени работы алгоритма и количества терминов в сформированной онтологии от количества объектов

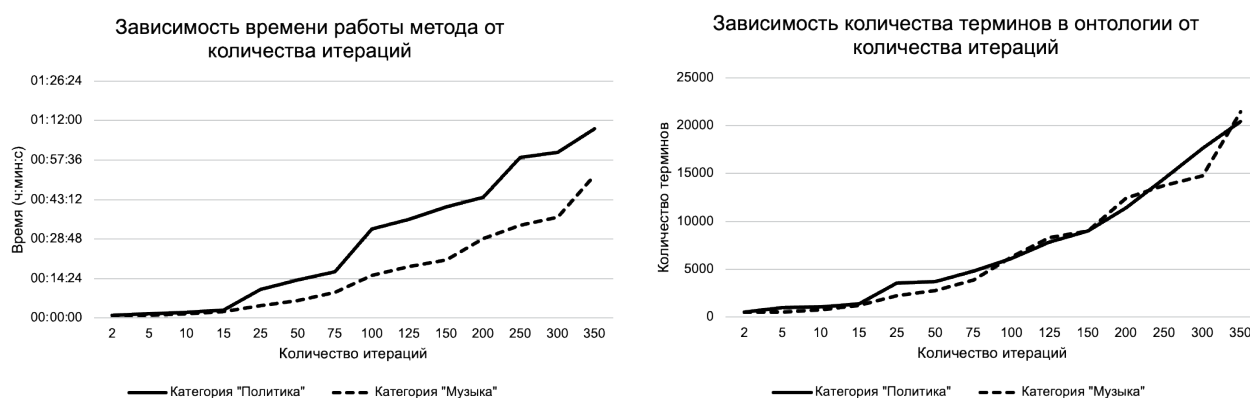


Рисунок 5 – Зависимость времени работы алгоритма и количества терминов в сформированной онтологии от количества итераций

При увеличении значений любого из трёх настраиваемых параметров время работы алгоритма и количество терминов в сформированной онтологии увеличивается.

Были проведены эксперименты по применимости полученных лингвистических онтологий к задаче по определению степени принадлежности текстовых материалов к ПрО. Было сформировано восемь онтологий по четыре ПрО: политика, музыка, медицина, спорт. По каждой ПрО было сформировано по две онтологии: первая онтология была сформирована на основе пустого словаря «стоп-свойств», вторая - на основе словаря «стоп-свойств» с 34 значениями. Количество терминов в каждой лингвистической онтологии от 2 000 до 5 000. Для экспериментов было выбрано четыре текста по одному на каждую исследуемую ПрО. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

На основе результатов эксперимента удалось определить, что сформированная с помощью предложенного алгоритма лингвистическая онтология применима к задаче определения степени принадлежности текста к ПрО, так как максимальные полученные значения по степени принадлежности ПрО соответствуют ПрО текста.

Заключение

Рассмотрен подход к автоматическому построению лингвистической онтологии на основе графа знаний *Wikidata* для определения предпочтений пользователя социальной сети. Получаемая лингвистическая онтология имеет простую структуру: иерархия понятий, заданная

вручную, и множество непересекающихся терминов, описывающих понятия, извлечённые из графа знаний *Wikidata*.

Приведено формальное описание алгоритмов формирования онтологии и определения ПрО текстового материала. Параметры алгоритма позволяют регулировать количество терминов в онтологии и время её формирования.

Таблица 2 – Результаты экспериментов по применимости полученных лингвистических онтологий к задаче по определению степени принадлежности текстовых материалов ПрО

Пустой словарь		Словарь со значениями	
Текст на тему «Политика»			
Политика	56%	Политика	59%
Спорт	35%	Спорт	26%
Музыка	9%	Музыка	15%
Медицина	0%	Медицина	0%
Текст на тему «Музыка»			
Музыка	86%	Музыка	91%
Политика	10%	Политика	5%
Спорт	4%	Спорт	4%
Медицина	0%	Медицина	0%
Текст на тему «Медицина»			
Медицина	82%	Медицина	73%
Музыка	18%	Политика	18%
Политика	0%	Музыка	9%
Спорт	0%	Спорт	0%
Текст на тему «Спорт»			
Спорт	79%	Спорт	86%
Политика	13%	Музыка	5%
Музыка	6%	Политика	5%
Медицина	3%	Медицина	3%

Эксперименты для определения зависимости времени работы алгоритма формирования лингвистической онтологии и количества терминов в ней от значений параметров алгоритма (количеств свойств, объектов, итераций) показали, что при увеличении значений любого из трёх настраиваемых параметров время работы алгоритма и количество терминов в сформированной онтологии увеличивается. При значении максимального количества свойств больше 70 время работы алгоритма и количество терминов в сформированной онтологии не изменяются.

Эксперименты по применимости полученных лингвистических онтологий к задаче определения степени принадлежности текстовых материалов ПрО показали, что сформированная лингвистическая онтология применима к задаче определения степени принадлежности текста ПрО.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 075-00233-20-05 по проекту «Исследование интеллектуального предиктивного мультимодального анализа больших данных и извлечения знаний из разных источников».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научных проектов № 19-47-730003, 19-47-730005.

Список источников

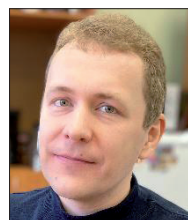
- [1] **Мозжерина, Е.С.** Автоматическое построение онтологии по коллекции текстовых документов / Е.С. Мозжерина // Электронные библиотеки: Перспективные методы и технологии, электронные коллекции (RCDL). 2011. С.293-298.
- [2] **Ермаков, А.Е.** Автоматизация онтологического инжиниринга в системах извлечения знаний из текста / А.Е. Ермаков // Материалы конференции «Диалог». 2008. С.4-8.
- [3] **Рабчевский, Е.А.** Автоматическое построение онтологий на основе лексико-синтаксических шаблонов для информационного поиска / Е.А. Рабчевский // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции (RCDL). 2009. С.69-77.
- [4] **Найханова, Л.В.** Основные аспекты технологии создания методов автоматического построения онтологий / Л.В. Найханова // Материалы конференции ЗНАНИЯ-ОНТОЛОГИИ-ТЕОРИИ (ЗОНТ). 2009.
- [5] **Лукашевич, Н.В.** Проектирование лингвистических онтологий для информационных систем в широких предметных областях / Н.В. Лукашевич, Б.В. Добров // Онтология проектирования. 2015. №. 1 (15). С.47-69.
- [6] DBpedia. - <https://wiki.dbpedia.org/>.
- [7] **Suchanek, F.M.** YAGO: A large ontology from wikipedia and wordnet / F.M. Suchanek, G. Kasneci, G. Weikum // Journal of Web Semantics. 2008. Vol. 6, 3. P.203-217.
- [8] **Муромцев, Д.** Индустриальные графы знаний-интеллектуальное ядро цифровой экономики / Д. Муромцев, Д. Волчек, А. Романов // Control Engineering Россия. 2019. №. 5. С.32-39.
- [9] **Shibaki, Y.** Constructing large-scale person ontology from Wikipedia / Y. Shibaki, M. Nagata, K. Yamamoto // Proceedings of the 2nd Workshop on The People's Web Meets NLP: Collaboratively Constructed Semantic Resources. 2010. P.1-9.
- [10] **Erxleben, F.** Introducing Wikidata to the linked data web / F. Erxleben, M. Günther, M. Krötzsch, J. Mendez, D. Vrandečić // International semantic web conference. 2014. P.50-65.
- [11] **Samuel, J.** Towards understanding and improving multilingual collaborative ontology development in Wikidata / J. Samuel // Companion of the The Web Conference 2018 on The Web Conference. 2018. P.23-27.
- [12] **Рогущина, Ю.В.** Разработка онтологической модели информационной потребности пользователя при семантическом поиске / Ю.В. Рогущина // Онтология проектирования. 2014. №. 2 (12). С.7-31.
- [13] **Городецкий, В.И.** Онтологии и персонификация профиля пользователя в рекомендующих системах третьего поколения / В.И. Городецкий, О.Н. Тушканова // Онтология проектирования. 2014. №. 3 (13). С.60-82.
- [14] **Павлыгин, Э.Д.** Разработка программного комплекса для интеллектуального анализа социальных медиа / Э.Д. Павлыгин, А.Г. Подлобошников, Р.А. Савинов, Н.Г. Ярушкина, А.М. Наместников, А.А. Филиппов, А.А. Романов, В.С. Мошкин, Г.Ю. Гуськов, М.С. Григоричева // Автоматизация процессов управления. 2019. №. 2. С.23-36.

Сведения об авторах



Наместников Алексей Михайлович, 1974 г. рождения, доктор технических наук, доцент, окончил Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ). Профессор кафедры «Информационные системы» УлГТУ. Имеет более 80 работ в области автоматизированного проектирования и интеллектуальных систем. Author ID (RSCI): 392690; Author ID (Scopus): 9277806100. nam@ulstu.ru.

Пирогова Наталья Дмитриевна, 1997 г. рождения. Окончила факультет информационных систем и технологий УлГТУ в 2021 г. Магистр по направлению «Прикладная информатика». Имеет 5 статей в области автоматизации бизнес-процессов и онтологического инжиниринга. natufochka73@gmail.com.



Филиппов Алексей Александрович, 1987 г. рождения, кандидат технических наук, окончил УлГТУ, доцент кафедры «Информационные системы» УлГТУ. Имеет около 80 статей в области онтологического инжиниринга и интеллектуального анализа данных. ORCID: 0000-0001-5275-7628; Author ID (RSCI): 708454; Author ID (Scopus): 57191472723. al.filippov@ulstu.ru.

Поступила в редакцию 27.07.2021, после рецензирования 23.09.2021. Принята к публикации 27.09.2021.

An approach to the automatic linguistic ontology construction to determine the interests of social networks users

A.M. Namestnikov, N.D. Pirogova, A.A. Filippov

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

Abstract

Social networks provide researchers with the opportunity to obtain an array of text data for further analysis within a certain subject area. Each subject area has its own specific professional vocabulary and writing style. When defining the subject area of text material there is a big problem with building dictionaries, thesauri, and ontologies. In this article a linguistic ontology is considered under ontology and which is aimed to determine the subject area of text material. An algorithm for the automatic construction of an ontology based on the Wikidata knowledge graph is presented. The task is to map a set of objects of the Wikidata knowledge graph to a set of entities of a linguistic ontology. The article proposes an algorithm for determining the degree of belonging of the text material to the subject area. Experiments on assessing the time of building an ontology and the applicability of the obtained linguistic ontologies to the problem of determining the degree of belonging of text materials in the subject area have shown: the running time of the algorithm and the number of terms in the formed ontology are directly proportional to the number of analyzed properties and Wikidata objects; the formed linguistic ontology is applicable to the problem of determining the degree of belonging of a text to a subject area.

Key words: linguistic ontology, automation, Wikidata, text document, subject area.

Citation: Namestnikov AM, Pirogova ND, Filippov AA. An approach to the automatic linguistic ontology construction to determine the interests of social networks users [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(3): 351-363. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-351-363.

Acknowledgment: The authors acknowledge that the work was supported by the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No.075-00233-20-05 "Research of intelligent predictive multimodal analysis of big data, and the extraction of knowledge from different sources". The reported study was funded by RFBR and the government of Ulyanovsk region according to the research projects: 19-47-730003 and 19-47-730005.

List of figures and tables

Figure 1 - Example of a page describing an object in the Wikidata knowledge graph

Figure 2 - Example of linguistic ontology

Figure 3 - Dependence of the algorithm operation time and the number of terms in the formed ontology on the number of properties

Figure 4 - Dependence of the algorithm operation time and the number of terms in the formed ontology on the number of objects

Figure 5 - Dependence of the algorithm operation time and the number of terms in the formed ontology on the number of iterations

Table 1 - Experimental results for determining the dependence of the algorithm operation time and the number of terms in the formed linguistic ontology on the algorithm parameters values

Table 2 - Experimental results on the applicability of the obtained linguistic ontologies to the problem of determining the degree of belonging of text materials of the subject area

References

- [1] **Mozgerina EC.** Automatic construction of an ontology from a collection of text documents [In Russian]. Digital Libraries: Advanced Methods and Technologies, Digital Collections (RCDL). 2011. P.293-298.
- [2] **Ermakov AE.** Automation of ontological engineering in systems for extracting knowledge from text [In Russian]. Dialogue conference proceedings. 2008. P.4-8.

- [3] **Rabchevsky EA.** Automatic construction of ontologies based on lexical-syntactic templates for information retrieval [In Russian]. Digital Libraries: Advanced Methods and Technologies, Digital Collections (RCDL). 2009. P.69-77.
- [4] **Naikhanov LV.** The main aspects of the technology for creating methods for the automatic construction of ontologies [In Russian]. Knowledge-Ontology-Theory (KONT) conference proceedings, 2009.
- [5] **Lukashevich NV, Dobrov BV.** Designing linguistic ontologies for information systems in broad subject areas [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2015; 5(1): 47-69.
- [6] DBpedia. - <https://wiki.dbpedia.org/>.
- [7] **Suchanek FM, Kasneci G, Weikum G.** YAGO: A large ontology from wikipedia and wordnet. *Journal of Web Semantics*. 2008; 6(3): 203-217.
- [8] **Muromtsev D, Volchek D, Romanov A.** Industrial knowledge graphs as the intellectual core of the digital economy [In Russian]. *Control Engineering Россия*. 2019; (5): 32-39.
- [9] **Shibaki Y, Nagata M, Yamamoto K.** Constructing large-scale person ontology from Wikipedia. Proceedings of the 2nd Workshop on The People's Web Meets NLP: Collaboratively Constructed Semantic Resources. 2010. P.1-9.
- [10] **Erxleben F, Günther M, Krötzsch M, Mendez J, Vrandečić D.** Introducing Wikidata to the linked data web. International semantic web conference. 2014. P.50-65.
- [11] **Samuel J.** Towards understanding and improving multilingual collaborative ontology development in Wikidata. Companion of The Web Conference 2018 on The Web Conference. 2018. P.23-27.
- [12] **Rogushina UV.** Development of an ontological model of the user's information needs in semantic search [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2014; 2(12): 7-31.
- [13] **Gorodeckiy VI, Tushkanova ON.** Ontologies and personification of the user profile in third generation recommender systems [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2014. 3(13): 60-82.
- [14] **Pavligin ED, Podlaboshnikov AG, Savinov RA, Yarushkina NG, Namestnikov AM, Filippov AA, Romanov AA, Moshkin VS, Guskov GU, Grigoricheva MS.** Development of a software package for intellectual analysis of social media [In Russian]. *Automation of Control Processes*. 2019; 2: 23-36.

