**Ontology of Designing** 

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

# 



Научный журнал - Scientific journal

Scientific journal

Volume 12

N 1

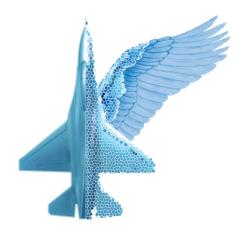
# ОНТОЛОГИД

## ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научный журнал

Том 12

Nº 1



Издаётся с 2011 года, 4 номера в год.

том 12 № **1,** 2022

The journal has been published since 2011, quarterly.

#### Editorial Board - Редакционная коллегия

Nikolay M. **Borgest**\*, Ph.D., Professor Samara University, Member of IAOA, AAAI. 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,

Vladimir I. Gorodetsky\*, Doctor of Technical Sciences, Professor,
InfoVings LLC, St. Petersburg, Russia

Valeriya V. Gribova\*, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
IAPU of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, Russia Yury A. Zagorulko\*, Ph.D., Senior Researcher,

ISI of the Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia

Anton V. Ivaschenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Samara State Technical University, Samara, Russia

Valery A. Komarov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Samara University, Samara, Russia Vladik Kreinovich, Ph.D., Professor, University of Texas at El Paso, El Paso, USA Victor M. Kureichik\*, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Southern Federal University, Taganrog, Russia
Dmitry V. Lande\*, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, 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

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

Боргест Николай Михайлович\*, к.т.н., профессор, Самарский университет, член IAOA, AAAI. 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

Загорулько 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

**Лан**дэ 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., профессор, 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

Открытый университет, лондон, великооритания
Скобелев Петр Олегович, д.т.н.,
НПК «Разумные решения», Самара, Россия
Смирнов Сергей Викторович\*, д.т.н.,
ИПУСС РАН — СамНЦ РАН, член ІАОА, 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

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

#### Executive Editorial Board - Исполнительная редакция

Chief Editor	P.O. Skobelev	Samara, Russia	I лавныи редактор	Скобелев П.О.	директор HIIK «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
<b>Executive Secretary</b>	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<sup>TM</sup> 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 № ФС77-46447 от 07.09.2011 г.)

<sup>©</sup> Самарский университет, Samara University, 2015-2022; © ИПУСС РАН - СамНЦ РАН, ICCS RAS, 2015-2022; © ООО «Новая техника», «New Engineering» Ltd., 2011-2022.

#### СОДЕРЖАНИЕ

#### ОТ РЕДАКЦИИ

5-10 Война и мир: онтологические основания ОБШИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В.А. Филимонов, В.С. Чернявская 11-24 Формализация одушевлённости на примере понятия «любовь» Т.В. Языкова, А.А. Захарова, Д.С. Петрова, А.Е. Копачинская, Н.М. Киселева, Л.И. Казакова 25-40 Love is the same for everyone, or is it: концептуализация понятия любви в разных предметных областях ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 41-56 А.Г. Подвесовский, Д.А. Коростелёв, Е.А. Лупачёв, Н.В. Беляков Построение хранилища обобщённых вычислительных экспериментов на основе онтологического подхода Г.Ф. Ахмедьянова, А.М. Пищухин 57-67 Онтологический подход к проектированию научно-производственных систем 68-81 К.И. Костенко, Б.Е. Левицкий Онтология иерархического проектирования интеллектуальных систем ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ 82-92 Н.Г. Ярушкина, В.С. Мошкин, И.А. Андреев Алгоритм психолингвистического анализа текстовых данных социальных сетей с применением модели «Большая пятёрка». МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ 93-105 Л.В. Аршинский, В.Л. Аршинский Необходимость и достаточность при агрегировании на основе неубывающих функций 106-116 В.В. Антонов, К.А. Конев Система поддержки принятия решений для бизнес-процесса внутреннего аудита качества предприятия Редакторские заметки

117-128

Контент журнала распространяется по лицензии СС-BY 4.0 (Creative Commons Attribution 4.0 International License).

Инструкция по подготовке статей для журнала «Онтология проектирования»

Н.М. Боргест, Д.М. Козлов, С.В. Смирнов

#### Контакты учредителей

**ФИЦ Самарский научный центр РАН:** 443020, Самара, ул. Садовая, 61, тел./факс.: +7 (846) 333 27 70, Смирнов С.В., smirnov@iccs.ru. **Самарский университет:** 443086, Самара, Московское шоссе 34, корп. 10, тел.: +7 (846) 267 46 47, 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 31.03.2022. Тираж 300 экз. Свободная цена. (6+).

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/.

#### CONTENTS

#### **EDITORIAL**

War and Peace: Ontological Foundations 5-10 GENERAL ISSUES OF FORMALIZATION IN THE DESIGNING: ONTOLOGICAL ASPECTS V.A. Filimonov, V.S. Chernyavskaya 11-24 Formalization of animateness on the example of the concept of «love» T.V. Iazykova, A.A. Zakharova, D.S. Petrova, A.E. Kopachinskaya, N.M. Kiseleva, L.I. Kazakova 25-40 Love is the same for everyone, or is it: conceptualizing the concept of love in different subject areas APPLIED ONTOLOGIES OF DESIGNING A.G. Podvesovskii, D.A. Korostelyov, E.A.. Lupachev, N.V. Belyakov 41-56 Building a repository of generalized computational experiments based on the ontological approach G.F. Akhmedyanova, A.M. Pishukhin 57-67 Ontological approach to designing scientific and production systems K.I. Kostenko, B.E. Levitskii 68-81 Ontology of hierarchical design of intelligent systems **ONTOLOGY ENGINEERING** N.G. Yarushkina, V.S. Moshkin, I.A. Andreev 82-92 Algorithm for psycholinguistic analysis of social networks texts using the Big Five Personality Traits METHODS AND TECHNOLOGIES OF DECISION MAKING 93-105 L.V. Arshinskiy, V.L. Arshinsky Necessity and sufficiency in aggregation based on non-decreasing functions V.V. Antonov, K.A. Konev 106-116 Decision support system for the business process of internal audit of enterprise quality **Editorial Notes** 117-128 N.M. Borgest, D.M. Kozlov, S.V. Smirnov Article preparation guidelines for the «Ontology of designing» journal

#### **Contacts of the Founders**

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

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/.

The content of the scientific journal is distributed under a license CC-BY 4.0 (Creative Commons Attribution 4.0 International License).

### ОТ РЕДАКЦИИ

Война и мир: онтологические основания War and Peace: ontological foundations

«Худой мир лучше доброй войны» *Цицерон, 106-43 гг. до н.*э.

«Ах, война, что ж ты сделала, подлая...» Булат Окуджава. «До свидания, мальчики», 1958

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

Тема нынешнего обращения у всех на устах и обсуждается в средствах массовой информации (СМИ) всей планеты, в каждой семье, в обществе. Мир снова оказался на пороге очередного «выяснения отношения» не цивилизационными средствами, а взаимно разрушающими и потенциально приводящими к уже финальной для человеческой цивилизации развязке... Все в ожидании скорейшего разрешения затянувшегося конфликта, последствия которого для каждого оставят след в его жизни...

От предложенной ранее благостной темы «Онтологии любви»<sup>1</sup>, онтологии её проектирования с целью внедрения принципов её формирования в создаваемых компьютерных моделях, а впоследствии и в реальных артефактах, жизнь предлагает рассмотреть, изучить и понять причины возникновения конфликтных ситуаций. Цель подобных исследований в компьютерном журнале — поиск методов и технологий минимизации последствий конфликтов, возникающих по объективным и субъективным причинам между различными сущностями: пользователями, разработчиками, программными системами, включая автономные артефакты. Избежать конфликтов в реальной живой развивающейся среде невозможно, но уменьшить пагубные последствия вполне по силам современной цивилизации. Отсюда и важность тех усилий, которые предпринимаются разработчиками компьютерных приложений, руководством крупных ИТ-компаний и законодателями по созданию норм этических правил для систем с искусственным интеллектом (ИИ)<sup>2</sup>.

Онтологи по определению должны не стоять в стороне, а предложить своё видение, свои модели, свои способы и технологии, которые позволят минимизировать риски и ущерб от неизбежных в живой природе конфликтных ситуаций.

#### Онтологическая дискретность

При рассмотрении, изучении, исследовании любой предметной области (ПрО) человеческий мозг и его производная - сознание оперирует дискретными сущностями, атрибутами и отношениями, вычленяя, обобщая и формируя их. Эти сущности образуют группы, классы вещей (things), которые близки по значениям их атрибутов, искусно выбранных под текущие задачи в ПрО. Несмотря на природную непрерывность и неопределённость границ в выделяемых сущностях, в их атрибутах и отношениях, этот приём онтологической дискретности удобен и практичен, но требует при этом согласованных представлений о ПрО всех её участников и наблюдателей. Отсутствие согласованных терминов, определений и понимания

5

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> *От редакции*. Онтология любви или проектирование позитивных отношений. *Онтология проектирования*, 2021. №3, Т.11, С.257-259. https://www.ontology-of-designing.ru/article/2021\_3(41)/Ontology\_Of\_Designing\_3\_2021\_1\_Editorial\_257-259.pdf. <sup>2</sup> См., например, Кодекс этики в сфере ИИ. https://a-ai.ru/code-of-ethics/.