About the authors

Aleksey Mihaylovich Namestnikov (b. 1974), graduated from the Ulyanovsk State Technical University in 1996, D. Sc. Eng. (2018). He is a Professor at the Department of information systems of the Ulyanovsk State Technical University. He is a co-author of about 80 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI. Author ID (RSCI): 392690; Author ID (Scopus): 9277806100. nam@ulstu.ru.

Natalya Dmitrievna Pirogova (b. 1997) graduated from the Ulyanovsk State Technical University in 2021, Master of Sciences in Engineering (2021). She is a co-author of 5 scientific articles and abstracts. natufochka73@gmail.com.

Aleksey Aleksandrovich Filippov (b. 1987), graduated from the Ulyanovsk State Technical University in 2009, PhD (2013). He is an Associate Professor at the Department of information systems of the Ulyanovsk State Technical University. He is a co-author of about 80 scientific articles and abstracts in the field of ontology engineering and data mining. ORCID: 0000-0001-5275-7628; Author ID (RSCI): 708454; Author ID (Scopus): 57191472723. al.filippov@ulstu.ru.

Received July 27, 2021. Revised September 23, 2021. Accepted September 27, 2021.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

УДК 303.732

DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-364-381

Алгоритм оценки и выбора инноваций для предприятия

А.С. Кудрявцева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В настоящее время инновационные технологии третьей и четвёртой промышленных революций оказывают огромное влияние на развитие промышленных предприятий. Появляется необходимость создания подхода к управлению принятием решений при внедрении инновационных технологий. Цель статьи - разработка алгоритма оценки инновационных технологий путём постепенного сужения области допустимых решений. Приводится краткий анализ существующих методов оценки инноваций. Показано, что существующие экономические и комплексные оценки не позволяют дать системную оценку результативности инноваций, так как новые технологии не имеют опыта в прошлом. Работы Дж. Рифкина и К. Шваба, а также «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017—2030 годы» могут составить базис для выбора начального множества инноваций, основу для формирования области предполагаемых инноваций для внедрения. Для сужения выбранного множества инноваций предлагается алгоритм системной оценки и выбора инноваций. Исследование, проведённое на основе разработанного алгоритма для судостроительного предприятия Санкт-Петербурга АО «Адмиралтейские верфи», позволило оценить и выбрать рациональный состав инноваций для этого предприятия.

Ключевые слова: киберфизическая система, промышленное предприятие, инновационные технологии, системный анализ, принятие решений.

Цитирование: Кудрявцева, А.С. Алгоритм оценки и выбора инноваций для предприятия / А.С. Кудрявцева // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №3(41). – С. 364-381. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-364-381.

Введение

Инновации необходимы предприятию для повышения качества продукции, оптимизации процессов, участвующих в производстве, сокращения потребления энергии и сырья. Технологии третьей и четвёртой промышленных революций (ПР) являются движущей силой для развития предприятий. Цифровые и информационные технологии (ИТ) составляют основу создания киберфизических систем (КФС).

Существует множество определений термина инновация. В [1] термин инновация (*innovation* – нововведение) определяется как:

- процесс коммерциализации новой технологии, нового вида продукции и услуг, социально-экономического и организационно-технического научного решения, которое имеет образовательный, коммерческий, финансовый, административный или иной характер;
- процесс рыночного внедрения результатов инновационной деятельности в виде усовершенствованного или нового продукта, технологического процесса, который используется либо в новом подходе к социальным услугам, либо в практической деятельности.

Инновационные технологии могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на развитие организации. Следовательно, для предприятия требуется анализ и отбор технологий для конкретного случая с учётом полезности и последствий их внедрения.

Цель работы – предложить алгоритм оценки и выбора инноваций для промышленного предприятия.

1 Обзор моделей управления инновационной деятельностью предприятия

Анализ отечественных и зарубежных работ показал, что существует множество методов оценки инновационных технологий [2–6], однако они позволяют учесть только экономическую эффективность внедряемых инноваций.

1.1 Показатели эффективности инноваций

В работе [7] представлены используемые метрики для оценки инноваций, а также выявлены основные проблемы, связанные с их применением, и в частности, отсутствие интегрированных показателей, проблемы с контролем качества и трудности сравнения между странами и технологиями.

При внедрении КФС на предприятии наиболее часто используются количественные показатели инноваций, которые можно разделить на три типа: входные показатели, выходные показатели и показатели результатов (таблица 1).

Таблица 1 – Количественные показатели инноваций

Тип показателя	Содержание
Входные показатели	Вложения в НИОКР Материальные вложения Квалификация сотрудников
Выходные показатели	Публикации Патенты Технологии Характеристики технологий
Показатели результатов	Оценка проекта/программы Интенсивность выбросов в окружающую среду Преимущества для экономики страны

Представленные метрические модели входов, выходов и результатов инноваций могут быть нематериальными (например, запас знаний, практические проблемы и идеи) или материальными и человеческими (например, необходимые инвестиции, учёные, лаборатории) [8].

Для оценки инновационной активности промышленного предприятия в статье [9] разработан алгоритм, состоящий из следующих основных этапов:

- 1) сбор и структурирование исходных данных;
- 2) оценка инновационных проектов на основе расчёта показателей коммерческой эффективности;
- 3) оценка эффективности внутренних проектов;
- 4) проведение многомерного сравнительного анализа и отбор приоритетных проектов по его результатам;
- 5) внедрение приоритетной технологии в работу предприятия.

Важным этапом алгоритма является непосредственно оценка инновационной технологии. В [9] предлагается использовать следующие показатели для оценки и соответствующие методы оценки:

- интеллектуальная собственность предприятия ($T_{и}$) – методы оценки возможностей реализации инновационного проекта предприятием;
- чистая прибыль ($T_{ч}$) – методы оценки эффективности затрат, связанных с реализацией проекта;

- прибыль от реализации продукта (T_p) – методы оценки эффективности затрат, связанных с реализацией проекта;
- активы (T_a) – методы оценки влияния инновационного проекта на различные сферы деятельности предприятия;
- производительность труда сотрудников ($T_{пр}$) – методы оценки влияния инновационного проекта на различные сферы деятельности предприятия.

Критерием принятия инновационной технологии к реализации может быть следующее соотношение темпов роста указанных показателей:

$$(T_q) > (T_p) > (T_i) > (T_a) > (T_{пр}) > 100\%.$$

Удовлетворение значений темпов роста показателей условиям данного соотношения свидетельствует о положительном влиянии внедрения инновационной технологии на эффективность работы предприятия [9].

1.2 Комплексный метод оценки

В статье [10] приведена классификация методов оценки инноваций и предлагается метод оценки инноваций, базирующийся на анализе закономерностей развития промышленной системы, на примере развития автоматизации. Отмечается, что технократический подход не учитывает возможность оптимального распределения ресурсов; экономический подход не позволяет определить точную стоимостную оценку полезности инновации; комплексные методы оценки инноваций включают последовательное применение методов структурного анализа и многокритериальной оптимизации для определения нормированной полезности инноваций и затрат ресурсов на каждую из них.

В комплексной оценке инноваций учитываются не только стоимостные, но и качественные характеристики инноваций. Методика оценки инноваций для подготовки проекта решения о возможности и целесообразности внедрения инновации представлена на рисунке 1.

В [11] выделен комплекс внешних и внутренних факторов различной степени управляемости, определяющих эффективность инновационной деятельности предприятий. Эти факторы разделены на подгруппы: внешние неуправляемые, внешние частично управляемые, внутренние частично управляемые, внутренние полностью управляемые микроэкономические факторы. Показана необходимость разработки критериев оценки эффективности инновационной деятельности предприятий, позволяющих учитывать динамику инновационных процессов, и предложен интегральный критерий оценки эффективности инновационной деятельности предприятий в виде:

$$K_{\text{инт}} = K_{\text{ип}} \cdot K_{\text{иа}} \cdot K_{\text{ипр}} \cdot K_{\text{риа}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{ип}}$ – оценка инновационного потенциала, $K_{\text{иа}}$ – оценка инновационной активности, $K_{\text{ипр}}$ – оценка инновационных процессов, $K_{\text{риа}}$ – оценка результатов инновационной деятельности.

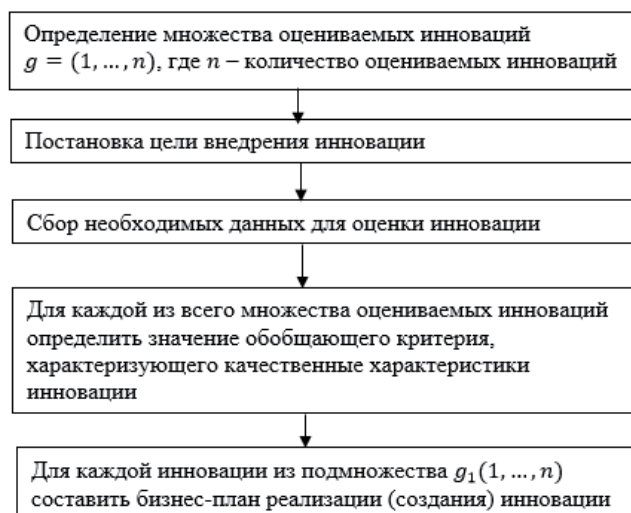


Рисунок 1 – Методика комплексной оценки инноваций

Для получения каждой оценки предлагается использовать соответствующие методы оценки: метод экспертных оценок для $K_{ип}$, метод оценки уровня оптимизации для $K_{иа}$, метод оценки баланса показателей и метод оценки на основе имитационного моделирования для $K_{ипр}$, метод комплексной оценки и метод интегральной оценки для $K_{риа}$.

Определить обобщающий критерий (см. рисунок 1) не представляется возможным на практике, т.к. принимать решения будут эксперты, для которых каждый критерий будет носить субъективный характер. Применить традиционные экономические оценки для выявления целесообразности внедрения инноваций также не представляется возможным [12], т.к. инновационные технологии не имеют аналогов в прошлом.

1.3 Методики оценки инновационной деятельности на основе онтологий

В статье [13] предложена методика разработки интеллектуальной системы (ИС), основанная на применении методов онтологического моделирования взаимодействующих процессов управления ИТ-проектами. Разработанная система поддержки принятия решений (СППР) сочетает экспертные знания и знания, формализованные на основе анализа накопленных на предприятии данных. Знания и опыт экспертов об управлении в проблемных ситуациях, для которых ещё не сформулированы правила ввиду отсутствия достаточного множества примеров принятия решений, представляются в базе знаний в форме прецедентов. В предлагаемой СППР предусмотрен контроль эффективности решений, который строится на основе оценки эффективности ключевых показателей деятельности, представленных в стратегической карте. Об эффективности принятых управленческих решений можно судить по значениям ключевых экономических показателей, полученных в различные периоды деятельности компании, накапливая знания в ИС о достижении целей компании.

В статье [14] предложен подход к управлению инновационными проектами, основанный на системной интеграции онтологии управления инновационными проектами и онтологии поддержки принятия решений. Интегрированная онтология управления знаниями *Onto* может быть описана как набор объединённых онтологий в соответствии с формулой

$$Onto = \langle O^{PM}, O^{DM}, Inf^F \rangle, \quad (2)$$

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

С целью обеспечения объективного представления знаний, а также отображения понятий из одной области знаний в другую при формировании правил принятия решений выполняется объединение онтологии задач, моделей и методов поддержки принятия решений и онтологии проектного менеджмента в интегрированную онтологию. Объединение онтологии управления инновационным проектом и онтологии поддержки принятия решений позволяет на основе собранного опыта принятия решений в рамках управления инновационным проектированием находить решения в проблемных ситуациях конкретного проекта [14].

2 Определение КФС

Известны различные технологические тенденции, лежащие в основе КФС¹, которые можно условно отнести к одной из трёх категорий:

- КФС как расширение встроенных систем. Встроенные устройства могут передаваться через множество средств, таких как *Wi-Fi*, *Bluetooth* и сотовая сеть [15];

¹ См. например, https://ru.wikipedia.org/wiki/Киберфизическая_система.

- КФС как развитие т.н. виртуального предприятия, где КФС – это замкнутые системы реального времени, в которых распределённые узлы, соединённые сетями, являются адаптивными и прогностическими [16];
- Развитие предприятия на основе совершенствования технологических процессов [17].

В данной статье рассматривается внедрение КФС на основе развития технологических процессов предприятия.

3 Инновационные технологии

В основу концепции третьей ПР положена синергия телекоммуникационных и энергетических систем и технологий с концентрацией внимания на будущем промышленной цивилизации [18].

Основой концепции четвёртой ПР является создание полностью цифровой промышленности, движущей силой которой будут являться цифровые и инфокоммуникационные технологии, которые совершенствуются и обеспечиваются за счёт аналитики данных и вычислительных мощностей [19]. Технологии, составляющие четвёртую ПР, условно разделены на четыре категории (см. рисунок 2).



Рисунок 2 – Технологии четвёртой промышленной революции

Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы² определены задачи, цели и меры по реализации внешней и внутренней политики России в сфере применения коммуникационных и информационных технологий. Эти технологии направлены на: формирование национальной цифровой экономики; развитие информационного общества; реализацию стратегических национальных приоритетов и обеспечение национальных интересов.

В таблице 2 представлены инновационные технологии, предлагаемые для промышленных предприятий.

В работе [17] описывается стратегия технического обслуживания электродвигателей на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ), разработанная концерном «Русэлпром». Технологии, используемые в стратегии и лежащие в основе КФС, представлены на рисунке 3.

² Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы утверждена Указом Президента РФ №203 от 9 мая 2017 г. - <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>.

Таблица 2 – Предлагаемые инновации для промышленных предприятий

Инновации третьей ПР	Инновации четвёртой ПР	Инновации в Стратегии развития РФ на 2017-2030 гг.
Возобновляемые источники энергии. Строительство зданий, которые сами генерируют энергию. Водородные и др. технологии по хранению энергии. Технология <i>smart grid</i> или энергетический интернет. Электрические, гибридные и другие транспортные средства. 3D-принтеры. <i>Wi-Fi</i> , планшеты, смартфоны. Цифровые технологии. Интернет вещей. Гибридные стратегии	Имплантируемые технологии. Наше цифровое присутствие. Носимый Интернет. Распределённые вычисления. Хранилище на всех. Интернет вещей и для вещей. Подключенный дом. ИИ и принятие решений. ИИ и рабочие места для белых воротничков. Робототехника и сервисы. <i>Bitcoin</i> и цепочка блоков транзакций. 3D-печать и 3D-производство. Нейротехнологии	а) конвергенция сетей связи и создание сетей связи нового поколения; б) обработка больших объёмов данных; в) ИИ; г) облачные и туманные вычисления; д) Интернет вещей и индустриальный Интернет; е) робототехника и биотехнологии; ж) радиотехника и электронная компонентная база; з) информационная безопасность



Рисунок 3 – Технологии КФС

4 Метод оценки при внедрении инноваций на предприятии

Проведённый в [1, 20] анализ методов показал, что для оценки инноваций используются методы организации экспертиз [21], а именно методы: решающих матриц [22, 23]; ПАТТЕРН [24]; информационных оценок А.А. Денисова [25].

Сравнение методов организации сложных экспертиз показало, что основными достоинствами информационных оценок А.А. Денисова являются возможность вычисления степени влияния инновации на реализацию целей и функций предприятия, а также вероятности использования этой инновации в определённых условиях. При этом информационные оценки А.А. Денисова включают в себя информационные модели 1-ого, 2-ого и 3-его видов.

При использовании *модели 1-ого вида* вводятся оценки степени *целесоответствия* (т.е. вероятности достижения цели) p'_i и вероятности использования q_i , и вычисляется потенциал (значимость) H_i инновации. Совокупное влияние инноваций определённой группы (например, объединяемых общей подцелью):

$$H_i = -\sum_{i=1}^n q_i \log(1 - p'_i), \quad (3)$$

где n – количество целей и функций.

Информационные *модели 2-го вида* основаны на сравнительном анализе сложных систем в течение определённого начального периода их проектирования (внедрения, развития) путём сопоставления изменения информационных оценок во времени. Существует два способа

измерения H_i : через вероятность p_i и посредством детерминированных характеристик воспринимаемой информации.

В статике в какой-то момент внедрения инновации $H_i = J_i/n_i$, где J - информация о количестве нововведений, измеряемая в относительных единицах, т.е. $J_i = A_i/\Delta A_i$, где ΔA_i – минимальное количество нововведений i -го вида, которое определяет единицу измерения, n – объём понятия об инновации [25].

Информационные модели 3-го вида основаны на оценке ситуаций, описываемых информационными уравнениями с учётом взаимного влияния инноваций:

$$\begin{aligned} H_1 &= f(H_{11}, H_{12}, H_{13}), \\ H_2 &= f(H_{21}, H_{22}, H_{23}), \\ H_3 &= f(H_{31}, H_{32}, H_{33}). \end{aligned}$$

$H_1, H_2, \dots$ – значимость 1-й, 2-й и т.д. инновации, т.е. ценность этих товаров.

$H_{11}, H_{22}, \dots, H_{ii}, \dots$ – собственная значимость («себестоимость», «цена») 1-й, 2-й, i -й инновации при отсутствии других нововведений, влияющих на его ценность.

$H_{12}, H_{13}, \dots, H_{ij}, \dots$ – изменение ценности i -й инновации при наличии на рынке j -й инновации.

Информационные оценки позволяют измерять изменения вклада инновации во времени на основе измеряемых детерминированных параметров и оценить взаимное влияние инноваций. Для каждой инновации оценки p_i и q_i принимают единичные эксперты, которые предлагают и лучше знают особенности каждой инновации [1].

5 Постановка задачи выбора технологии для предприятия

Для постановки задачи необходимо использовать системно-целевой подход [26], который включает в себя построение структуры целей и определение на её основе функций управления. Данный подход позволяет учитывать особенности объекта управления (в данном случае конкретного предприятия), изменять и расширять состав функций [27]:

$$S = \langle Z, STR, TECH, COND, N \rangle, \quad (4)$$

где $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_m\}$ – совокупность целей или структура целей организации. Например, при внедрении КФС:

$STR = \{STR_{phy}, STR_{comp}, STR_{net}\}$ – совокупность структур, реализующих цели (STR_{phy} – физическая часть КФС, STR_{comp} – вычислительная платформа, STR_{net} – сетевая структура); $TECH = \{meth, means, alg\}$ – совокупность технологий и средств, реализующих КФС (методы – $meth$, средства – $means$, алгоритмы – alg и т. п.);

$COND = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ – условия существования системы, т.е. факторы, влияющие на её создание и функционирование (φ_{ex} – внешние, φ_{in} – внутренние);

N – наблюдатели, т.е. лица, принимающие и исполняющие принятые решения, осуществляющие структуризацию целей, корректировку структуры КФС.

Требуется определить взаимосвязи инноваций и целей и отобрать подмножество инноваций для внедрения из множества предлагаемых инноваций

$$\langle z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_m \rangle \Psi \langle inn_1, inn_2, \dots, inn_i, \dots, inn_n \rangle,$$

где Ψ – сложный функционал, реализуемый в диалоговом режиме с применением моделей, алгоритмов и автоматизированных процедур.

Т.е. необходимо выбрать $INN_m = \langle inn_1, inn_2, \dots, inn_i, inn_m \rangle$ из $INN_n = \langle inn_1, inn_2, \dots, inn_i, \dots, inn_n \rangle$, $m \in INN_m$, $n \in INN_n$, $INN_m \subset INN_n$ где n – количество предлагаемых инноваций, m – количество внедряемых инноваций.

Решения задачи может быть получено одним из методов системного анализа, например, постепенным сужением области допустимых решений [26].

6 Алгоритм принятия решения о внедрении инноваций для промышленного предприятия

Алгоритм постепенного сужения области допустимых решений инноваций включает следующие этапы.

- 1) определение структуры целей и функций предприятия.
- 2) формирование множества инноваций с учётом структуры целей и функций предприятия.
- 3) сопоставление этапов ЖЦ производства продукции с инновациями.
- 4) применение методов организации сложных экспертиз для оценки инноваций.
- 5) построение и анализ гистограмм полученных оценок значимости инноваций.
- 6) оценка экономической эффективности инноваций.
- 7) принятие решений о целесообразности внедрения отобранных инноваций.

7 Применение алгоритма выбора инноваций на примере судостроительного предприятия

На основе стратегии развития судостроительной промышленности [28] с учётом работ [15, 18, 19] можно составить множество инноваций (этап 1 и 2 алгоритма), предлагаемых для внедрения на судостроительном предприятии АО «Адмиралтейские верфи» (таблица 3). Взаимосвязи между производственной структурой предприятия и предлагаемыми инновациями показаны на рисунке 4, а соотношение между инновациями и этапами ЖЦ производства (этап 3 алгоритма) показано стрелками на рисунке 5.

Таблица 3 – Инновации для судостроительной промышленности

№	Инновация	Результат внедрения
1.	Лазерные и плазменные технологии	Повышение точности вырезки деталей при отсутствии тепловых деформаций. Обеспечивается минимальная ширина среза, отсутствие скола кромок и незначительные газопылевые выбросы.
2.	Наукоёмкие сварочные технологии	Одновременное снижение расходов сварочных материалов и энергоресурсов при гарантированном качестве сварных соединений. Адаптивное управление всеми составляющими контура «свариваемое соединение – дуга – источник питания».
3.	Автоматизированные бесконтактные измерительные системы	Измерение сложных криволинейных конструкций при повышении производительности. Проведение межоперационного контроля высокоточных деталей, а также труднодоступных мест крупногабаритных изделий.
4.	Онлайн-сервисы для общения	Объединение всех внутренних и внешних коммуникаций.
5.	Комплексно-механизированные поточные линии	Повышение качества производства за счёт машин и других видов оборудования с взаимовыязанной производительностью. Механизация процессов перемещения продукции.
6.	3D-печать	Печать небольших деталей, выполнение ремонта деталей. Применение 3D-технологии в проектировании, разработке и производстве.
7.	3D-сканеры	3D-сканеры используются для решения задач контроля геометрии, эксплуатационного контроля и контроля оснастки на этапах ремонта и модернизации судов, сборочных и сварочных работ, прокладки внутренних коммуникаций.
8.	Термоэлектрические системы	Большая автономность и высокая надёжность. Безмашинный способ преобразования энергии, малая инерционность. Возможность использования различных источников тепловой энергии.
9.	Современная система электронного документооборота	Упрощение и ускорение процессов согласования и подписания заявок внутреннего документооборота. Автоматизация нормативно-методических и нормативно-технологических документов, представление чертежей в электронном виде, сокращение времени на производство продукции.
10.	Автоматизация складского оборудования	Повышение максимального грузооборота, минимизация ошибок, гибкость настройки оборудования. Сокращение времени на производство продукции.

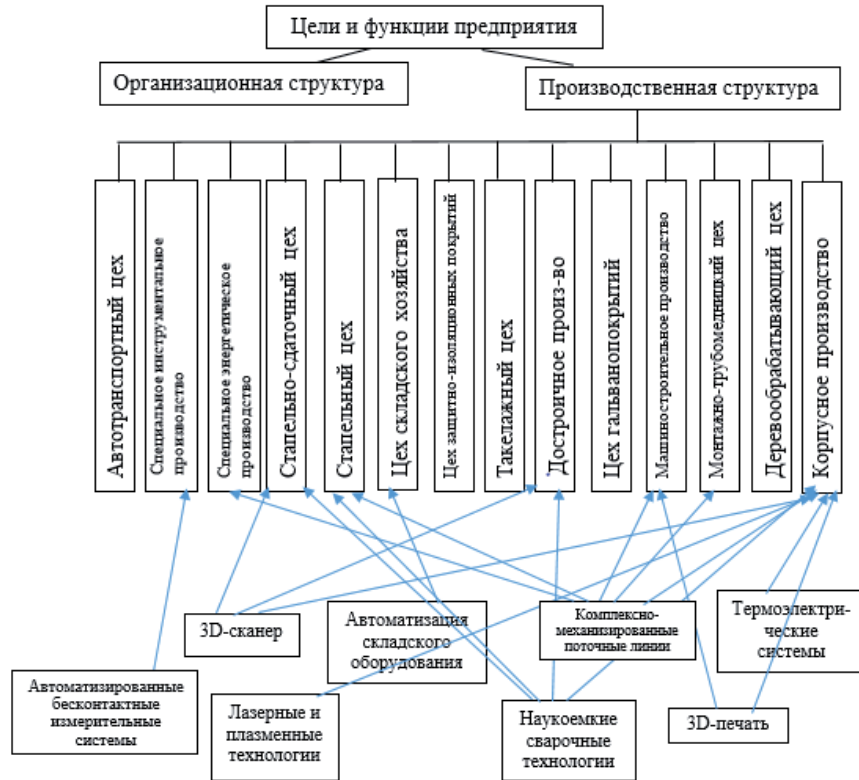


Рисунок 4 – Соотношение между производственной структурой предприятия и предлагаемыми инновациями

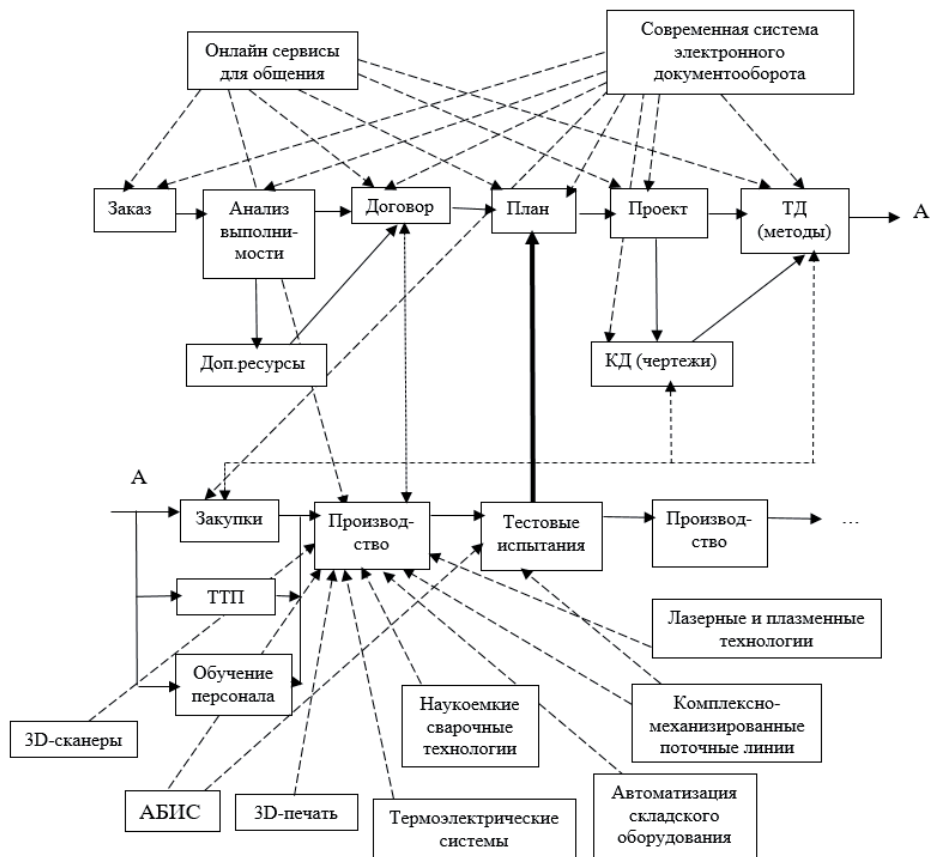


Рисунок 5 – Соотношение ЖЦ продукции судостроительной отрасли с инновациями

В приведённом примере наиболее востребованными инновациями можно считать «Онлайн сервисы для общения», «Современная система электронного документооборота», «Комплексно-механизированные поточные сварочные линии» и «Автоматизированные бесконтактные измерительные системы» (АБИС).

На этапе 4 алгоритма инновации оцениваются с использованием методов организации сложных экспертиз на основе информационных оценок А.А. Денисова. Для автоматизации вычислений этих оценок написана программа на платформе .NET Framework 4.7 с использованием языка программирования C#. При использовании программы осуществляется ввод инноваций для оценки (рисунок 6) и выбор модели, по которой будут оцениваться инновации. При оценке инноваций с применением модели 1-ого вида вводятся цели и функции производственной структуры предприятия (рисунок 7).