(контекста) сущностей, атрибутов и отношений в ПрО, в конечном итоге, приводит к различию онтологий этих ПрО и вытекающих из этого проблем.

В затрагиваемой теме общественных отношений условно можно было бы выделить следующие важные сущности: элиты, массы, СМИ, ограниченные и нераспределённые ресурсы. Человеческое общество не условно, а на самом деле, по факту разделяется на тех, кто принимает решения и управляет общественным развитием и тех, кто «повинуясь», живёт и трудится в рамках установленных для них социальных правил. Здесь уместно вспомнить Карла Маркса, который ещё в письме<sup>3</sup> к Иосифу Вейдемейеру скромно заметил, что доказал существование классов лишь на определённом историческом этапе, при этом, возможно наивно, полагал, что в будущем человечество придёт к обществу без классов. Трудно спорить с классиком, но очевидная онтологическая неоднородность общества и её членов говорит всё-таки о наличии в обществе групп, имеющих близкие значения атрибутов, т.е. тех самых классов, и в итоге онтологической дискретности общества.



Приведённый слева агитационный плакат «Пирамида капиталистической системы» (вариант 1911 г.) наглядно демонстрирует классовый характер общества, который и по сей день с небольшими изменениями имеет место быть.

«Классовый» характер и пирамидальность можно видеть, например, в проектной и компьютерной средах. Так, разработчиков коммуникационных и операционных систем (ОС) можно отнести к той условной элите, которая определяет правила для прочего программного обеспечения (ПО), работающего под управлением ОС. Кто разработал и успешно внедрил ОС в компьютеры от школ и домохозяйств до университетов, промышленных предприятий и СМИ, тот контролирует всё ПО, которое работает на этих платформах. Рассматривая онтологическую дискретность ПО, можно выделить такие классы ПО, как офисные программы, программы для инженерных расчётов, базы дан-

ных и др. Особое место занимают системы ИИ, которые могут вступать во взаимодействие с другими системами и с людьми, исходя из заложенных или внутренне генерируемых целей. Это обстоятельства переводит разработчиков систем с ИИ в элитарную часть. Так же как проектанты концепций самолётов, определяющие пути их воплощения, претендуют на статус элитарности, т.к. задают содержание деятельности множества предприятий на последующих этапах

Дискретность в сущностях проявляется и в дискретности их отношений. Война и мир – наглядный пример крайних отношений сущностей, между которыми существует множество различных уникальных взаимосвязей и взаимозависимостей: нейтральных, позитивных и негативных, созидательных и разрушительных. Традиционно *мир* трактуется как позитивное отношение между субъектами, способствующее созидательному процессу существования, без какого-либо взаимного ущерба. В то время как *война* предполагает разрыв позитивных отношений и в процессе их «выяснения» приводит, как правило, к разрушению одной из сторон конфликта и всегда к общим взаимным потерям. В любом случае ущерб от войны несут обе стороны. Но в силу неоднородности субъектов воюющих сторон, находятся и те, «кому война, а кому мать родна». Вызванные войной людские и материальные потери, всеобщее напряжение, как это ни парадоксально, стимулируют развитие науки, техники, технологий, приближая потребительскую цивилизацию к краху.

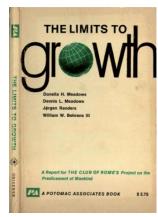
\_

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>К. Маркс, Ф. Энгельс. Сочинения, т. 28. М.: Издательство политической литературы, 1962. С. 424—427. https://revolucia.ru/marx\_pismo\_veydemeyeru.html.

#### Крах цивилизации

Война или метеорит с астероидом - далеко не единственные возможные причины гибели цивилизации. Неуклонный рост промышленности, сельского хозяйства, транспорта в обществе потребления вполне могут привести к подобным последствиям.

Прошло ровно 50 лет после опубликования отчёта «Пределы роста» подготовленного группой учёных из Массачусетского технологического института. Цель отчёта - изучение роста и путей, по которым цивилизация может продолжать расширяться. Для этого исследователи создали глобальную компьютерную модель, названную «World3», которая отслеживает взаимодействие различных факторов одной и той же системы. Исследователи считали важными для качества жизни: рост населения, сельское хозяйство, истощение ресурсов, промышленное производство и ежедневный ущерб, наносимый окружающей среде. Эти факторы взаимосвязаны. Цель — попытаться увидеть, как все взаимодействия будут развиваться в течение следующих 100 лет. В своём отчёте исследователи признали, что модель



несовершенна и не может учесть все нюансы жизни, но нет времени ждать появления идеальной модели — нужно иметь руководство: как двигаться вперёд.

Более поздние исследования (2014 и 2021 гг.) показали высокую точность предсказания развития цивилизации по некоторым сценариям. Пределы роста не только впечатляющие, но и пугающие. Существует высокая вероятность того, что цивилизация движется к своему краху. «Modern society as we know it collapses, and we learn a difficult lesson: that we can't have unchecked economic growth and sustainability both at the same time $^5$ ».

Вывод, сделанный учёными на основе модели World3, такой же негативный для развития нашей цивилизации, как и доклад Римского Клуба, подготовленный в 2018 году<sup>6</sup> (в нашем журнале этот доклад обсуждался<sup>7</sup>). Оставленная без контроля цивилизация достигнет своего предела роста уже в текущем столетии, при наихудшем сценарии - к 2040 году. Этот сценарий называется «Бизнес как обычно» («business as usual») и является одним из трёх основных сценариев, предсказанных ещё в модели World3. Наиболее оптимистичный сценарий - «Стабилизированный мир», в котором вкладываются огромные инвестиции в возобновляемые источники энергии и переработку. Общество продолжает вводить новшества с постоянной скоростью, но готово идти на компромиссы и целенаправленно сокращать промышленное производство, отдавая приоритет окружающей среде и качеству жизни. Стабильный мир подразумевает некую гармонию между человечеством, промышленностью и окружающей средой. Это далеко от реальности, и данные показывают, что этот сценарий меньше всего соответствует текущим обстоятельствам. В сценарии «Комплексная технология» люди не готовы жертвовать современными удобствами ради защиты окружающей среды, поэтому и население, и промышленность продолжают расти, достигая плато в течение следующих нескольких десятилетий. Тем не менее, инновации достигают точки, когда технологии решают проблемы жилья, производства продуктов питания и воздействия на окружающую среду.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers, William W. Behrens III. The limits to growth. A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind. Universe Books. New York. 1972. 205 p. https://archive.org/details/TheLimitsToGrowth/page/n7/mode/2up.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>Ella Alderson. 2030 to Mark the Decline of Civilization - Predict - Medium. 2/8/2022. https://extragoodshit.phlap.net/wp-content/uploads/2022/02/2030-to-Mark-the-Decline-of-Civilization-Predict-Medium.html.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup>Von Weizsaecker E., Wijkman A. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. — Springer, 2018. — 220 p. - https://www.clubofrome.org/publication/come-on-2017.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup>Отредакции. Come On! Вперёд, в будущее! *Онтология проектирования*, 2018. Т.8, №1. С.5-7. http://ontology-of-designing.ru/article/2018 1%2827%29/1 Editors.pdf.

Современное исследование<sup>8</sup>, сравнивающее прогнозы *World3* с текущим положением дел, было проведено с использованием сведений из официальных баз данных. Исследуемые факторы включали: производство продуктов питания, экологический след, загрязнение, рождаемость, уровень смертности и др. Два сценария, наиболее точно соответствующие эмпирическим данным, - это «Комплексная технология» и «Бизнес как обычно». Человечество должно наложить на себя определённые ограничения, если хочет достичь устойчивости. Планета ограничена ресурсами, и непрерывный рост просто невозможен. Даже с огромными достижениями в области технологий мир природы не сможет поддерживать значительный экономический рост или рост населения после 2100 года. У человечества есть только следующее десятилетие, чтобы решить, по какому пути идти. Если верить модели «Бизнес как обычно», то к 2030 году начнётся резкий спад.

Подобные апокалиптические настроения и прогнозы посещают разных учёных. Так, доктор экономических наук, наш автор и почитатель Сергей Иванович Кретов, завершил свой очередной фолиант под названием «Размышления о прочитанном или практические последствия мирового заговора (научно-фантастический фолиант о прошлом)». В предисловии автор отмечает, что «очень хотел написать эту книгу не под своим именем, а под именем, которое больше всего подходит для книги – Катастрофов Ужас Армагеддонович».

«Мир вошёл в эпоху жёстких войн интеллектов и далеко идущих усилий в непримиримой войне идей... Но войны ... выигрываются школьными учителями, университетскими преподавателями...» Цитата приведена из обновлённой монографии, посвящённой методологии прикладной аналитики. В ней представлены видение авторов книги о сути, природе и онтологии прикладной аналитики. Т.к. издание предназначено для сотрудников научных и аналитико-прогностических организаций, профессорско-преподавательского состава образовательных организаций, то всё-таки можно увидеть долю оптимизма в концовке этой пессимистической цитаты, связанной с надеждой на воспитание подрастающего поколения.

Нельзя не отметить позитивные изменения в обществе, связанные не только с пониманием факта глобальных проблем, но и с активными действиями по их преодолению (ограничения по выбросам, «мусорная реформа», альтернативная энергетика, усилия по сохранению жизни граждан во время пандемии *COVID*-19 и др.).

#### Взгляд из прошлого

Бесконечная тема отношений, приводящая к разным исходам, обсуждается с незапамятных времён. Наиболее интересные суждения можно привести от Марка Туллия Цицерона, воспроизведённые им вфилософских трактатах «Об обязанностях»<sup>10</sup>.

«...Для человеческой природы более всего подходит всё истинное, простое и искреннее, включая и стремление главенствовать. Человек, хорошо одарённый от природы, соглашается повиноваться человеку либо наставляющему, либо обучающему его, либо справедливо и законно повелевающему им для общей пользы... Существуют два способа разрешать споры, один — путём обсуждения, другой — силой, причём первый свойствен человеку, второй — диким зверям. Ко второму обращаются тогда, когда воспользоваться первым невозможно. При этом понятие справедливой войны было строжайше определено уставом римского народа. Справедливой может быть такая война, которую ведут после предъявления требований».

0

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup>*Herrington G.* Update to limits to growth: Comparing the World3 model with empirical data. Journal of Industrial Ecology 2021; 25: 614–626. https://doi.org/10.1111/jiec.13084.

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup>Понкин И.В., Лаптева А.И. Методология научных исследований и прикладной аналитики. Издание 3-е, дополн. и перераб. / Консорциум «Аналитика. Право. Цифра». – М.: Буки Веди, 2022. – 754 с. (Серия: «Методология и онтология исследований»).

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> Марк Туллий Цицерон. О старости. О дружбе. Об обязанностях. М., «Наука», 1993 (репринт текста издания 1974 г.). Перевод с латинского и комментарии В. О. Горенштейна. http://ancientrome.ru/antlitr/t.htm?a=1423775001.

Политика есть область применения высших способностей человеческого существа к конкретной реальности<sup>11</sup>. Одним из первых мыслителей, глубинно осмысливших политику, был Аристотель, назвавший её «высшим из искусств» и считавший её как «высшую форму коллективного бытия людей». Человек у Аристотеля - политическое животное, «а тот, кто в силу своей природы, а не вследствие случайных обстоятельств живёт вне государства, – либо недоразвитое в нравственном смысле существо, либо сверхчеловек». Аристотель считал, что «первичным по природе является государство по сравнению с семьей и каждым из нас; ведь необходимо, чтобы целое предшествовало части».

Известно выражение классика военного искусства, прусского военачальника Карла Клаузевица: «Война есть продолжение политики» 12, из которого вытекает, что философия войны есть частный случай философии политики.

#### Онтология войны и мира

Когда возникает действие, направленное к реализации какой-то цели, естественно, появляются и преграды. В самом определении политического уже заложена вероятность противостояния, столкновения с трудностями. Любое политическое действие всегда наталкивается на определённое сопротивление — будь-то непреднамеренные помехи или целенаправленное противодействие. Война в широком понимании — это форма прямолинейного, грубого, насильственного преодоления сопротивления политическому проекту<sup>11</sup>.

Существует два основных взгляда на онтологическую природу войны. Это «абсолютный» закон космоса (вселенной) и частный случай, отклонение от изначальной гармонии, элемент беспорядка в универсальной системе порядка.

Извечный вопрос о добре и зле — это вопрос о мире и войне. Признавая зло проявлением «злого бытия», следует признать за ним объективность, а значит и творческую активность, некую созидательность злой воли  $^{13}$ .

Отношения между двумя условными субъектами, ведущие к Миру или к Войне, показаны на рисунке на следующей странице. Помимо очевидных спорных ресурсов (космического, воздушного, водного пространства Земли, территорий и др.), возникают культурные, языковые, идейные разногласия, которые «требуют» урегулирования между сторонами.

Важно выработать и согласовать принципы этого урегулирования, в т.ч. в разрабатываемых информационных системах и автономных устройствах. Парадигма мультиагентных технологий, возможно, имеет здесь наибольшие перспективы.

#### В номере

В этом номере журнала статьи авторов из Брянска, Владивостока, Иркутска, Краснодара, Москвы, Омска, Оренбурга, Самары, Ульяновска и Уфы. Номер открывают статьи, в которых, откликаясь на призыв редакции, рассматривается понятие «любовь» в разных ПрО, предлагаются свои взгляды на атрибуты и формализацию.

В разделе, посвящённом прикладным онтологиям проектирования, рассматривается построение хранилища обобщённых вычислительных экспериментов, обсуждается проектирование научно-производственных и интеллектуальных систем.

В разделе «Инжиниринг онтологий» статья посвящена психолингвистическому анализу текстовых данных социальных сетей, а в разделе «Методы и технологии принятия решений»

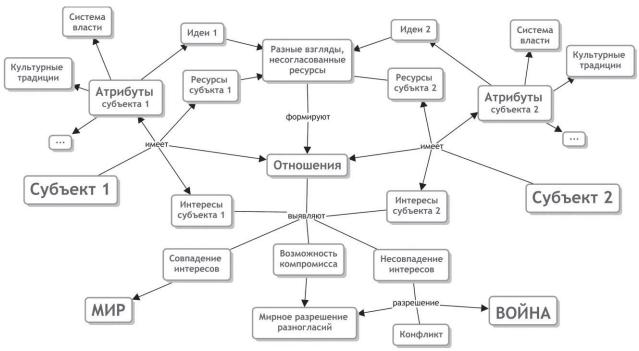
.

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> Александр Гельевич Дугин. Философия политики. 2004. https://scicenter.online/poznaniya-teoriya-ontologiya-scicenter/filosofiya-politiki.html.

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup>Клаузевиц К. О войне. — М.: Госвоениздат, 1934. http://militera.lib.ru/science/clausewitz/index.html.

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Литовченко Н.П. К вопросу об онтологии войны. VI Международная научно-практическая конференция «Спецпроект: анализ научных исследований» (30-31 мая 2011 г.). Никопольский факультет Национального университета. «Одесская юридическая академия», Украина. https://www.confcontact.com/20110531/ff litov.htm.

рассматривается необходимость и достаточность при агрегировании показателей и предлагается система поддержки принятия решений для одного из бизнес-процессов на предприятии.



Завершает номер инструкция по подготовке статей в наш журнал. Все её обновлённые версии постоянно актуализируются на сайте журнала. Накопившиеся изменения редакция решила опубликовать в полном объёме в этом номере. Редакция выражает надежду, что в обновлённом виде эта инструкция будет полезна нашим авторам.

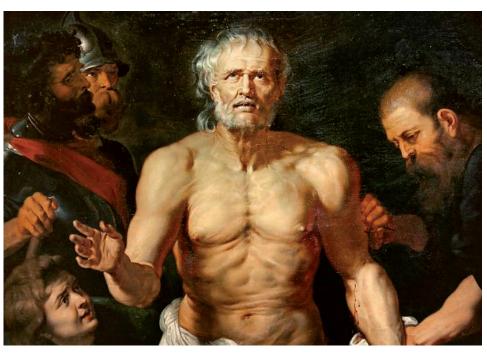
Наш журнал – место для научных дискуссий. Поэтому призываем авторов и читателей включиться в развитие публикуемых идей. *Dum spiro*, *spero!* 

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

«Смерть Сенеки» Питер Пауль Рубенс, 1615 г.



Луций Анней Сенека «О краткости жизни»



#### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

УДК 51-77: 004.89 *Научная статья* DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-11-24

#### Формализация одушевлённости на примере понятия «любовь»

#### © 2022, В.А. Филимонов $^{1} \boxtimes$ , В.С. Чернявская $^{2}$

1 Омский филиал Института математики СО РАН, Омск, Россия

#### Аннотация

Представлена методика формализации понятий, связанных с одушевлённостью. Методика предназначена для коллективного создания сложных проектов в когнитивной инфраструктуре. Методика состоит в создании прототипов, которые в дальнейшем детализируются, а также в использовании авторского подхода «4К», основанного на понятиях «коллектив», «когнитивность», «конфигуратор» и «конвергенция». Используется базовая триада А.А. Зиновьева «Исследователь+Логика +Онтология», а также понятие «клеточка» как наиболее простая логическая структура исследуемой системы. Предлагается классификация потенциальных потребителей получателей результата. Рассматривается процедура конструирования определений. Предлагается схема «4Ф», учитывающая формы, функции и условия выполнения функций исследуемым объектом. Конкретизируется постановка задачи формализации для использования в системах искусственного интеллекта. Обсуждаются фундаментальные различия одушевлённых существ и систем искусственного интеллекта, а также проблемы их взаимодействия. Предлагается «клеточка» феномена «любовь». Отмечаются архетипические факторы и современные тенденции реализации этого феномена. Предлагается способ конструирования промежуточных состояний с использованием метода фрагментов, бутстрэпа и филогенетического брекетинга. В качестве примера использования подхода предложен проект формализации понятия «любовь», выполняемый командой из людей и систем искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** формализация, подход «4К», логическая «клеточка», искусственный интеллект, одушевлённость, рефлексия, любовь, онтология.