Эксперты оценивают вероятность целесообразности p_i' и вероятность реализации q_i для каждой инновации. Далее по формуле $H_i = -q_i \log(1 - p_i')$ вычисляется значимость H_i инновации для каждой цели и функции (рисунки 8–15).

Рисунок 6 – Ввод инноваций для оценки моделью 1-ого вида

Рисунок 7 – Ввод целей и функций производственной структуры

Лазерные и плазменные технологии

Название цели	Вероятность реализации	Вероятность использования	Потенциал инновации
Такелажный цех	0	0	0
Догрубочное произ-во	0	0	0
Цех гальванопокрытий	0	0	0
Машиностроительное производство	0	0	0
Монтажно-трубосоединительный цех	0	0	0
Деревообрабатывающий цех	0	0	0
Корпусное производство	0,8	0,7	1,63

Рисунок 8 – Оценка лазерных и плазменных технологий

Научеёмкие сварочные технологии

Название цели	Вероятность реализации	Вероятность использования	Потенциал инновации
Специальное энергетическое производство	0	0	0
Стапельно-слоточный цех	0,7	0,8	1,39
Стапельный цех	0,7	0,8	1,39
Цех складского хозяйства	0	0	0
Цех защитно-изоляционных покрытий	0	0	0
Такелажный цех	0	0	0
Догрубочное произ-во	0,6	0,7	0,93

Рисунок 9 – Оценка наукоёмких сварочных технологий

АБИС

Название цели	Вероятность реализации	Вероятность использования	Потенциал инновации
Автотранспортный цех	0	0	0
Специальное инструментальное производство	0,9	0,9	2,99
Специальное энергетическое производство	0	0	0
Стапельно-слоточный цех	0	0	0
Стапельный цех	0	0	0
Цех складского хозяйства	0	0	0
Цех защитно-изоляционных покрытий	0	0	0

Рисунок 10 – Оценка АБИС

Комплексно-механизированные поточные линии

Название цели	Вероятность реализации	Вероятность использования	Потенциал инновации
Автотранспортный цех	0	0	0
Специальное инструментальное производство	0	0	0
Специальное энергетическое производство	0,8	0,7	1,63
Стапельно-слоточный цех	0	0	0
Стапельный цех	0,7	0,7	1,22
Цех складского хозяйства	0	0	0
Цех защитно-изоляционных покрытий	0	0	0

Рисунок 11 – Оценка комплексно-механизированных поточных линий

3D-печать

Название цели	Вероятность реализации	Вероятность использования	Потенциал инновации
Такелажный цех	0	0	0
Достройное произ-во	0	0	0
Цех гальванопокрытий	0	0	0
Машиностроительное производство	0,8	0,8	1,86
Монтажно-трубемедицинский цех	0	0	0
Деревообрабатывающий цех	0	0	0
Корпусное производство	0,9	0,8	2,66

Посчитать
Перейти к следующей инновации
Отчет

Рисунок 12 – Оценка 3D-печати

3D-сканеры

Название цели	Вероятность реализации	Вероятность использования	Потенциал инновации
Такелажный цех	0	0	0
Достройное произ-во	0,8	0,8	1,86
Цех гальванопокрытий	0	0	0
Машиностроительное производство	0	0	0
Монтажно-трубемедицинский цех	0	0	0
Деревообрабатывающий цех	0	0	0
Корпусное производство	0,9	0,9	2,99

Посчитать
Перейти к следующей инновации
Отчет

Рисунок 13 – Оценка 3D-сканеров

Термоэлектрические системы

Название цели	Вероятность реализации	Вероятность использования	Потенциал инновации
Цех защитно-изоляционных покрытий	0	0	0
Достройное произ-во	0	0	0
Цех гальванопокрытий	0	0	0
Машиностроительное производство	0	0	0
Монтажно-трубемедицинский цех	0	0	0
Деревообрабатывающий цех	0	0	0
Корпусное производство	0,9	0,9	2,99

Посчитать
Перейти к следующей инновации
Отчет

Рисунок 14 – Оценка термоэлектрических систем

Автоматизация складского оборудования

Название цели	Вероятность реализации	Вероятность использования	Потенциал инновации
Стапельно-слоточный цех	0	0	0
Стапельный цех	0	0	0
Цех складского хозяйства	0,8	0,9	2,09
Цех защитно-изоляционных покрытий	0	0	0
Такелажный цех	0	0	0
Достройное произ-во	0	0	0
Цех гальванопокрытий	0	0	0

Посчитать
Перейти к следующей инновации
Отчет

Рисунок 15 – Оценка автоматизации складского оборудования

После оценки каждой инновации доступны отчёт (рисунок 16) о значимости каждой инновации и гистограммы результатов. Суммарная значимость H_i инновации по каждой цели и функции вычисляется по формуле (3).



Рисунок 16 – Отчёт о значимости каждой инновации с применением модели 1-ого вида

На основании анализа приведённых результатов выбраны инновации с наибольшими показателями: наукоёмкие сварочные технологии, АБИС, комплексно-механизированные поточные линии, 3D-печать, 3D-сканеры, термоэлектрические системы.

Для оценки инноваций с применением модели 2-ого вида за критерии оценки приняты количество нововведений (сколько единиц будет закуплено) и уменьшение времени на изготовление одной детали. Т.к. модель 2-ого вида позволяет оценивать изменение значимости инновации во времени, эксперт даёт прогноз показателей на конечный период времени и определяет показатели на начальный период времени, а также вводит показатели на текущий момент времени.

На конечный период времени эксперт даёт прогноз значимости инновации по двум критериям (H_{K1} и H_{K2}), интересующий объём (A_{K1} и A_{K2}) и единицу измерения (ΔA_{K1} и ΔA_{K2}). Используя формулу $n_i = J_i / H_i$, вычисляется объём понятия инновации по двум критериям (n_1 и n_2). Далее эксперт вводит значения объёма инновации (A_{N1} и A_{N2}) на начальный период времени (т.е. например, сколько было внедрено 3D сканеров). Зная объём понятия об инновации на конечный и начальный период времени, можно вычислить информацию об объёме инновации на начальный период времени (J_{N1} и J_{N2}), а также значимость инновации на начальный период времени (H_{N1} и H_{N2}).

Далее эксперту необходимо вводить показатели интересующего объёма (A_{T1} и A_{T2}) на текущий период времени. Зная единицу измерения (ΔA_{K1} и ΔA_{K2}), можно определить объём инновации на текущий период времени (J_{T1} и J_{T2}), используя формулу $J_i = A_i / \Delta A_i$. После чего, зная J_i , можно вычислить значимость инновации (H_{T1} и H_{T2}) на текущий момент времени по формуле $H_i = J_i / n_i$ (рисунок 17 – 20). Также можно получить график изменения значимости инновации во времени (рисунок 21).

Отчёт о значимости каждой инновации представлен на рисунке 22. Наибольшие оценки имеют инновации: комплексно-механизированные поточные линии, 3D-сканеры и 3D-печать. Данные инновации использованы для оценки моделями 3-го вида, а именно, оценки значимости инноваций с учётом их взаимного влияния.

Наукоёмкие сварочные технологии
Потенциал инновации = 1,63

Критерий 1
Количество (шт)

Конечный период Начальный период

Нк1 1,03 Ан1 1
Ак1 6 Jн1 1
dA1 1 Hн1 0,17
n1 5,83

Критерий 2
Уменьшение времени

Конечный период Начальный период

Нк2 1,6 Ан2 1
Ак2 4 Jн2 1
dA2 1 Hн2 0,4
n2 2,5

Текущий период
9 августа 2021 г.

Дата	At1	At2	Jt1	Jt2	Ht1	Ht2	Значимость инновации
01-08-2021	2	1	2	1	0,34	0,4	0,173053173241852
09-08-2021	4	2	4	2	0,69	0,8	0,916106346483705

Рисунок 17 – Оценка наукоёмких сварочных технологий на текущий момент времени

АБИС
Потенциал инновации = 2,99

Критерий 1
Количество (шт)

Конечный период Начальный период

Нк1 1,8 Ан1 2
Ак1 4 Jн1 2
dA1 1 Hн1 0,9
n1 2,22

Критерий 2
Уменьшение времени

Конечный период Начальный период

Нк2 1,19 Ан2 1
Ак2 5 Jн2 1
dA2 1 Hн2 0,24
n2 4,2

Текущий период
9 августа 2021 г.

Дата	At1	At2	Jt1	Jt2	Ht1	Ht2	Значимость инновации
01-08-2021	2	3	2	3	0,9	0,71	0,475186615186615
09-08-2021	3	4	3	4	1,35	0,95	1,1637323037323

Рисунок 18 – Оценка АБИС на текущий момент времени

Комплексно-механизированные поточные линии
Потенциал инновации = 7,2

Критерий 1
Количество (шт)

Конечный период Начальный период

Нк1 2,2 Ан1 1
Ак1 6 Jн1 1
dA1 1 Hн1 0,37
n1 2,73

Критерий 2
Уменьшение времени

Конечный период Начальный период

Нк2 5 Ан2 1
Ак2 6 Jн2 1
dA2 1 Hн2 0,83
n2 1,2

Текущий период
9 августа 2021 г.

Дата	At1	At2	Jt1	Jt2	Ht1	Ht2	Значимость инновации
01-08-2021	3	2	3	2	1,1	1,67	1,56556776556777
09-08-2021	6	5	6	5	2,2	4,17	5,16446886446886

Рисунок 19 – Оценка комплексно-механизированных поточных линий на текущий момент времени

3D-печать
Потенциал инновации = 4,52

Критерий 1
Количество (шт)

Конечный период Начальный период

Нк1 2 Ан1 2
Ак1 5 Jн1 2
dA1 1 Hн1 0,8
n1 2,5

Критерий 2
Уменьшение времени

Конечный период Начальный период

Нк2 2,52 Ан2 2
Ак2 7 Jн2 2
dA2 1 Hн2 0,72
n2 2,78

Текущий период
9 августа 2021 г.

Дата	At1	At2	Jt1	Jt2	Ht1	Ht2	Значимость инновации
01-08-2021	2	4	2	4	0,8	1,44	0,71884892086331
09-08-2021	3	5	3	5	1,2	1,8	1,47856115107914

Рисунок 20 – Оценка 3D-печати на текущий момент времени



Рисунок 21 – Изменение значимости инновации 3D-сканер во времени



Рисунок 22 – Значимость инноваций на текущий период времени

Эксперт определяет интересующий объём (A_i), единицу измерения (ΔA_i) i -ой составляющей и объём понятия (n_{ii}) об инновации при отсутствии других инноваций (рисунок 23). Необходимо принимать во внимание условие $\sum n_{ii} = 1$. Определяются приращения понятия об i -ой инновации при наличии j -ой инновации (Δn_{ij}) (рисунок 24). Осуществляется расчёт объёма i -ой инновации по формуле $J_i = \frac{A_i}{\Delta A_i}$, а также объём понятия об i -ой инновации при наличии j -ой инновации по формуле $n_{ij} = n_{ii} + \Delta n_{ij}$. Вычисление значимости i -ой инновации при отсутствии других инноваций выполняется по формуле $H_i = \frac{J_i}{n_{ii}}$, вычисление значимости i -ой инновации при наличии j -ой инновации выполняется по формуле $H_{ij} = \frac{J_j}{n_{ij}}$. Итоговое вычисление значимости инноваций с учётом влияния других инноваций определяется по формуле $H_i = H_{ii} \pm \sum_{j=1}^k H_{ij}$, где k – количество инноваций (рисунок 25), а знак «-» означает отрицательное приращение понятия об инновации (Δn_{ij}).

Инновация	Ai ед	Ai	nii	Ji	Hi
Комплексно-механизированные поточные линии	1	6	0,3	6	20
3D-печать	1	8	0,3	8	26,67
3D-сканеры	1	6	0,4	6	15

Рисунок 23 – Вычисление информации об объёме инновации

n_{ij}	Комплексно-механизированные поточные линии	3D-печать	3D-сканеры
Комплексно-механизированные поточные линии	0,3	0,2	0,1
3D-печать	0,1	0,3	0,3
3D-сканеры	0,2	0,2	0,4

Рисунок 24 – Ввод приращения объёма понятия об инновации при наличии другой инновации

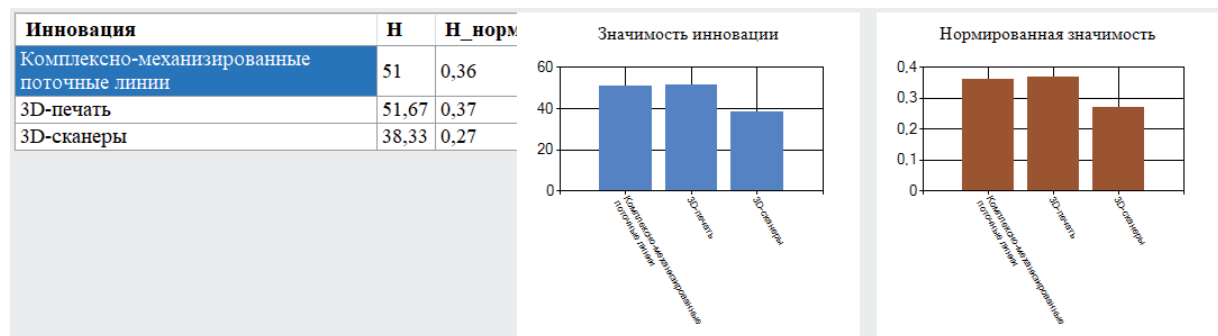


Рисунок 25 – Результаты вычисления значимостей инноваций

Результат вычисления значимости инноваций с учётом их взаимного влияния показали, что наибольшую оценку имеют инновации 3D-печать и комплексно-механизированные поточные линии.

Полученные результаты позволяют принимать решения о целесообразности продолжения внедрения, разработки, дальнейшего инвестирования инноваций.

Заключение

Новые технологии не имеют аналогов в прошлом, и невозможно заимствовать опыт других предприятий.

Предложенный алгоритм оценки инноваций основан на системном подходе и учитывает особенности предприятия, его цели и функции, а также все этапы ЖЦ продукции.