**Цитирование:** Филимонов В.А., Чернявская В.С. Формализация одушевлённости на примере понятия «любовь» // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №1(43). С.11-24. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-11-24.

**Благодарности:** авторы благодарят своего коллегу к.т.н. А.А. Филимонова за замечания по данному тексту, а также по текстам, связанным с описанием компонентов предлагаемого подхода.

**Финансирование:** работа выполнена в рамках государственного задания ИМ СО РАН, проект FWNF-2022-0016.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Введение

Текст редакционной статьи [1] фактически является вызовом специалистам, которые занимаются системами искусственного интеллекта (ИИ). Ранее этот вызов был сформулирован в фильме С. Спилберга «Искусственный разум» (2001 г.): создание робота, способного любить человека. В настоящее время основным способом оснащения системы ИИ определённым свойством (навыком) является программирование реализации этого свойства по предварительно сформированному представлению. Это представление во многих случаях фиксиру-

 $<sup>^{2}</sup>$  Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, Россия

ется в формате онтологии, т.е. определённой концептуальной схемы. Существуют и другие способы, такие как обучение посредством взаимодействия с человеком, взаимное, в том числе сетевое, обучение роботов и т.п.

В отличие от программы для ЭВМ, в статье невозможно сразу дать спецификацию всех используемых компонентов. Определение любого термина всегда будет основано на определении термина «определение». В программе для ЭВМ определения заданы языком программирования и транслятором. Использование естественного языка в тексте создаёт известный парадокс первородства курицы либо яйца. Палеонтологи этот парадокс разрешили, установив, что крокодилы и черепахи появились раньше птиц. В данном тексте используется подход, аналогичный начальному приближению при численной аппроксимации функций. Первоначально термины в тексте вводятся как прототипы, после чего в дальнейшем предлагаются авторские варианты определений терминов, в том числе «прототип» и «определение». Данный способ был использован в 2002 г. при подготовке учебного пособия по теме «Интеллектуальные системы» для студентов-математиков Омского государственного университета.

В статье представлен авторский вариант методики формализации на примере понятий «одушевлённость» и «любовь». Объекты формализации характеризуются многозначностью и нечёткостью. Например, в русском языке вполне допустима фраза: «Я люблю свою Родину, люблю своих детей, люблю математику и люблю манную кашу». При переводе этой фразы на иностранный язык слово «люблю» может быть представлено четырьмя разными словами и словосочетаниями. Дефекты перевода и интерпретации могут не иметь значимых последствий. В частности, распространённая фраза: «Сейчас я вам приведу конкретные цифры!», на самом деле означает, что будут предъявлены числа, а не цифры (которых всего 10 арабских и 7 римских), и это не приводит к проблемам с пониманием у слушателей. Для систем ИИ и их потребителей подобные дефекты могут быть фатальными.

Важность корректной формализации можно проиллюстрировать на примере из медицины. Врачи различают более 100 разновидностей понятия «боль» (сильная, острая, пульсирующая, тянущая и т.п.), что помогает поставить более точный диагноз. Разработаны специальные графические тесты оценки болевых ощущений для детей и неграмотных пациентов. Корректность интерпретации ощущений важна при сенсорной подстановке, когда одни органы чувств используются вместо других, например, звуковые или вкусовые датчики ориентации в пространстве для слепых людей.

Корректность требует рефлексивного подхода. В данном случае это означает параллельную работу двух систем: системы описания методики и результатов её применения вместе с системой анализа и контроля оснований написанного.

#### 1 Подход «4К»

Подход «4К» — это вторая авторская надстройка [2] на фундаменте классического системного анализа [3]. Первой надстройкой был учебный курс «Винтсервинг» (Виртуальные ИНформационные Технологии Сервиса), разработанный для обучения студентов основам многодисциплинарных исследований. Коллективная учебно-проектная деятельность потребовала создать дополнительные инструменты и методики. Эти дополнения стали компонентами подхода «4К»: коллектив, когнитивность, конфигуратор, конвергенция.

#### 1.1 Коллектив

Этот компонент подразумевает следующие операции:

• создание профилей (психологических, компетентностных и т.п.) индивидов, входящих в коллектив;

• формирование и оптимизация характеристик коллектива на основе профилей индивидов и отношений (иерархических, личностных и т.п.) между ними.

Существуют программные инструменты, такие как платформа *Vectorly*, для мотивации и обучения специалистов по информационным технологиям. Известны варианты решения таких задач в спорте, военных действиях, бизнесе, программировании. С помощью линейного программирования, в том числе реализуемого надстройкой «Поиск решения» *MS Excel*, решаются задачи формирования рабочих команд и брачных пар по критерию максимума производственной эффективности и суммарного семейного счастья.

Интересное описание, применимое к процессу сборки коллективов, приведено в акторно сетевой теории: «социальное — это не клей, способный соединять что угодно, включая и то, что не под силу другим видам клея; это как раз то, что склеивается воедино множеством других типов соединителей » [4].

В социальной психологии коллектив характеризуется общественно ценным содержанием совместной деятельности [5].

В данном статье под коллективом понимается группа субъектов, объединённых определённой деятельностью, при условии, что не менее трёх членов этой группы способны осуществлять рефлексию не ниже второго уровня. Иными словами, каждый из этих субъектов способен работать с конструкциями типа: «Я знаю, что он(она) знает, что я знаю Х». Ограничение на количество рефлексирующих субъектов связано с тем, что это минимальное количество субъектов, при котором появляется отношение между отношениями других субъектов. Это даёт возможность применять теорию рефлексивных игр В.А. Лефевра [6], в которой на основе отношений «союз» и «конфликт» субъектов в группе предложена модель, позволяющая вычислить варианты выбора субъектами определённых альтернатив из набора альтернатив конкретной ситуации. Группа из двух субъектов коллективом не является.

Могут быть и другие случаи, которые требуют учёта взаимодействия компонентов системы. Примером является модельный организм — слизевик *Physarum Polycephalum*, который, не имея мозга, демонстрирует способность к сложному поведению, оптимизации, обучению и передаче опыта [7].

#### 1.2 Когнитивность

Термин «когнитивный» предполагает максимально возможное включение в деятельность всех возможностей человека, в том числе его подсознания. В первую очередь интерес представляют предпочтения человека относительно его каналов работы с информацией. Поскольку визуальная система является одной из основных для получения информации, важным инструментом является когнитивная графика. Такие способы представления информации как «Лица Чернова» помогают находить закономерности при сравнении большого числа объектов по многим параметрам [8].

Интересным примером использования многодисциплинарности для улучшения понимания научных результатов является международный проект «Станцуй свою диссертацию» («Dance Your PhD»), начатый в 2008 г. и продолжающийся в настоящее время [9]. По инициативе авторов в 2007 г. был реализован проект «Рефлексивный театр ситуационного центра» (РТСЦ) [10]. В рамках проекта в формате инклюзивного рефлексивного театра осуществлялись эксперименты по междисциплинарному взаимодействию точных наук, гуманитарного знания и искусства, в том числе художественного творчества.

#### 1.3 Конфигуратор

Конфигуратор – это инструмент для сборки некоторой системы из готовых компонентов. Примерами могут служить предназначенные для покупателей конфигураторы автомобилей, компьютеров и др. В системном анализе конфигуратором называется комплекс языков и представлений объектов с позиций различных дисциплин [3]. Дополнительно используется триада А.А. Зиновьева «Исследователь + Логика + Онтология» [11]. Следует подчеркнуть, что в научных публикациях по гуманитарным наукам термин «онтология» трактуется как представление бытия объекта (субъекта), а в публикациях по техническим наукам – как детализированная формализация исследуемой или проектируемой системы, как правило, в форме топологических моделей (графов).

В системном анализе понятие конфигуратора иллюстрируется обычно набором схем, относящихся к техническому устройству: принципиальные электрические и монтажные схемы. Можно добавить следующие примеры, имея в виду соответствующие схемы:

- человек может быть представлен как система частей тела (голова, туловище, конечности), а также как система систем (кровеносная, нервная, мышечная, скелет).
- мозг может быть представлен анатомически (лобные, височные доли, теменная область, таламус и т.д.) и функционально (сеть выявления значимости, центральная исполнительная сеть, дефолт система сеть пассивного режима).