Список источников

- [1] **Волкова В.Н.**, Методы организации сложных экспертиз / В.Н. Волкова, А.А. Денисов // СПб.: Издательство Политехнического университета Санкт-Петербург. – 2010. – 128 с.
- [2] **Fleming, L.** Technology as a complex adaptive system: evidence from patent data / L. Fleming, O. Sorenson // Research Policy. 2001. №30(7). P.1019-1039.
- [3] **Czarnitzki, D.** Management Control and Innovative Activity / D. Czarnitzki, K. Kornelius // ZEW Discussion Papers. – 2001. – P.1-68.
- [4] **Моргунов, П.П.** Модель управления инновационной деятельностью на предприятиях нефтегазового комплекса на примере ОАО «Сургутнефтегаз» / П.П. Моргунов // Нефтегазовое дело. 2006. – №1. – С.64–78.
- [5] **Кононова, Е.Н.** Информатизационное управление затратообразующими факторами промышленных предприятий / И.Н. Тюкавкин, Е.Н. Кононова // Российский экономический интернет журнал. – М., 2012.
- [6] **Гареев, Т.Ф.** Нечетко-интервальные описания при оценке эффективности инновационных проектов / Т.Ф. Гареев // Вестник Казанского технологического университета. 2006. №4.
- [7] **Wilson, C.** Input, Output & Outcome Metrics for Assessing Energy Technology Innovation. Historical Case Studies of Energy Technology Innovation / A. Grubler, F. Aguayo, K. S. Gallager, M. Hekkert, K. Jiang, L. Mytelka, L. Neij, G. Nemet, C. Wilson // The Global Energy Assessment. Cambridge University Press: Cambridge, UK. 2012.
- [8] **Freeman, C.** The Economics of Industrial Innovation / C. Freeman, L. Soete // Cambridge MA, MIT Press. 2000.
- [9] **Voytolovskiy, N.** Methods of assessing the efficiency of innovation activities of industrial enterprises / N. Voytolovskiy, A. Butyrin, A. Chizhik // MATEC Web of Conferences. 2001. P.243-265.

- [10] **Гумба, Х.М.** Методические подходы к оценке инноваций строительного предприятия / Х.М. Гумба, Р.Ю. Бурков // Вестник МГСУ. – 2011. – № 6. – С.154-160.
- [11] **Gusev, V.** Methods for assessing the efficiency of innovation activity of enterprises of the electric power industry / V. Gusev, T. Naumkina, N. Voytolovskiy, E. Minaeva, O. Zemskova // MATEC Web of Conferences 170. 2018, P.1–8.
- [12] **Волкова, В.Н.** Системный анализ инновационных технологий промышленных революций. Человеческий фактор в сложных технических системах и средах (Эрго-2018) / В.Н. Волкова, А.С. Кудрявцева, А.В. Логинова, А.Е. Леонова, Ю.Ю. Черный // Труды Третьей международной научно-практической конференции. Межрегиональная общественная организация "Эргономическая ассоциация" (Тверь). – 2018. – С.694-702.
- [13] **Бармина, О.В.** Интеллектуальная система управления взаимодействием бизнес процессов в проектно-ориентированных организациях / О.В. Бармина, Н.О. Никулина // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №1(23). – С.48-65. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-48-65.
- [14] **Никулина, Н.О.** Интеллектуальная поддержка принятия решений при анализе рисков инновационного проекта / Н.О. Никулина, А.И. Малахова, И.Ф. Иванова // Онтология проектирования. – 2019. – Т.9, №3(33). – С.382-397. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-382-397.
- [15] **Lee, E.A.** Introduction to Embedded Systems. A Cyber-Physical Systems Approach / E.A. Lee, S.A. Seshia // Second Edition. MIT Press 2017. - <http://LeeSeshia.org>.
- [16] **Vyatkin, V.** IEC 61499 as enabler of distributed and intelligent automation: State-of-the-art review / V. Vyatkin // IEEE Transaction on Industrial Informatics. – 2011. – №4(7). – P. 768–781.
- [17] **Масютин, С.А.** Опыт разработки стратегии предприятия для реализации отраслевых стратегий (на примере концерна «Русэлпром») / Пленарные доклады Тринадцатого Всерос. симп. «Стратегическое планирование и развитие предприятий» // Москва, 10–11 апреля 2012 г. – 2012.
- [18] **Rifkin, J.** The Hydrogen Economy: The Creation of the World-Wide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth. N.Y.: Tarcher, 2002. 304 p.
- [19] **Шваб, К.** Четвертая промышленная революция: перевод с англ. // М. Изд-во «Э». – 2017. – 208 с.
- [20] **Кудрявцева, А.С.** Сравнительный анализ метода решающих матриц Г.С. Поспелова и моделей, основанных на информационном подходе А.А. Денисова // Системный анализ в проектировании и управлении. Сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 518-523.
- [21] Моделирование систем и процессов: Практикум / Под ред. В.Н. Волковой. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. 295с.
- [22] **Поспелов, Г.С.** Проблема программно-целевого планирования и управления / Г.С. Поспелов, В.Л. Вен, В.Н. Солодов, В.В. Шафранский, А.И. Эрлих. – М.: Наука. –1980. – 460 с.
- [23] **Моисеев, Н.Н.** Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
- [24] **Лопухин, М.М.** ПАТТЕРН (метод планирования и прогнозирования научных работ). М.: Сов. радио, 1971. –160 с.
- [25] **Денисов, А.А.** Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. / Изд. 2-е. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. – 2004. – 96 с.
- [26] **Волкова, В.Н.** Теория систем и системный анализ / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Изд-во Юрайт, – 2014. – 616 с.
- [27] **Волкова В.Н.** Модели для управления инновационной деятельностью промышленного предприятия. / В.Н. Волкова, А.С. Кудрявцева // Открытое образование. – 2018. – №22(4). – С. 64-73.
- [28] Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 октября 2019 г. № 2553-р.

Сведения об авторе

Кудрявцева Арина Сергеевна, 1994 г. рождения. Окончила Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого в 2018 году. Аспирант высшей школы киберфизических систем и управления Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. В списке научных трудов более 10 работ в области социо-кибернетических систем и автоматизации предприятий на основе инноваций. Author ID (RSCI): 979967; Author ID (Scopus): 57208470347; kudriavtcevaarina@yandex.ru.



Поступила в редакцию 07.07.2021, после рецензирования 17.08.2021. Принята к публикации 23.09.2021.

Algorithm for assessing and selecting innovations for an enterprise

A. Kudriavtceva

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Currently, innovative technologies of the third and fourth industrial revolutions have a huge impact on the development of industrial enterprises. There is a need to create an approach to decision-making management when introducing innovative technologies. The purpose of the article is to develop an algorithm for assessing innovative technologies by gradually narrowing the area of feasible solutions. A brief analysis of existing methods for assessing innovations is given. It is shown that the existing economic and complex assessments do not allow to give a systematic assessment of the effectiveness of innovations, since new technologies have no experience in the past. The works of J. Rifkin and K. Schwab, as well as the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017-2030 can form the basis for choosing the initial set of innovations, the basis for forming the area of proposed innovations for implementation. To narrow the selected set of innovations, an algorithm for systemic assessment and selection of innovations is proposed. The study, carried out on the basis of the developed algorithm for the shipbuilding enterprise "Admiralteyskie Verfi" in Saint Petersburg, made it possible to evaluate and select the rational composition of innovations for this enterprise.

Key words: *cyber physical system, industrial enterprise, innovative technologies, systems analysis, decision making.*

Citation: Kudriavtseva A. Algorithm for assessing and selecting innovations for an enterprise [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(41): 364-381. DOI: 10.18287 / 2223-9537-2021-11-3-364-381.

List of figures and tables

- Figure 1 - Methodology for a comprehensive assessment of innovations
- Figure 2 - Technologies of the fourth industrial revolution
- Figure 3 - Technologies of the cyber physical system
- Figure 4 - The relationship between the production structure of the enterprise and the proposed innovations
- Figure 5 - The ratio of the life cycle of products of the shipbuilding industry with innovations
- Figure 6 - Selection of innovations for evaluation by the model of the 1st type
- Figure 7 - Entering the goals and functions of the production structure
- Figure 8 - Assessment of laser and plasma technologies
- Figure 9 - Assessment of science-intensive welding technologies
- Figure 10 - Assessment of ANMS
- Figure 11 - Assessment of complex mechanized production lines
- Figure 12 - Assessment of 3D printing
- Figure 13 - Evaluation of 3D scanners
- Figure 14 - Assessment of thermoelectric systems
- Figure 15 - Assessment of automation of warehouse equipment
- Figure 16 - Report on the significance of each innovation using the 1st type model
- Figure 17 - Assessment of science-intensive welding technologies at the current time
- Figure 18 - Assessment of ANMS at the current time
- Figure 19 - Assessment of complex mechanized production lines at the current time
- Figure 20 - Evaluation of 3D printing at the current time
- Figure 21 - Change in the importance of 3D scanner innovation over time
- Figure 22 - Significance of innovations for the current period of time
- Figure 23 - Calculation of information on the volume of innovation
- Figure 24 - Entering an increment in the volume of the concept of innovation in the presence of another innovation
- Figure 25 - Results of calculating the significance of innovations
- Table 1 - Quantitative indicators of innovation
- Table 2 – Proposed innovations of the third and fourth industrial revolutions
- Table 3 - Innovation for the shipbuilding industry

References

- [1] **Volkova VN, Denisov A.A.** Methods of organizing complex examinations [In Russian]. St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University of St. Petersburg. 2010. 128 p.
- [2] **Fleming L, Sorenson O.** Technology as a complex adaptive system: evidence from patent data. *Research Policy*. 2001; 30(7): 1019-1039.
- [3] **Czarnitzki D, Kornelius K.** Management Control and Innovative Activity. *ZEW Discussion Papers*. 2001. 68 p.
- [4] **Morgunov P.** A model for managing innovative activities at oil and gas enterprises on the example of Surgut-neftegas, OJSC [In Russian]. *Oil and Gas Business*. 2006; 1: 64-78.
- [5] **Kononova E, Tyukavkin I.** Informatization management of cost-generating factors of industrial enterprises [In Russian]. *Russian Economic Internet Journal*. Moscow, 2012.
- [6] **Gareev T.** Fuzzy-interval descriptions in assessing the effectiveness of innovative projects [In Russian]. City: Publishing house. 2006.
- [7] **Grubler A, Aguayo F, Gallager KS, Hekkert M, Jiang K, Mytelka L, Neij L, Nemet G, Wilson C.** Input, Output & Outcome Metrics for Assessing Energy Technology Innovation. *Historical Case Studies of Energy Technology Innovation. The Global Energy Assessment*. Cambridge University Press: Cambridge, UK. 2012.
- [8] **Freeman C, Soete L.** The Economics of Industrial Innovation. Cambridge MA, MIT Press. 2000.
- [9] **Voytlovskiy N, Butyrin A, Chizhik A.** Methods of assessing the efficiency of innovation activities of industrial enterprises. *MATEC Web of Conferences*. 2001. P.243-265.
- [10] **Gumba KhM, Burkov RYu.** Methodological approaches to assessing the innovations of a construction enterprise [In Russian]. *Bulletin of MGSU*. 2011; 6: 154-160.
- [11] **Gusev V, Naumkina T, Voytlovskiy N, Minaeva E, Zemskova O.** Methods for assessing the efficiency of innovation activity of enterprises of the electric power industry. *MATEC Web of Conferences* 170. 2018, P.1-8.
- [12] **Volkova V.** System analysis of innovative technologies of industrial revolutions. The human factor in complex technical systems and environments (Ergo-2018) [In Russian]. *Proc. of the Third Internat. Scient. and Pract. Conf.* Edited by AN Anokhin, AA Oboznov, PI Paderno, SF Sergeev / VN Volkova, AS Kudryavtseva, AV Loginova, AE Leonova, YuYu Black // Interregional Public Organization "Ergonomic Association" (Tver). 2018. P.694-702.
- [13] **Barmina OV, Nikulina NO.** Intelligent system for interactive business processes management in project-oriented organizations [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(1): 48-65. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-48-65.
- [14] **Nikulina NO, Malakhova AI, Ivanova IF.** Decision-making intelligent support in the risk analysis of innovative project [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(3): 382-397. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-382-397.
- [15] **Lee EA, Seshia SA.** Introduction to Embedded Systems. A Cyber-Physical Systems Approach. Second Edition. MIT Press 2017. 564 p. <http://LeeSeshia.org>.
- [16] **Vyatkin V.** IEC 61499 as enabler of distributed and intelligent automation: State-of-the-art review. *IEEE Transaction on Industrial Informatics*. 2011; 4(7): 768-781.
- [17] **Masyutin SA.** Experience in developing an enterprise strategy for the implementation of sectoral strategies (on the example of the "Ruselprom" concern) [In Russian]. *Plenary reports of the Thirteenth All-Russia symposium "Strategic planning and development of enterprises"*. Moscow, April 10-11, 2012.
- [18] **Rifkin J.** The Hydrogen Economy: The Creation of the World-Wide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth. NY: J.P. Tarcher/Putnam, 2002. 304 p.
- [19] **Schwab K.** The Fourth Industrial Revolution: translated from English. // M. Publishing house "E". 2017. 208 p.
- [20] **Kudryavtseva AS, Denisova AA.** Comparative analysis of the decision matrix method by G.S. Pospelov and models based on the information approach [In Russian]. *System analysis in design and management. Collection of scientific papers of the XXIII International Scientific and Practical Conference*. 2019. P.518-523.
- [21] *Modeling of systems and processes: Workshop* [In Russian]. Ed. VN Volkova. Moscow: Yurayt Publishing House, 2020. 295 p.
- [22] **Pospelov G, Ven VL, Solodov VN, Shafransky VV, Erlikh AI.** The problem of program-target planning and management [In Russian]. Moscow: Science. 1980. 460p.
- [23] **Moiseev N.** Mathematical problems of system analysis [In Russian]. Moscow: Science, 1981. 488 p.
- [24] **Lopukhin M.** PATTERN (method of planning and forecasting scientific works) [In Russian]. Moscow: Sov. radio, 1971. 160 p.
- [25] **Denisov A.** Modern problems of system analysis: Information bases. [In Russian]. Ed. 2nd. SPb.: Publishing house of the Polytechnic University. 2004. 96 p.
- [26] **Volkova V, Denisov AA.** Systems theory and systems analysis: textbook for academic bachelor's degree, 2nd ed., Revised and supplemented [In Russian]. Moscow: Yurayt Publishing House. 2014. 616 p.
- [27] **Volkova V, Kudryavtseva AS.** Models for managing innovative activities of an industrial enterprise [In Russian]. *Open education*. 2018; 22(4): 64-73.