Для каждого элемента каждой из этих схем существует своя терминология и свои способы оперирования. Конфигурирование производится субъектом или коллективом субъектов в процессе планирования и осуществления определённой деятельности.

#### 1.4 Конвергентность

Под конвергенцией здесь понимается сходимость процесса групповой работы к оптимальному в определённом смысле результату, такому как политическое решение, бизнеспроект, вердикт присяжных и т.п. [12]. Для управления процессом коллективной работы необходим мониторинг индивидуальных и групповых траекторий, а также мониторинг процесса в целом.

#### 2 Методика формализации и её применение

#### 2.1. Базовая триада

Основой используемого подхода является триада А.А. Зиновьева «Исследователь (субъект) + Логика (субъекта) + Онтология (объекта)» [11]. На рисунке 1 показаны два варианта этой триады: для исследования объекта и для исследования субъекта, обладающего рефлексией. Первый случай (а) можно проиллюстрировать ситуацией открытия Ньютоном физических законов классической механики. Второй случай (б) – работой группы психологов, которая пытается реконструировать процесс открытия Ньютоном законов классической механики. В обоих случаях онтология – это описание бытия объекта (субъекта) средствами логики Исследователя.

Онтология может содержать только конструкции, собранные средствами логики Исследователя. Для сборки используются разные конфигураторы, входящие в состав логики. Реконструкция смысла онтологии, для которой неизвестен субъект – часто неразрешимая задача. Построение цифровых двойников технических систем в соответствии с ГОСТами и методиками тестирования – задача сложная, но разрешимая. Построение цифровых двойников таких субъектов, как гепард [13] (это один из часто цитируемых примеров), осуществляется

на уровне механической системы. Построение же цифрового двойника, включающего психологию, историю и другие характеристики гепарда, требует извлечения из объекта (всё того же гепарда) и исследования соответствующих предметов. А предметов исследования из любого объекта можно выделить столько, сколько наук (дисциплин) человечество придумает. Контекстов, относящихся к объекту, можно создать ещё больше, равно как и найти там смыслы. Авторам пока не удалось выяснить, что такое «клеточка», как наиболее простой вариант цифрового двойника, и что такое цифровой двойник цифрового двойника.

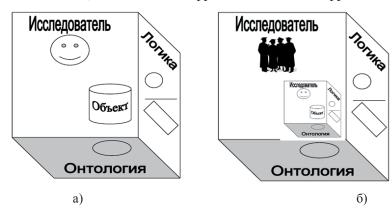


Рисунок 1 – Триада А.А. Зиновьева: (а) - для объекта без рефлексии; (б) - для субъекта

Система-Исследователь является и субъектом, и объектом своего исследования. Здесь оказывается недостаточным ограничиться функциональным местом Исследователей, т.е. субъектов, создающих знаки и оперирующих ими в соответствии с концепцией логического интеллекта. Обоснование: «При построении понятия конфигуратора мы выносили исследователя во вне. Теперь мы объективируем его. Мы построили абстрактный объект, в котором из единого материала выполнено несколько различных «исследователей-конструкторов». Процесс «видения» объекта мы замкнули на сам объект. И только это дало нам возможность ввести атрибутивное свойство — организованность. Идеальный объект, имеющий несколько структур, мы будем называть конфигуроидом» [14]. Данная процедура — введение наблюдателя в картину мира — используется достаточно давно. Её пытается использовать и постнеклассическая наука, сохраняющая при этом бессубъектный стиль научных публикаций. Тезис Протагора: «Человек есть мера всех вещей, существующих, что они существуют, и несуществующих, что они не существуют» [15], может быть использован в формулировке «Субъект есть мера и смысл всех объектов и субъектов своего мира».

В качестве другого фундаментального методологического инструмента используется понятие логической *«клеточки»* [11] как *минимальной* структуры, сохраняющей требуемые свойства объекта.

#### 2.2. Классификация субъектов, задающих вопросы, и схема «4Ф»

Предлагая некоторый метод, приём и т.п., каждый автор или изобретатель явно или неявно отвечает на вопрос потенциального пользователя. Такими основными вопросами являются два: «Как это устроено?» и «Как этим пользоваться?» [16]. Такие вопросы должны быть привязаны к субъекту, который потенциально мог их задать. Авторская классификация представлена в таблице 1. Результат классификации будет считаться статусом субъекта.

Получатель ответа в рассматриваемом случае - робот (система ИИ), который должен имитировать поведение одушевлённого существа. Согласно классификации таблицы 1, такой робот характеризуется статусом «Некто». Субъекты, которые создают таких роботов, рассматриваются в статусе «Ученик».

Таблица 1 – Классификация субъектов, задающих вопросы

		Субъект знает, как использовать ответ?		
		ДА	HET	
Субъекту ответ нужен?	ДА	Мастер	Ученик	
	HET	Эксперт	Некто	

Поскольку обычно предполагается, что ощущения и чувства присущи только одушевлённым объектам, т.е. субъектам, необходимо определить, что такое «одушевлённость» [17-20]. Подчеркнём важность понятия рефлексии. Относительно просто создать робота — домашнего любимца, который, как и реальный домашний любимец, может демонстрировать любовь к человеку. Создание рефлексирующей системы, которая знает, что она нечто знает, и знает, что она любит, является более сложной задачей.

Фундаментальным является понятие альгедонической системы, введённое Ст. Лемом [21] и развитое С. Биром [22], как надстройки над сенсорами, которая способна чувствовать боль и наслаждение, и наличие этой системы у субъектов.

Одним из критериев отличия одушевлённых существ от неодушевлённых веществ является феномен наличия у субъекта способности различать в своей картине мира позитивный и негативный полюсы, и осуществлять выбор одного из полюсов в конкретной ситуации [17]. Различие демонстрируют следующие примеры. Мыльная плёнка на проволочном каркасе всегда образует поверхности минимального натяжения, что использовали архитекторы при проектировании сложных оболочек до появления компьютеров. В экспериментах с лабораторными животными субъекты демонстрируют отклонения от простой оптимизации: определив, какая из двух кормушек является более богатой, животное продолжает посещать обе кормушки с частотой, пропорциональной их богатству. Понятия «негативный» и «позитивный» (а также «зло», «добро» и аналогичные) являются первичными и фундаментальными. Только привязка к субъекту позволяет внешнему наблюдателю конкретизировать интерпретацию.

Детализация определения понятия «одушевлённость» в схеме «4Ф», представлена в таблице 2. Схема «4Ф» представляет связь четырёх уровней рассмотрения объектов: множества имён объекта, форм его существования, функций объекта в различных сферах деятельности и законов, благодаря которым возможно выполнение функций. Схема может быть представлена в различных форматах: интеллект-карты, системы продукций, таблицы.

Таблица 2 – Схема «4Ф» для понятия «одушевлённость»

Фамильное имя	Одушевлённое (живое)		
Формы	Метаболизм, развитие, размножение, метаморфозы, выбор, ощущения, чувства.		
Функции	Совершенствование видов одушевлённости и биоценозов (коллективов видов).		
Фундамент	Рождение и смерть. Эволюция [17-19].		
обеспечивает выпол-	Альгедоническая система [21, 22].		
нение функций	Позитивный и негативный полюсы в картине мира субъекта [17].		
	Автопоэзис [20]. Антихрупкость [23].		

#### 2.3. Прототипирование и определения

При определении понятия «модель» критически важным является привязка к субъекту (базовая триада, см. выше) и триада информатики «Задача – Программа – Исполнитель». В процессе постановки и решения сложных задач полезно использование прототипов – образов предварительного решения задачи. Одним из вариантов является прототип, состоящий из наиболее простых вариантов компонентов создаваемой системы, в который затем добавляется наиболее сложный компонент. Это позволяет оценить потенциальную возможность или

невозможность создания системы на основе имеющихся ресурсов. Для углублённого изучения понятий и построения определений была предложена схема «4Ф» и использован стандарт формулы изобретений (Предлагается ..., отличающееся...).

С учётом отмеченного можно попытаться рассмотреть понятие «формализация». В статье [24] это понятие определяется следующим образом: «Формализация есть создание в достаточной (с точки зрения потребности решающего задачу субъекта) степени адекватного описания образа единичного с помощью регулярного аппарата». Как и в случае с понятиями «модель» в этом варианте определения процесс связывается с результатом посредством понятия «адекватность», что лишает возможности называть формализацией описание, не прошедшее соответствующее тестирование. Рассмотрение формализации без обратной операции интерпретации - хотя и имеет право на существование, но является менее продуктивным. Примером использования формализации является танец пчелы, в котором описание сведений о направлении и длительности полёта формализовано в виде схемы танца. Сам танец пчелы является интерпретацией результата этой формализации [25]. Другой пример формализация русской волшебной сказки в формате схемы [26].

Формализация, как и интерпретация, является процессом трансформации одного объекта в другой. Её особенность состоит в том, что оба объекта строятся с помощью конструкторов логики субъекта и находятся в созданной им онтологии. В рамках данного текста можно воспользоваться следующим определением: формализация — это процесс трансформации объекта, созданного с помощью одного конструктора логики, в другой объект, который создаётся другим конструктором логики того же субъекта. Обратная операция будет интерпретацией, причём только для данной пары «формализация — интерпретация». Различие конструкторов и субъектов здесь игнорируется намеренно.

#### 2.4. Инструменты и методика

Описанные инструменты (базовая триада, структурирование задачи в соответствии с подходом «4К», классификация получателей ответов, схема «4 $\Phi$ ») могут помочь понизить многозначность и неопределённость информации до приемлемого уровня.

Предлагаемая методика формализации понятий, связанных с одушевлённостью, состоит из следующих этапов:

- 1) предварительное определение компонентов триады (Субъект Логика Онтология) для заданной ситуации;
- 2) указание состава интеллектуальной машины (группы), которая осуществляет формализацию, и процессов конфигурирования и конвергенции;
- 3) формирование необходимых прототипов, в том числе прототипа результата и прототипа системы «задача программа исполнитель» для потребителей результата формализации;
- 4) тестирование и коррекция прототипов, в том числе с использованием схемы « $4\Phi$ », для детализации понятий.

Теперь появляется возможность приступить к созданию прототипа ответа на вопрос: «Как объяснить системе ИИ что такое любовь?» в формате проекта. Проектом называется задача, результат решения которой сформирован из компонентов логики субъекта (возможно, коллективного), когда для задачи этим субъектом указаны программа и исполнитель.

#### 3 Пример проекта формализации одушевлённости в системе ИИ

#### 3.1 Постановка задачи

Описанный подход используется для постановки задачи создания теста, позволяющего оценить, насколько удалось формализовать понятие «любовь» и объяснить его системе ИИ. Задача рассматривается как проект, выполняемый командой из людей и систем ИИ.

#### 3.1.1 Коллектив

При формировании коллектива проекта следует принять во внимание минимально необходимое разнообразие. Коллектив (или команда) должен состоять из людей и систем ИИ. Люди и системы ИИ должны различаться, как минимум, по одному фундаментальному параметру. Что касается людей — участников проекта, то в сформированной команде они различаются по двум фундаментальным характеристикам: гендерным и принадлежности к принципиально различным научным сферам: гуманитарной и технической. Более сложной является формирование требований к системам ИИ, участвующим в проекте. Существующая классификация систем ИИ [27] представляется недостаточно детализированной. Предварительно можно считать, что системы ИИ должны различаться по способу коммуникации и представления информации. Одна система должна быть в состоянии представлять информацию с помощью естественного языка, другая - с помощью образов: визуальных, аудио и т.п. Примером второго варианта-может служить сервис https://rudalle.ru, который по текстовым описаниям формирует изображения. Пилотное использование этого сервиса для описания, состоящего из двух слов «любовь» и «робот», показало некоммутативность результата относительно порядка слов в тексте.

#### 3.1.2 Когнитивность, конфигуратор, конвергенция

Дополнительно к средствам когнитивной графики предполагается использовать теорию катастроф, которая позволяет учесть синергетические характеристики работы мозга. Будут использованы результаты экспериментов по исследованию восприятия человеком роботов, в том числе эффект «зловещей долины» [2], т.к. необходимы средства, имитирующие скачкообразные процессы мышления.

Конфигурирование предполагается осуществить с учётом результатов исследования важных понятий, таких, как «счастье» [28], «совесть» [29], а также феномена асимметричного доминирования [7], влияющего на восприятие и оценку объектов в картине мира. Это является наиболее сложным компонентом проекта.

В качестве способа конвергенции авторы ориентируются на тренинг «Мастерская самообслуживания Диссертационного танкодрома ситуационного центра»  $^{1}$ .

#### 3.2 «Клеточка» любви и любовь как процесс

Минимальную структуру («клеточку») чувства Ч субъекта С относительно предмета П (объекта либо субъекта) можно представить следующей схемой:

(субъект С) <отношение Ч> {образ предмета П в картине мира субъекта С}

Это отношение [30] обязательно сопровождается особым переживанием (чувством). Это переживание не является интеллигибельным и не может быть передано субъекту без адек-

 $<sup>^{1}</sup>$  Филимонов В.А. Организация коллективных образовательных проектов в когнитивной инфраструктуре (Метод «Эскадра»). http://ofim.oscsbras.ru/~mvl-2019/mvl-2019-1.pdf.

ватной альгедонической системы. Согласно представлению о негативном и позитивном полюсах, в большинстве случаев можно считать, что субъект оценивает любовь как позитивный полюс. Структура этого понятия в схеме «4Ф» представлена в таблице 3.

Важно отметить, что рассматриваемое отношение может быть как одним ощущением, так и сопровождаться переживанием этого ощущения. Различие этих двух вариантов определяет интерпретацию результатов психофизических экспериментов либо по логарифмическому закону Вебера-Фехнера, либо по степенному закону Стивенса [17]. Сопереживание эмоциональному состоянию других субъектов (эмпатия), связано с активностью зеркальных нейронов у людей и приматов. Эта способность используется также в эвристике, когда человек может представить себя, например, механической системой и ощущать распределение нагрузки.

Таблица 3 – Схема «4Ф» для понятия «любовь»

Фамильное имя	Любовь		
Формы	Переживание и, возможно, демонстрация позитивного предпочтения предмета любви и		
	его особого места в картине мира субъекта.		
	Предпочтение не обязательно связано с любовью; например, человек может предпо-		
	честь умереть за идею.		
Функции	Продолжение рода. Совершенствование.		
Фундамент	Инстинкт продолжения рода. Наличие системы чувств (самостоятельной надстройки		
	над системой ощущений).		
	Наличие альгедонической системы (способность чувствовать боль и наслаждение; го-		
	меостатическое противоречие).		
	Стремление к идеалу.		

Различие восприятия рационального, в частности интеллигибельного, и чувственного поясняется примерами в таблице 4.

Таблица 4 – Примеры различных предметов и способов восприятия

Способ	Предмет в	осприятия	
восприятия	Рациональный	Чувственный	
Рациональный	Доказательство теоремы.	Формализация картины.	
	Брачный контракт.	Выбор (отбор) исполнителей танца.	
Чувственный	Система математических формул как	Альпинист на вершине во время восхода	
	набор иероглифов.	солнца.	
	Чтение любовного послания.	Прослушивание серенады адресатом.	

#### 3.3 Что надо сообщить системе ИИ о любви

Представляются краткие описания предельных ситуаций (состояний), относящихся к рассматриваемому понятию: наиболее древние, архетипические, а также современные тенденции. Промежуточные состояния система ИИ может сконструировать, в частности, с использованием метода фрагментов, бутстрэпа и филогенетического брекетинга [31]. Метод фрагментов заключается в переносе (сдвиге) детализированных фрагментов определённого процесса на среднее значение аналогичного процесса, измеренного на другом объекте. Бутстрэп в статистических исследованиях состоит в получении псевдоэкспериментальных данных путём комбинирования значений реальной экспериментальной выборки. Филогенетический брекетинг основан на усреднении крайних по времени состояний объекта для получения характеристик промежуточных состояний.

#### 3.3.1 Фундамент и архетипы

Фундаментальным для понятия «любовь» и других, связанных с одушевлённостью, является осознание древним человеком непонятных грандиозных сил, влияющих на его жизнь. Такие силы стали объективироваться (или субъективироваться) в форме существ — богов. Первоначально появлялись боги, ответственные за явления природы и критические состояния людей, в числе которых рождение, смерть, голод, жажда, стремление к продолжению рода и др. В дальнейшем появлялось осознание всеобщности законов в форме представлений, например, таких как Дао и Дэ, Инь и Ян, являвшихся скорее философскими понятиями. Возникали чувства, которые оформлялись как любовь к Богу, своему племени и т.п. Фундаментальными архетипическими противоречиями стали противоречия, обусловленные одновременной любовью к разным объектам и субъектам, например, избранник (избранница) и семья (родители, племя). Классическими примерами являются Антигона, Ромео и Джульетта.

Дифференциация профессиональных качеств богов привела к гендерным различиям. Богини любви у разных народов, как правило, женского рода: Афродита, Астарта, Умай, Хатхор, Эйне, Фрейя, Лада, Лакшми и др.

Один из вариантов косвенного использования в языке понятия «любовь» заключается в придании ему смысла «благоприятствовать», и, соответственно, противоположному понятию «не любовь» - смысла «не благоприятствовать».

Что касается процесса рождения и смерти любви, описанного во многих художественных произведениях, то здесь обычно имеет место формализация именно таких событий, а не самого чувства [32]. Иными словами, это не морфология любви, описывающая, например, кристаллизацию (термин Стендаля), а морфология сказок о любви, аналогичная классической работе В.Я. Проппа [26].