- [28] The strategy for the development of the shipbuilding industry for the period up to 2035, approved by the order of the Government of the Russian Federation [In Russian]. October 28, 2019 No. 2553-r.
-

About the author

Arina Kudryavtseva (b. 1994) graduated from Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University in 2018. Post-graduate student of the Higher School of Cyber-Physical Systems and Management, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. The list of scientific works includes more than 10 works in the field of socio-cybernetic systems and enterprise automation based on innovations. Author ID (RSCI): 979967; Author ID (Scopus): 57208470347. kudriavtcevaarina@yandex.ru.

Received June 07, 2021. Revised August 17, 2021. Accepted September 23, 2021.

Оценка бюджета проекта по критериям удовлетворённости акторов

В.Е. Гвоздев, О.Я. Бежаева, Д.Р. Ахметова, Г.Р. Сафина

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

Аннотация

В руководствах по управлению проектами создания программных компонентов вычислительно-коммуникационных систем отмечается, что качество результатов определяется обоснованностью организационных решений, связанных с управлением проектом. Подчёркивается, что организационные ошибки, допускаемые на начальных стадиях проекта, включая недостаточную обоснованность бюджета проекта, имеют тяжелые последствия. Новизна настоящей работы заключается в утверждении о том, что качество результатов проекта в равной степени определяется не только удовлетворённостью потребителей/заказчиков, но и удовлетворённостью разработчиков ходом выполнения проекта. Предложена схема оценивания возможных границ бюджета проекта, в которых возможно получение решения, приемлемого как для потребителей/заказчиков, так и для исполнителей проекта. Основу схемы составляет использование опыта потребителей и разработчиков в реализации схожих по содержанию проектов. Модельную основу схемы составляют нелинейные эмпирические функциональные зависимости между показателями удовлетворённости акторов, бюджетом проекта и длительностью его реализации. Повышение обоснованности оценки бюджета с учётом опыта акторов является предпосылкой сокращения организационных дефектов проекта, что делает возможным достижение требуемого качества инфраструктурных компонентов вычислительно-коммуникационных систем.

Ключевые слова: треугольник проекта, удовлетворённость акторов, характеристика проекта, управление проектом, бюджет проекта.

Цитирование: Гвоздев, В.Е. Оценка бюджета проекта по критериям удовлетворённости акторов / В.Е. Гвоздев, О.Я. Бежаева, Д.Р. Ахметова, Г.Р. Сафина // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11, №3(41). – С. 382-392. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-382-392.

Введение

Переход от парадигмы «объект управления – субъект управления» к парадигме, основанной на сетцентрическом управлении [1, 2], от локальных информационных систем (ИС) к цифровой экосреде умных предприятий [3] обусловил необходимость внесения принципиальных изменений в методическое, модельное и инструментальное обеспечение реализации инфраструктурных компонентов вычислительно-коммуникационных систем (ВКС). В условиях четвёртой промышленной революции ВКС являются системообразующим инфраструктурным компонентом системы обеспечения жизнедеятельности распределённых динамических гетерогенных многоуровневых человеко-машинных систем [4].

К параметрам, характеризующим качество ВКС, относится, в том числе, удовлетворённость субъектов¹ (акторов) как потребительскими свойствами объектов, так и ходом выпол-

¹ Критерий *удовлетворённости* рассматривается как чувство, испытываемое человеком (актором), пожелания и требования которого удовлетворены в определённой степени, причём не обязательно в полном объёме. Степень удовлетворённости предполагаемым исходом проекта служит для актора основанием при принятии им решения о целесообразности его участия в проекте. Согласно (ISO/IEC 26514 Systems and software engineering — Requirements for designers and developers of user documentation) под *проектом* понимается совокупность мероприятий для разработки нового продукта или улучшения существующего продукта. См. также ГОСТ Р ИСО 10004-2020. Менеджмент качества. Удовлетворённость потребителей. Руководящие указания по мониторингу и измерению. Дата введения 2021-04-01.

нения проекта² создания ВКС. В силу этого организационные ошибки, к числу которых относятся необоснованное назначение на начальной стадии проекта длительности реализации и бюджета³ проекта⁴, являются фактором снижения качества ВКС.

Переход от локальных ИС к цифровой экосреде при анализе результатов проекта требует смещения акцентов от оценки соответствия свойств результатов проекта требованиям технического задания к оценке удовлетворённости пользователей [1, 2, 5, 6]. Отмеченное обстоятельство служит основанием для совершенствования подходов к оцениванию основных характеристик проектов на их начальных стадиях.

Концептуальной основой настоящей статьи является утверждение, что удовлетворённость потребителя⁵ результатами проекта, а исполнителя – организацией и ходом выполнения проекта являются важными факторами, определяющими успех проекта. Удовлетворённость заказчика⁶ является интегральной характеристикой соответствия потребительских свойств ИС представлениям о ценностях потребителей. Удовлетворённость исполнителя является интегральной характеристикой соответствия внутреннего устройства проекта (организационного, финансового, технологического) на всех стадиях его жизненного цикла (ЖЦ) такому устройству, которое ожидалось на ранней стадии проекта.

1 Факторы, влияющие на определение основных характеристик проекта

Для формирования консолидированного мнения неоднородных акторов в условиях всё возрастающей сложности, неопределённости, скорости изменения состояния окружающей среды и их различного влияния на представление акторов о ценностях и удовлетворённость своим состоянием необходимо наличие инструментов, позволяющих:

- быстро получать хорошо интерпретируемые и одинаково понимаемые акторами оценки основных характеристик проекта;
- учитывать опыт реализации аналогичных проектов;
- использовать как фактические (исторические) данные, связанные с реализованными подобными проектами, так и нематериальные активы акторов (аксиологические знания).

Одной из наиболее известных концептуальных моделей проекта, соответствующих начальной фазе ЖЦ, является «треугольник проекта». Эта модель определяет факторы, составляющие основу построения систем управления проектами. Известные вариации этой модели можно условно разделить на два класса по признаку важности субъективной составляющей в успехе/провале проектов.

В моделях, относящиеся к 90-м годам, в качестве критических факторов проекта приняты: бюджет, сроки, качество (иногда – расписание, бюджет, технические спецификации). Отмечалась необходимость учёта субъективного восприятия критических факторов и пред-

² *Ход выполнения проекта* – это состояние работ по проекту на текущую дату. Отслеживание хода выполнения проекта позволяет сопоставлять плановые фактические сроки выполнения работ, расход, бюджет и качество получаемых

³ *Бюджет проекта* представляет собой план затрат, необходимых для выполнения проекта в стоимостном выражении. Бюджет проекта включает затраты на закупку аппаратных компонентов, информационных ресурсов, инструментальных средств, выплату заработной платы (включая отчисления в социальные фонды), услуги сторонних организаций, амортизацию зданий, техники, оборудования и нематериальных активов. Бюджет проекта служит основанием для определения стоимости проекта.

⁴ Под *реализацией проекта* понимается выполнение операций, обозначенных в плане проекта и направленных на достижение целей проекта.

⁵ *Потребители результатов проекта* (в случае информационной системы – пользователи информационной системы) – лицо, группа лиц или организация, пользующееся услугами информационной системы для получения информации или решения других задач. Потребитель получает и внедряет результаты проекта в свою деятельность, согласует промежуточные и окончательные результаты проекта.

⁶ *Заказчик* – сторона, заинтересованная в осуществлении проекта и достижении его целей. Будущий владелец результатов проекта.

полагалось ввести в модель четвертую составляющую – «люди» [7]. Анализ перечня критических факторов успеха проекта позволил заключить, что успех более чем на 75% определяется субъективной составляющей [8]. Анализ критических факторов провала указывает на то, что субъективная составляющая влияет не менее чем на 60%.

В отчёте *Standish Group* 2015 года вместо фактора качества (*Quality*) использована следующая совокупность характеристик: цели проекта (*Target*); локальные цели, соответствующие дорожной карте проекта (*Goal*); ценности, получаемые заказчиком (*Value*); удовлетворённость организацией и ходом выполнения проекта исполнителем (*Satisfaction*) [8, 9]. Внешённые изменения также являются свидетельством важности влияния субъективной составляющей на успех проекта.

Время реализации проекта ИС является приоритетным критическим фактором, определяющим ценность предоставленных информационных продуктов и услуг [10]. Время жизни информационных продуктов и услуг зависит от скорости изменения состояния внешней среды и внутреннего состояния объекта управления [5, 11, 12].

В бюджете проекта наибольшую неопределённость представляет оценка стоимости программного компонента ВКС, т.к. реализация программных проектов основана на использовании нематериальных активов – интеллектуальных ресурсов акторов [8, 9].

К числу факторов, определяющих стоимость продукта, относятся: предполагаемая трудоёмкость создания продукта (основанием для её оценки служат требования пользователей к свойствам конечного продукта); предложения по готовым решениям на рынке программных продуктов; ограничения на длительность реализации проекта; опыт, полученный субъектами, участвующими в определении бюджета проекта, при реализации предшествующих проектов; состояние рынка труда и другие факторы, среди которых существенное место занимают факторы субъективной природы.

На начальной стадии ЖЦ возможность влияния на длительность реализации проекта является ограниченной. В большей степени акторы могут влиять на бюджет проекта.

2 Анализ подходов к оцениванию бюджета проекта

Бюджет проекта в основном определяется путём переговоров между заказчиком и исполнителем. Задача разработки формализованных методик для информационной поддержки поиска заинтересованными сторонами консолидированного решения относительно оценки стоимости результатов проекта давно находятся в поле зрения специалистов, связанных с реализацией ИС.

Анализу моделей, методов и инструментов оценки стоимости программных продуктов посвящены работы [13-15]. Подходы к оценке стоимости, изложенные в этих работах, могут быть классифицированы следующим образом:

Слабоформализованные методы. Их областью применимости является начальная стадия проекта. Определение стоимости предполагаемого продукта основано на эмпирических данных, относящихся к ранее реализованным проектам. Примерами методов, относящихся к этому классу, являются *Price-to-win* («цена победы»); оценка по Паркинсону; экспертные оценки; оценки по аналогии и др. [16].

Методы, основанные на анализе архитектуры программных продуктов. Наиболее известным представителем методов, относящихся к этому классу, является метод функциональных точек (*Function Points - FP*). Метод инвариантен к языку программирования и среде разработки. Ограничением базового *FP* является то, что он не ориентирован на исследование программных систем с высокой интенсивностью вычислений. Модифицированный метод *FP* ориентирован на исследование программных систем, реализующих высокую интенсивность

вычислений [17]. Существенным ограничением методов этого класса является предположение о высоком качестве функциональных требований [15].

Методы, основанные на подсчёте числа строк кода (Source Lines of Code — SLOC). Основу этих методов составляют эмпирические модели, устанавливающие размер затрат в зависимости от числа строк кода и характеристик среды реализации проекта. Примером метода оценивания, основанного на SLOC, может служить модель *Post Architecture Model (PAM)*, являющаяся частью *COCOMO* [18]. Ограничениями этого подхода являются низкая достоверность оценивания числа SLOC на начальной стадии проекта и неопределённость понятия «строка кода».

Методы, основанные на совместном использовании измерительных данных и экспертных оценок. Примером такого метода является *CoBRA* [19]. Основу метода составляет оценивание номинальной трудоёмкости и накладных расходов. Под «номинальной трудоёмкостью» понимаются инженерные и управленческие усилия на разработку программного проекта в среде организации.

В работе [20] рассматривается подход к оцениванию бюджета проекта на начальной стадии на основе исторических данных о бюджетах и длительности реализации ранее выполненных проектов, а также оценках уровня удовлетворённости различных целевых групп пользователей и исполнителей проекта в виде параметров лингвистической шкалы. Модельную основу подхода составляло построение эмпирических (регрессионных) моделей в условиях различных объёмов независимых и зависимых случайных величин [21].

Основными допущениями подхода являются следующие:

- Удовлетворённость потребителей свойствами конечного продукта определяется организацией и ходом реализации проекта. Поведение системы определяется её устройством [22], поэтому причинами нежелательных событий, возникающих при управлении сложными субъектоцентрическими системами, являются в первую очередь ошибки в организации управления системой, и лишь во-вторую очередь ошибки операторов [23].
- На предпроектной стадии ВКС в силу высокой неопределённости состояния внешней среды проекта (модель «конус неопределённости» [24]) целесообразно проект создания ИС рассматривать как многосвязный объект управления. Это даёт основание рассматривать прямые и перекрёстные связи между входными и выходными параметрами проекта как строгие функциональные зависимости с неизменными структурой и параметрами.
- Программные системы относятся к классу субъектоцентрических систем. В силу этого при оценивании характеристик проектов следует одновременно использовать как метрические исторические данные о ранее реализованных проектах, так и субъективные оценки акторов, причастных к реализации проектов.
- Исход проекта⁷ в равной мере определяется как ограничениями на бюджет и длительность реализации проекта, так и опытом исполнителя в выполнении проектов аналогичного содержания. Это допущение основано на «принципе ресурсов» [22] и субъектоцентричности проекта ИС [25].
- Сопоставимость и однородность исторических данных об основных параметрах проектов и полученных в ходе их реализации продуктов. Основанием является то, что организации-разработчики специализируются на реализации проектов в определённой предметной области и внутри организации накапливается опыт решения задач определённой тематической направленности [26], а ключевые моменты деятельности сотрудников регламентируются стандартами и официально утверждёнными руководствами.

⁷ *Исход проекта* – это логически завершённый конечный результат проекта в виде продукта (например, ВКС), обладающего свойствами, соответствующими в приемлемой для потребителя степени его потребностям и ожиданиям.

3 Модель проекта как многосвязного объекта

Основу построения модели проекта составляет рассмотрение его как многосвязного объекта управления [20]. Входами объекта являются параметры x_1 – бюджет проекта и x_2 – длительность реализации проекта. Выходами являются z_1 – характеристика удовлетворённости пользователей/заказчиков и z_2 – характеристика удовлетворённости разработчиков. Характеристики $z_j (j = 1, 2)$ и параметры $x_i (i = 1, 2)$ связаны функциональными зависимостями $z_j = \Phi_j(x_1, x_2)$. В работе [20] $\Phi_j(x_1, x_2)$ представлена в виде:

$$\Phi_1(x_1, x_2) = \gamma_1 \varphi_{11}(x_1) + \gamma_2 \varphi_{21}(x_2), \quad (1)$$

$$\Phi_2(x_1, x_2) = \varphi_{12}(x_1) * \varphi_{22}(x_2), \quad (2)$$

где $\varphi_{ij}(x_i)$, $(i, j = 1, 2)$ – строгие функциональные зависимости. При $i=j$ они характеризуют прямые связи между входами и выходами объекта; при $i \neq j$ – перекрестные.