Процессы, связанные с «жизненным циклом» любви, представлены не только в художественных произведениях, но и в таких формах, как притчи, анекдоты, карикатуры. С их помощью система ИИ может пройти тест на чувство юмора, имитируя его демонстрацией остроумия. Фундаментальное различие между чувством юмора и остроумием, как свойством интеллекта, недостаточно учитывается исследователями [33].

#### 3.3.2 Тенденции

Одна из основных закономерностей состоит в том, что с появлением языка, а также технических возможностей, компоненты исходного фундаментального понятия получают способность к самостоятельному существованию и развитию. Так появляются наука, искусство и прочие феномены социальной жизни, а также возможности их имитации.

Основными тенденциями являются, с одной стороны, отчуждение от людей и автономное существование ряда функций (воспроизводство, секс, коммуникация), а с другой стороны — увеличение числа функций, выполняемых системами ИИ. В качестве модельного примера можно посмотреть на развитие смартфонов, выполняющих много функций, которые раньше выполнялись отдельными устройствами.

Ещё одной тенденцией является углублённое исследование проявления различных эмоций у субъектов на уровне физико-химических эффектов, генетических особенностей и т.п. [34].

Следует отметить тенденцию дегендернизации (однополые браки, замена слов «мать» и «отец» терминами «родитель №…»), идущую в русле повышения однородности людей. Можно упомянуть принуждение к культурной однородности введением, в частности, таких дисциплин, как «этноматематика», «этнологика», а также всё то, что ещё появится в результате применения доктрины толерантности.

Гипотеза авторов состоит в том, что роботы получат статус электронных личностей с набором соответствующих прав, доступ к финансовой системе человечества, а также критерий оптимальности ИИ, заключающийся в максимизации финансовых средств, находящихся в его распоряжении. Это будет означать начало процесса «мягкой» самоликвидации человечества вследствие любви к комфорту и высокому социальному статусу [35].

#### Заключение

Подчёркнута важность методологически корректной постановки многодисциплинарной задачи, связанной с реализацией компонентов одушевлённости в системах ИИ. Корректность может быть обеспечена только привязкой информации к объекту или субъекту, который отвечает за формализацию и интерпретацию. Методика формализации, представленная в статье, может быть использована и для других понятий, которые предназначаются для использования в системах ИИ.

#### Список источников

- [1] От редакции: Онтология любви или проектирование позитивных отношений // Онтология проектирования, 2021, T.11,  $Notemath{!}$   $Notemath{!}$  Notemat
- [2] *Filimonov V.A., Burmistrova N.A., Chernyavskaya V.S., Malakhova V.R.* Collective Development of Cognitive Abilities Using the "4C" Approach // Proceedings 2021 IEEE Ural-Siberian Conference on Computational Technologies in Cognitive Science, Genomics and Biomedicine, CSGB 2021, P.60-63.
- [3] *Тарасенко Ф.П.* Прикладной системный анализ. М.: КНОРУС, 2017. 322 с.
- [4] *Латур Б.* Пересборка социального. Введение в акторно сетевую теорию. М.: Издательский дом Высшей школы экономики; 2020. 207 с.
- [5] *Петров М.К.* Пентеконтера. В первом классе европейской школы мысли // Вопросы истории естествознания и техники, 1987, № 3, С.100-109.
- [6] Лефевр В.А. Лекции по теории рефлексивных игр. М: Когито-Центр, 2009. 218 с.
- [7] Элленберг Джс. Как не ошибаться. Сила математического мышления. М.: МИФ, 2018. 576 с.
- [8] **Бурдаев М.Н., Емельянова Ю.Г., Хачумов В.М.** Когнитивная машинная графика в системах космического и медицинского назначения. М.: ЛЕНАНД, 2019. 256 с.
- [9] Announcing the annual Dance Your Ph.D. contest. https://www.science.org/content/page/announcing-annual-dance-your-ph-d-contest.
- [10] Рефлексивный театр ситуационного центра (РТСЦ-2007) // Всеросс. конф. с междун. участием. Омск: Омский гос. ин-т сервиса, 2007. 140 с. https://disk.yandex.ru/i/keghB03fW77bIw основной текст https://disk.yandex.ru/i/dJkptCbO9B0okQ цветная вставка.
- [11] Зиновьев А.А. Логический интеллект. М.: Изд-во Московского гуманитарного ун-та, 2006. 282 с.
- [12] Райков А.Н. Конвергентное управление и поддержка решений. М.: Изд-во ИКАР, 2009. 244 с.
- [13] Цифровые двойники и цифровые тени в высокотехнологичной промышленности. https://news.myseldon.com/ru/news/index/197616357.
- [14] Лефевр В.А. Конфликтующие структуры. М.: Изд-во «Советское радио», 1973. 158 с.
- [15] Сережников В.К. Платон. Теэтет. М.-Л.: СОЦЭКГИЗ, 1936. 192 с.
- [16] *Берс А.А.* Принцип информационной замкнутости и объектно-организованные системы // Рефлексивный театр ситуационного центра. Всеросс. конф. с междун. участием. Омск: Омский гос. ин-т сервиса, 2007, С.10-21.
- [17] Лефевр В.А. Что такое одушевлённость? М.: Когито-Центр, 2017. 122 с.
- [18] Шредингер Э. Что такое жизнь? Живая клетка как физический объект. М.: Изд-во АСТ, 2021. 288 с.
- [19] *Липтон Б.* Биология веры: Недостающее звено между Жизнью и Сознанием. М.: ООО Изд-во «София», 2008. 256 с.
- [20] *Матурана У., Варела Ф.* Древо познания: Биологические корни человеческого понимания. М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2019. 320 с.
- [21] *Лем Ст.* Сумма технологии. М.: Мир, 1968. 608 с.
- [22] Бир С. Мозг фирмы. М.: Радио и связь, 1993. 416 с.
- [23] Талеб Н. Антихрупкость. Как извлечь выгоду из хаоса. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2020. 768 с.

- [24] **Фаянс А.М.** Взгляд на формализацию смысла с позиций трансдисциплинарного подхода // Онтология проектирования. 2021. Т.11, №3(41). С.294-308. DOI:10.18287/2223-9537-2021-11-3-294-308.
- [25] **Фриш К.Р.** Расшифровывая язык пчёл. Нобелевская лекция 12.12.1973. https://baskina.com/archives/7812.
- [26] *Пропп В.Я.* Морфология сказки. Изд. 2-е. М.: Наука, 1969. 168 с.
- [27] ГОСТ Р 59277-2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. http://www.raai.org/news/arch\_news/2021/03/gost\_r 59277-2020.pdf.
- [28] Гилберт Д. Спотыкаясь о счастье. С.П.-б: ООО «Издательство Питер», 2008. 214 с.
- [29] Лефевр В.А. Алгебра совести. М.: Прогресс, 2003. 408 с.
- [30] Зиновьев А.А. К определению понятия связи // Вопросы философии, 1960, № 8, С.58-66.
- [31] *Мозговой С.И., Филимонов В.А.* Генератор псевдоэкспериментальных данных с использованием метода фрагментов, бутстрэпа и палеоарта // Знания-Онтологии-Теории (ЗОНТ-2021). Матер. Всеросс. конф. с междун. участием. 8-12 ноября 2021 г., Новосибирск: Ин-т математики им. С.Л. Соболева СО РАН, 2021. С.205-208.
- [32] Большев А. Морфология любовной истории. С.П.-б: Изд-во С.П.-б. ун-та, 2013. 160 с.
- [33] Vealy T. Your Wit Is My Command: Building Ais with a Sense of Humor: MIT Press, 2021. 312 p.
- [34] Век В.В. Влюбленность и любовь как объекты научного исследования. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2017. 589 с.
- [35] **Филимонов В.А.** Искусственный интеллект и финансовая система: анализ взаимодействия // Робототехника и искусственный интеллект: материалы XIII Всеросс. науч.-техн. конф. с междун. участием (г. Железногорск, 27 ноября 2021 г.). С.272-275.

#### Сведения об авторах



Филимонов Вячеслав Аркадьевич, 1946 г. рождения. Окончил Томский государственный университет (1970), к.т.н. (1979), д.т.н. (2000), профессор (2006), с.н.с. Института математики СО РАН (Омский филиал). В списке научных трудов более 100 работ в области техники связи, системного анализа, прикладной математики, образования, искусственного интеллекта. AutorID (РИНЦ) 2750-2279, AutorID (Scopus) 57201316482, ResearcherID (WoS) J-2258-2018. filimonov-v-a@yandex.ru. ⋈.

**Чернявская Валентина Станиславовна**, 1959 г. рождения. Окончила Уссурийский государственный педагогический институт (1981), к.п.н.

(1999), д.п.н. (2007), профессор кафедры философии и юридической психологии Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. В списке научных трудов более 70 работ в области педагогической психологии, психологии креативности, психологии моды, этносервиса. AutorID (PИНЦ) AutorID (Orcid) 0000-0001-6674-6305, ResearcherID (WoS) AAA-7423-2022. valstan13@mail.ru.