γ_1, γ_2 – коэффициенты, характеризующие значимость параметров x_1 и x_2 . Если исходить из равного влияния на успех проекта его длительности и бюджета [24], то коэффициентам следует присвоить значение $\gamma_1 = \gamma_2 = 0,5$.

При этом

$$\varphi_{12}(x_1) = 0 \text{ при } x_1 = 0 \text{ и } \varphi_{12}(x_1) \rightarrow 1 \text{ при } x_1 \rightarrow \infty, \quad (3)$$

$$\varphi_{22}(x_2) = 0 \text{ при } x_2 = 0 \text{ и } \varphi_{22}(x_2) \rightarrow \infty \text{ при } x_2 \rightarrow \infty. \quad (4)$$

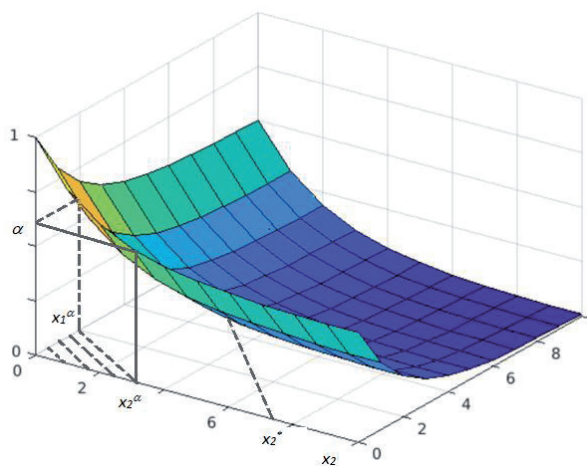
4 Оценивание возможности реализации проекта

Основу оценивания возможности реализации проекта составляет нахождение значений x_1, x_2 , при которых уровень удовлетворённости заказчика и исполнителя не ниже некоторых заданных значений, т.е.

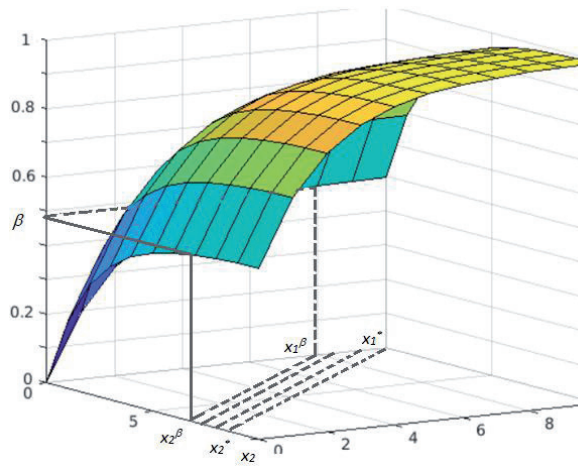
$$\alpha \leq \Phi_1(x_1, x_2) \leq 1; \quad (5)$$

$$\beta \leq \Phi_2(x_1, x_2) \leq 1. \quad (6)$$

Качественные графические модели для условий (5) и (6) представлены на рисунке 1, где пунктирными линиями выделены области допустимых решений.



а) Графическая модель $\Phi_1(x_1, x_2)$



б) Графическая модель $\Phi_2(x_1, x_2)$

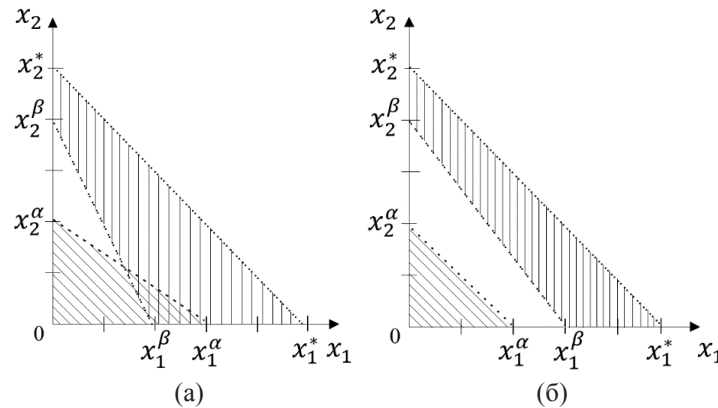
x_i^* – граничные значения параметров бюджета и длительности реализации, при повышении которых реализация проекта теряет смысл;

x_i^α – предельные (верхние) значения параметров проекта, при повышении которых удовлетворённость заказчика уменьшается ниже желаемого для него значения α ;

x_i^β – предельные (нижние) значения параметров проекта, при уменьшении которых удовлетворённость исполнителя оказывается ниже желаемого для него значения β ;

Рисунок 1 - Графические модели $\Phi_1(x_1, x_2)$ и $\Phi_2(x_1, x_2)$

Графическое представление нахождения сбалансированного решения между потребителем/заказчиком и исполнителями представлены на рисунке 2. Реализация проекта возможна лишь в условиях сбалансированности запросов к параметрам проекта заказчика и исполнителя (значения α и β) и сопоставимости их персонального опыта, накопленного при реализации прежних проектов (зависимости $\varphi_{ij}(x_i)$, $i, j = 1, 2$).



(а) – возможность нахождения сбалансированного решения с учётом особенностей $\varphi_{ij}(x_i)$, а также значений α и β ;

(б) – невозможность нахождения сбалансированного решения с учётом особенностей $\varphi_{ij}(x_i)$, а также значений α и β ;

Рисунок 2 – Графическое представление нахождения сбалансированного решения между потребителем/заказчиком и исполнителями

5 Оценивание эмпирических функциональных зависимостей

5.1 Формирование структуры функциональных зависимостей

В качестве структур эмпирических зависимостей могут быть выбраны следующие:

$$\varphi_{i1}(x_i) = e^{-l_i x_i} \quad (7)$$

$$\varphi_{i2}(x_i) = (1 - e^{-q_i x_i}), \quad i = 1, 2. \quad (8)$$

Эти зависимости удовлетворяют всем ограничениям, накладываемым на $\Phi_j(x_1, x_2)$ и формируемым посредством (3) и (4).

5.2 Оценивание параметров функциональных зависимостей

К особенностям оценивания эмпирических функциональных зависимостей относятся то, что: параметры x_1 и x_2 являются метрическими характеристиками, а степень удовлетворённости субъектов выражается вербальными оценками; целевые группы пользователей/ заказчика могут выражать разные уровни удовлетворённости потребительскими свойствами продукта. Группы исполнителей, участвующие в решении задач, могут выражать разные уровни удовлетворённости ходом выполнения проекта. Иными словами, отдельному проекту изначально ставятся в соответствие две метрические характеристики x_1, x_2 и множество вербальных оценок различных групп потребителей и исполнителей.

Первым этапом определения параметров эмпирических зависимостей является обеспечение равенства объёмов параметров $\{x_i\}_1^N, (i = 1, 2); \{z_j\}_1^N, (j = 1, 2)$. В [21] описана процедура квантификации экспертных оценок, даваемых субъектами, принадлежащими к различным подгруппам групп пользователей и исполнителей.

В результате применения процедуры каждому i -му проекту ставятся в соответствие интегральные оценки удовлетворённости пользователей/заказчика $z_1^{(i)}$ и исполнителей $z_2^{(i)}$.

Расчёт эмпирических моделей (7) и (8) сводится к решению задач оптимизации без ограничений.

$$\text{Для модели (7): } \sum_{i=1}^N (z_1^{(i)} - \sum_{j=1}^2 e^{-l_j x_j^{(i)}}) \xrightarrow{l_1, l_2} \min. \quad (9)$$

$$\text{Для модели (8): } \sum_{i=1}^N (z_2^{(i)} - \prod_{j=1}^2 (1 - e^{-q_j x_j^{(i)}})) \xrightarrow{q_1, q_2} \min. \quad (10)$$

Здесь N – число однотипных проектов, схожих с тем, параметры которого оцениваются.

Выбор квадратичной целевой функции обусловлен высокой устойчивостью полученных оценок. Особенности решения задач, подобных (9) и (10) обсуждается в [27].

Параметры моделей l_j, q_j ($j = 1, 2$) содержательно характеризуют опыт пользователей/заказчика и исполнителей, полученный при реализации предыдущих проектов. Полученные значения l_j, q_j ($j = 1, 2$) позволяют оценить возможность нахождения приемлемых решений с учётом ограничений вида x_j^* ($j = 1, 2$), а также желаемых значений α и β .

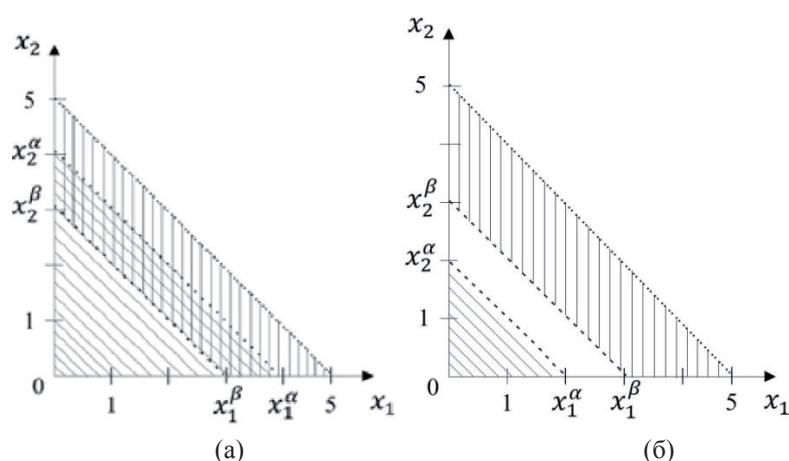
Пример. Пусть имеются исторические сведения о десяти проектах, схожих с тем, параметры которого оцениваются (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Исторические сведения о проектах

Проекты	x_1	x_2	$z_1(x_1, x_2)$	$z_2(x_1, x_2)$
1	2,5	1,5	0,9	0,95
2	1	3	0,9	0,9
3	2	1	1	0,8
4	3,5	2	0,7	1
5	2	5	0,6	1
6	3	5	0,4	1
7	2,5	2,5	0,7	1
8	2	3	0,75	1
9	0,5	0,5	1	0,3
10	5	5	0,3	1

Граничные значения параметров для предполагаемого проекта составляют: $x_i^* = 5$, ($i = 1, 2$).

Значения коэффициентов, полученных в результате решения задач (9) и (10) методом деформируемого многогранника [28] и характеризующих опыт пользователей/заказчика и исполнителей, составляют $l_1 = l_2 = 0,4$; $q_1 = q_2 = 2$. Графические модели, характеризующие возможность нахождения приемлемых решений при различных требованиях к уровням удовлетворённости, представлены на рисунке 3.



- а) Возможно нахождение решений при $\alpha \geq 0,8$; $\beta \geq 0,95$
(область с двойной штриховкой)
б) Невозможно нахождение решений при $\alpha \geq 0,95$; $\beta \geq 0,95$
(нет области с двойной штриховкой)

Рисунок 3 – Возможность нахождения приемлемых решений при разных значениях уровней удовлетворенности

Рисунок 3 носит иллюстративный характер и предназначен для демонстрации ситуаций, когда нахождение приемлемого для заказчика и исполнителя решения о характеристиках проекта, исходя из ограничений на уровень их удовлетворённости исходом проекта, возможно или невозможно.

Заключение

Предлагаемый подход к оцениванию одной из основных характеристик проекта (бюджета) основан на эмпирических моделях, построенных на опыте реализации предыдущих проектов. Такой подход отражает субъектоцентрическую природу проектов, субъективизм в оценивании приемлемых стартовых условий проекта.

Благодарности

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ №19-08-00937 А «Методы и модели интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении программными проектами, реализуемыми в среде производственных предприятий».

Список источников

- [1] **Козлов, С.В.** Проблема интероперабельности в сетевых системах управления / С.В. Козлов, С.И. Макаренко, А.Я. Олейников., Д.В. Растягаев, Т.Е. Черницкая. // Журнал радиоэлектроники. 2019. № 12. С.34. DOI: 10.30898/1684-1719-2019.12.4.
- [2] **Макаренко, С.И.** Модели интероперабельности информационных систем / С.И. Макаренко, А.Я. Олейников, Т.Е. Черницкая // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 4. С.215-245. - DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10408.
- [3] **Geisberger, E.** Living in a networked world. Integrated research agenda Cyber-Physical Systems / E. Geisberger, M. Broy // Acattech STUDY. March 2015. – 291 p.
- [4] **Тимофеев, А.Н.** Почему падают IT-проекты? / А.Н. Тимофеев // Практика проектирования систем, 2017. С.2-12.
- [5] **Systems Engineering Guide for Systems of Systems.** DoD, version 1.0, August 2008. – 135 p.
- [6] **Kazman, R.** Understanding Patterns for system-of-system integration / R. Kazman, C. Nielsen, K. Schmid // Software Engineering Institute and Acquisition Practices, Technical Node. CMU/SET-2013-TR-017, December 2013. – 25 p.
- [7] **Gray, R.** Projects and Projects Management / Gray R. // A review of literature. 1998. – 27 p.
- [8] **CHAOS Report.** The Standish Group International, Inc., 2015. - https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2015-Final.pdf.
- [9] **CHAOS MANIFESTO.** The Standish Group International, Inc., 2013. - https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CM2013-8+9.pdf.
- [10] **Беркун, С.** Искусство управления IT-проектами / С. Беркун. – СПб: Питер, 2010. – 432 с.
- [11] **Трутнев, Д.Р.** Архитектуры информационных систем. Основы проектирования. / Д.Р. Трутнев. - СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 125 с.
- [12] **Noureen, A.** Model Driven Architecture - Issues, Challenges and Future Directions / A. Noureen, A. Amjad, F. Azam // Journal of Software, 2016. 11(9), P. 924-933. DOI: 10.17706/jsw.11.9.924-933.
- [13] **Сидоров, Н.А.** Модели, методы и средства оценки стоимости программного обеспечения / Н.А. Сидоров, Д.В. Баценко, Ю.Н. Василенко, Ю.В. Щебетин // Методи та засоби програмної інженерії, 2006. С.290-298.
- [14] **Медведкова, И.В.** Сравнительный анализ методов оценки стоимости проектов по разработке программного обеспечения / И.В. Медведкова, А.А. Иванов // International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2009, Vol. 6-1, P.138-141.
- [15] **Котов, С.Л.** Информационно-аналитическая система оценивания трудозатрат и стоимости создания программных средств / С.Л. Котов, А.А. Демирский // Программные продукты и системы, 2017, Т. 3(30). С.469-473. DOI: 10.15827/0236-235 x.119.469-473.
- [16] **Boehm, B.W.** Software Engineering Economics / B. W. Boehm – Prentice-Hall, 1981. – 320 p.

- [17] **Albrecht, A.J.** Software function, source lines of code, and development effort prediction: a software science validation / A.J. Albrecht, J.E. Gaffney Jr. // IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 9, 1983. P.639–648.
- [18] **Липаев, В.В.** Техничко-экономическое обоснование проектов сложных программных средств / В.В. Липаев. – М.: СИНТЕГ, 2004. – 284 с.
- [19] **Briand, L.** COBRA: a hybrid method for software cost estimation, benchmarking, and risk assessment / L. Briand, K. Emam, F. Bomarius // International Software Engineering Research Network Technical Report ISERN – 97 – 24 (version 2), 1997. – 24 p.
- [20] **Гвоздев, В.Е.** Формирование параметров модели управления проектом на основе линеаризации функциональных зависимостей / В.Е. Гвоздев, О.Я. Бежаева, Д.Р. Ахметова, Г.Р. Сафина // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №4 (38). С.527-539. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-527-539.
- [21] **Гвоздев, В.Е.** Оценивание линейных взаимосвязей параметров технических объектов при отсутствии корреляционной таблицы эмпирических данных / В.Е. Гвоздев, О.Я. Бежаева, А.С. Субхангулова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета, 2005. – Т.19, №4(70). С.106-117.
- [22] **Meadows, D.H.** Thinking in Systems / D.H. Meadows. – Chelsea Green Publishing, 2008, – 240 p.
- [23] **Shappell, S.** The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS / Scott Shappell, Douglas A Wiegmann // U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 2000. – 15 p.
- [24] **Макконнелл, С.** Сколько стоит программный проект / С. Макконнелл. – Санкт-Петербург, 2007. – 297с.
- [25] **Huang, F.** Software defect prevention based on human error theories / F. Huang, B. Liu // Chinese Journal of Aeronautics, Vol. 30(3). 2017. P.1054-1070.
- [26] **Шведин, Б.Я.** Онтология предприятия: экспириентологический подход. Технология построения онтологической модели предприятия на основе анализа и структурирования живого опыта / Б.Я. Шведин. – М.: ЛЕНАНД, 2010. – 240 с.
- [27] **Демиденко, Е.З.** Линейная и нелинейная регрессии / Е.З. Демиденко. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 304 с.
- [28] **Дамбраускас, А.П.** Симплексный поиск / А.П. Дамбраускас. – М.: Энергия, 1979. – 176 с.

Сведения об авторах



Гвоздев Владимир Ефимович, 1956 г. рождения. Окончил Уфимский авиационный институт. Орджоникидзе в 1978 г., д.т.н. (2000). Профессор кафедры технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ). В списке научных трудов более 370 работ в области прикладного статистического анализа, информационной поддержки управления программными системами, информационной поддержки управления состоянием территориальных систем. AuthorID (РИНЦ): 174520. Author ID (Scopus): 7101700484. wega55@mail.ru.

Бежаева Оксана Яковлевна, 1977 г. рождения. Окончила УГАТУ в 2000 г., к.т.н. (2004). Заведующий кафедрой технической кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов более 100 работ в области разработки моделей и программного обеспечения сложных производственных и социально-экономических систем. AuthorID (РИНЦ): 271220. Author ID (Scopus): 57216845244. obezhaeva@gmail.com.



Ахметова Динара Раилевна, 1992 г. рождения. Окончила УГАТУ в 2014 г. Аспирант кафедры технической кибернетики УГАТУ. В списке научных трудов 30 работ в области программно-аппаратных комплексов технических систем. AuthorID (РИНЦ): 943467. Author ID (Scopus): 57204756902. dinara.akhmetova.92@gmail.com.

Сафина Гульнур Радиковна, 1997 г. рождения. Магистрант УГАТУ по направлению «Информатика и вычислительная техника». В списке научных трудов 10 работ в области программно-аппаратных комплексов технических систем. lafleur300997@gmail.com.



Поступила в редакцию 14.07.2021, после рецензирования 21.09.2021. Принята к публикации 27.09.2021.

Assessment of the project budget according to the criteria of the actors' satisfaction

V.E. Gvozdev, O.Ya. Bezhaeva, D.R. Akhmetova, G.R. Safina

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

Abstract

In the project management manuals for the creation of software components of computing and communication systems, it is noted that the quality of the results is determined by the validity of organizational decisions related to project management. It is emphasized that organizational mistakes made at the initial stages of the project, including insufficient justification of the project budget, have serious consequences. The novelty of this work lies in the assertion that the quality of the project results is equally determined not only by the satisfaction of consumers / customers, but also by the satisfaction of the developers with the progress of the project. A scheme for assessing the possible boundaries of the project budget, in which it is possible to obtain a solution acceptable both for consumers / customers and for the executors of the project, is proposed. The basis of the scheme is the use of the experience of consumers and developers in the implementation of projects with similar content. The model basis of the scheme is formed by non-linear empirical functional dependencies between the indicators of actor satisfaction, the project budget and the duration of its implementation. Improving the validity of the budget assessment, taking into account the experience of the actors, is a prerequisite for reducing the organizational defects of the project, which makes it possible to achieve the required quality of the infrastructure components of computing and communication systems.

Key words: project triangle, actor satisfaction, project description, project management, project budget.

Citation: Gvozdev VE, Bezhaeva OYa, Akhmetova DR, Safina GR. Assessment of the project budget according to the criterion of the actors' satisfaction [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(3): 382-392. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-382-392.

Acknowledgment: The research was carried out with the support of the RFBR grant No. 19-08-00937 A "Methods and models of intelligent support for decision-making in the management of software projects implemented in the environment of industrial enterprises."

List of figures and tables

Figure 1 - Graphic models $\Phi_1(x_1, x_2)$, $\Phi_2(x_1, x_2)$

Figure 2 - Graphical representation of finding a balanced solution between the consumer / customer and contractors

Figure 3 - The ability to find acceptable solutions for different values of the levels of satisfaction

Table 1 - Historical information about projects

References

- [1] **Kozlov SV, Makarenko SI, Oleinikov AYa, Rastyagaev DV, Chernitskaya TE.** The problem of interoperability in network-centric control systems [In Russian]. *Journal of Radioelectronics*, 2019; 12: 34 p.
- [2] **Makarenko SI, Oleinikov AYa, Chernitskaya TE.** Models of interoperability of information systems [In Russian]. *Control systems, communications and security*, 2019; 4: 215–245. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10408.
- [3] **Geisberger E, Broy M.** Living in a networked world. Integrated research agenda Cyber-Physical Systems. *Acatech STUDY* March, 2015; 291 p.
- [4] **Timofeev AN.** Why are IT projects falling? [In Russian]. *Practice of systems design*. 2017; 2-12. <http://reqcenter.pro/why-it-fails/>.
- [5] *Systems Engineering Guide for Systems of Systems*. DoD, version 1.0, August 2008, 135 p.
- [6] **Kazman R, Nielsen C, Schmid K.** Understanding Patterns for system-of-system integration. *Software Engineering Institute and Acquisition Practices, Technical Node*. CMU/SET-2013-TR-017, December 2013; 25 p.
- [7] **Gray R.** Projects and Projects Management. A review of literature, 1998; 27 p.
- [8] **CHAOS Report.** The Standish Group International, Inc., 2015. - https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2015-Final.pdf
- [9] **CHAOS MANIFESTO.** The Standish Group International, Inc., 2013. - https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CM2013-8+9.pdf

- [10] **Berkun S.** The art of IT project management [In Russian]. Peter Publisher. 2010; 432 p.
 - [11] **Trutnev DR.** Information systems architecture. Basics of design. [In Russian] St. Petersburg, NRU ITMO. 2012; 255 p.
 - [12] **Noureen A, Amjad A, Azam F.** (2016). Model Driven Architecture - Issues, Challenges and Future Directions. Journal of Software. 2016; 11(9): 924-933. DOI: 10.17706/jsw.11.9.924-933.
 - [13] **Sidorov NA, Batsenko DV, Vasilenko YuN, Schebetin YuV.** Models, methods and means of software evaluation [In Russian]. Methods for software engineering. 2006; 290-298.
 - [14] **Medvedkova IV, Ivanov AA.** Comparative analysis of methods for assessing the cost of software development projects [In Russian]. International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2009; 6-1:138-141.
 - [15] **Kotov SL, Demirsky AA.** Information-analytical system for assessing labor costs and the cost of creating software [In Russian]. Software products and systems, 2017; 3 (30): 469-473. DOI: 10.15827 / 0236-235 x.119, pp 469-473.
 - [16] **Boeham BW.** Software Engineering Economics. Prentice-Hall, 1981; 320p.
 - [17] **Albrecht AJ, Gaffney JE.** Software function, source lines of code, and development effort prediction: a software science validation. – IEEE Transactions on Software Engineering. 1983; 9: 639–648.
 - [18] **Lipaev VV.** A feasibility study of complex software projects. [In Russian]. Moscow: SINTEG, 2004; 284 p.
 - [19] **Briand L, Emam K, Bomarius F.** COBRA: a hybrid method for software cost estimation, benchmarking, and risk assessment. International Software Engineering Research Network Technical Report ISERN – 97 – 24 (version 2). 1997; 24 p.
 - [20] **Gvozdev VE, Bezhaeva OYa, Akhmetova DR, Safina GR.** Formation of project management model parameters based on linearization of functional dependencies [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(4): 527-539. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-527-539.
 - [21] **Gvozdev VE, Bezhaeva OYa, Subkhangulova AS.** Estimation of linear relationships of parameters of technical objects in the absence of a correlation table of empirical data [In Russian]. Bulletin of the Ufa State Aviation Technical University. 2005; 19(4): 106-117.
 - [22] **Meadows DH.** Thinking in Systems. Chelsea Green Publishing. 2008; 240 p.
 - [23] **Shappell S, Wiegmann D.** The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. 2000; 15 p.
 - [24] **McConnell S.** How much does a software project cost? [In Russian]. Peter Publisher; 2007. 296 p.
 - [25] **Huang F, Liu B.** Software defect prevention based on human error theories. Chinese Journal of Aeronautics. 2017; 30(3): 1054-1070.
 - [26] **Shvedin BYa.** Enterprise ontology. Experimental approach. Technology for constructing an enterprise ontological model [In Russian]. Moscow: Lenand. 2010; 240 p.
 - [27] **Demidenko EZ.** Linear and non-linear regression. [In Russian]. Moscow: Finance and Statistics. 1981; 304 p.
 - [28] **Dambrauskas AP.** Simplex search. [In Russian]. Moscow: Energiya. 1979; 176 p.
-

About the authors

Vladimir Efimovich Gvozdev (b. 1956) graduated from the Ufa Aviation Institute in 1978, D. Sc. Eng. (2000). Professor of the Department of Technical Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University (USATU). He is a co-author of about 370 scientific articles and abstracts in the field of applied statistical analysis, information support for managing software systems, information support for managing the state of territorial systems. AuthorID (RSCI): 174520. Author ID (Scopus): 7101700484. wega55@mail.ru.

Oksana Yakovlevna Bezhaeva (b. 1977) graduated from the USATU in 2000, PhD. (2004). Head of the Department of Technical Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University (USATU). She is a co-author of about 100 scientific articles and abstracts in the field of development of models and software for complex production and socio-economic systems. AuthorID (RSCI): 271220. Author ID (Scopus): 57216845244. obezhaeva@gmail.com.

Dinara Railevna Akhmetova (b. 1992) graduated from the USATU in 2014. She is a graduate student at USATU (Department of Technical Cybernetics). She is a co-author of 30 scientific articles and abstracts in the field of software and hardware systems of technical systems. AuthorID (RSCI): 943467. Author ID (Scopus): 57204756902. dinara.akhmetova.92@gmail.com.

Gulnur Radikovna Safina (b. 1997) is a magister of the USATU in the direction of Informatics and Computer Engineering. She is a co-author of 10 scientific articles and abstracts in the field of software and hardware systems of technical systems. lafleur300997@gmail.com.

Received July 14, 2021. Revised September 21, 2021. Accepted September 27, 2021.

Индекс 29151

ГОД НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ - 2021

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

ОТ РЕДАКЦИИ

Онтология любви или проектирование позитивных отношений **257-259**

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

**И.И. Баринов, Н.М. Боргест, С.Ю. Боровик, О.Н. Граничин, С.П. Грачев,
Ю.В. Громыко, Р.И. Доронин, С.Н. Зинченко, А.Б. Иванов,
В.М. Кизеев, Р.И. Кутлахметов, В.Б. Ларюхин, С.П. Левашкин,
А.Н. Мочалкин, М.Г. Пантелеев, С.Б. Попов, Е.М. Севастьянов,
П.О. Скобелев, А.Г. Чернявский, В.В. Шишкин, С.И. Шляев**
Формирование стратегии развития Комитета по искусственному интеллекту
в Научно-образовательном центре «Инженерия будущего» **260-293**

А.М. Фаянс
Взгляд на формализацию смысла с позиций трансдисциплинарного подхода **294-308**

А.Д. Редозубов
Формализация смысла. Часть 2. Пространство контекстов **309-319**

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Н.В. Богданова, Н.М. Боргест, С.А. Власов, Д.С. Глибоцкий
Онтология проектирования
современного университетского профильного музея **320-338**

**В.В. Антонов, Г.Г. Куликов, Л.А. Кромина, Л.Е. Родионова,
А.Р. Фахруллина, З.И. Харисова**
Концепция программно-аналитического комплекса образовательного процесса
на основе онтологии и искусственных нейронных сетей **339-350**

ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ

А.М. Наместников, Н.Д. Пирогова, А.А. Филиппов
Подход к автоматическому построению лингвистической онтологии
для определения интересов пользователей социальных сетей **351-363**

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

А.С. Кудрявцева
Алгоритм оценки и выбора инноваций для предприятия **364-381**

В.Е. Гвоздев, О.Я. Бежаева, Д.Р. Ахметова, Г.Р. Сафина
Оценка бюджета проекта по критериям удовлетворённости акторов **382-392**

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