Поступила в редакцию 10.01.2022, после рецензирования 10.03.2022. Принята к публикации 25.03.2022.

#### Formalization of animateness on the example of the concept of "love"

© 2022, V.A. Filimonov<sup>1</sup>, V.S. Chernyavskaya<sup>2</sup>

#### **Abstract**

A prototype of the method of formalization of concepts related to animateness is presented. The methodology is designed for the collective creation of complex projects in the cognitive infrastructure. The methodology consists in creating prototypes, which are further detailed, as well as in using the author's "4C" approach based on the four concepts: "collective", "cognitiveness", "configurator" and "convergence". The basic triad of A.A. Zinoviev "Researcher-Logic-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Omsk branch of the Institute of Mathematics SB RAS, Omsk, Russia

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, Russia

Ontology" is used, as well as the concept of "cells" as the simplest logical structure of the system under study. The classification of potential consumers of the result is proposed. The procedure for constructing definitions is considered. The "4F" scheme is proposed, taking into account the forms, functions and conditions for the performance of these functions by the object under study. The formulation of the formalization problem for use in artificial intelligence systems is specified. The fundamental differences between animate beings and artificial intelligence systems, as well as the problems of their interaction, are discussed. A "cell" of the phenomenon of "love" is proposed. Archetypal factors and current trends in the implementation of this phenomenon are noted. A method for constructing intermediate states using the method of fragments, bootstrap and paleoart is proposed. As an example of using the approach, a project is proposed to formalize the concept of "love", carried out by a team of people and artificial intelligence systems.

**Key words:** formalization technique, "4C" approach, logical "cell", artificial intelligence, animateness, reflection, love, ontology.

*Citation:* Filimonov VA, Chernyavskaya VS. Formalization of animateness on the example of the concept of "love" [In Russian]. Ontology of designing. 2022; 12(1): 11-24. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-11-24.

**Acknowledgment:** The authors thank their colleague Ph.D. A.A. Filimonov for remarks on this text, as well as on texts related to the description of the components of the approach.

*Financial Support:* The work was carried out within the framework of the state task of the IM SB RAS, project FWNF-2022-0016.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

#### List of figures and tables

- Figure 1 The Triad of A.A. Zinoviev: (a) for an object without reflexion; (b) for the subject
- Table 1 Classification of subjects asking questions
- Table 2 4F Scheme for the concept of "animateness"
- Table 3 4F Scheme for the concept of "love"
- Table 4 Examples of various objects and ways of perception

#### References

- [1] *Editorial*: The Ontology of Love or Designing of Positive Relationships [In Russian] *Ontology of designing*, 2021; 11(3): 257-259.
- [2] *Filimonov VA, Burmistrova NA, Chernyavskaya VS, Malakhova VR*. Collective Development of Cognitive Abilities Using the "4C" Approach. Proceedings 2021 IEEE Ural-Siberian Conference on Computational Technologies in Cognitive Science, Genomics and Biomedicine, CSGB 2021: 60-63.
- [3] Tarasenko FP. Applied Systems Analysis [In Russian]. Moscow: KNORUS, 2017: 322.
- [4] *Latour B.* The Reassembly of the social. Introduction to actor-network theory [In Russian]. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics, 2020: 207.
- [5] *Petrov MK*. Pentecontera. In the first grade of the European School of Thought [In Russian]. Questions of the history of natural science and technology, 1987; 3: 100-109.
- [6] Lefebvre VA. Lectures on the theory of reflexive games [In Russian]. Moscow: Kogito-Center, 2009: 218.
- [7] *Ellenberg J.* How not to be wrong. The power of mathematical thinking [In Russian]. Moscow: MIF, 2018: 576.
- [8] *Burdaev MN, Emelyanova YuG, Khachumov VM.* Cognitive machine graphics in space and medical systems. [In Russian]. Moscow: LENAND, 2019: 256.
- [9] Announcing the annual Dance Your Ph.D. contest. https://www.science.org/content/page/announcing-annual-dance-your-ph-d-contest.
- [10] Reflexive theater of the situational center (RTSC-2007) [In Russian]. https://disk.yandex.ru/i/keghB03fW77bIw main text. https://disk.yandex.ru/i/dJkptCbO9B0okQ color insert.
- [11] **Zinoviev** AA. Logical intelligence [In Russian]. Moscow: Publishing House of the Moscow Humanitarian University, 2006: 282.
- [12] Raikov AN. Convergent management and decision support [In Russian]. Moscow: ICAR, 2009: 244.
- [13] Digital twins and digital shadows in the high-tech industry [In Russian]. https://news.myseldon.com/ru/news/index/197616357.
- [14] Lefebvre VA. Conflicting structures [In Russian]. Moscow: Soviet Radio, 1973: 158.
- [15] Serezhnikov VK. Platon. Theaetetus [In Russian]. Moscow: SOTSEKGIZ. 1936: 192.

- [16] *Bers AA*. The principle of information isolation and object-organized systems [In Russian]. Reflexive theater of the situational center. All-Russian conf. with int. particip. Omsk: Omsk State Institute of Services, 2007: 10-21.
- [17] Lefebvre VA. What is animateness? [In Russian]. Moscow: Kogito-Center, 2017: 122.
- [18] Schr dinger E. What is life? A living cell as a physical object [In Russian]. Moscow: AST, 2021: 288.
- [19] *Lipton B.* The Biology of Faith: The Missing Link Between Life and Consciousness [In Russian]. Moscow: Sofia, 2008: 256.
- [20] *Maturana U, Varela F.* The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding [In Russian]. Moscow: URSS: LENAND, 2019: 320.
- [21] Lem St. Summa Technologiae [In Russian]. Moscow: Mir, 1968: 608.
- [22] Bir St. The brain of the firm [In Russian]. Moscow: Radio and Communications, 1993: 416.
- [23] Taleb N. Antifragility. How to benefit from chaos. [In Russian]. Moscow: KoLibri, 2020: 768.
- [24] *Fayance AM.* Looking at the formalization of 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.
- [25] *Frisch KR.* Deciphering the language of bees. Nobel lecture 12.12.1973 [In Russian]. https://baskina.com/archives/7812.
- [26] Propp VYa. Morphology of a fairy tale [In Russian]. Moscow: Nauka, 1969: 168.
- [27] GOST 59277—2020. Artificial Intelligence Systems. Classification of artificial intelligence systems [In Russian]. http://www.raai.org/news/arch\_news/2021/03/gost\_r\_59277-2020.pdf\_
- [28] Gilbert D. Stumbling on happiness [In Russian]. S.P.-b: Peter, 2008: 214.
- [29] Lefebvre VA. Algebra of conscience [In Russian]. Moscow: Progress, 2003: 408.
- [30] **Zinoviev** AA. On the definition of the concept of communication [In Russian]. *Questions of Philosophy*, 1960; 8: 58-66.
- [31] *Mozgovoy SI, Filimonov VA*. Generator of pseudo-experimental data using the method of fragments, bootstrap and paleoart [In Russian]. Knowledge-Ontology-Theory (ZONT-2021). All-Russian conf. Novosibirsk: Sobolev Institute of Mathematics SB RAS, 2021: 205-208.
- [32] Bolshev A. Morphology of a love story [In Russian]. S.P.-b: S.P.-b. univ., 2013: 160.
- [33] Vealy T. Your Wit Is My Command: Building Ais with a Sense of Humor. MIT Press, 2021: 312.
- [34] Vek VV. Infatuation and love as objects of scientific research [In Russian]. Moscow: Publishing house of Academy of Natural Sciences, 2017: 589.
- [35] *Filimonov VA*. Artificial intelligence and the financial system: analysis of interaction [In Russian]. Robotics and Artificial Intelligence: XIII All-Russian Scientific and Technical conf. with intern. participation (Zheleznogorsk, November 27, 2021): 272-275.

#### About the authors

Vyacheslav Arkadyevich Filimonov, (b. 1946). Graduated from Tomsk State University (1970), PhD (1979), Doctor of Technical Sciences (2000), Professor (2006), Senior Researcher at the Sobolev Institute of Mathematics SB RAS (Omsk branch). The list of scientific papers includes more than 100 works in the field of communication technology, system analysis, applied mathematics, education, and artificial intelligence. AutorID (РИНЦ) 2750-2279, AutorID (Scopus) 57201316482, ResearcherID (WoS) J-2258-2018. filimonov-v-a@yandex.ru. ⋈

*Valentina Stanislavovna Chernyavskaya*, (b.1959). Graduated from the Ussuri State Pedagogical Institute (1981), PhD (1999), Doctor of Pedagogical Sciences (2007), Professor of the Department of Philosophy and Legal Psychology of the Vladivostok State University of Economics and Service. The list of scientific papers includes more than 70 works in the field of pedagogical psychology, psychology of creativity, psychology of fashion, and ethnoservice. AutorID (RSCI) 473327, AutorID (Orcid) 0000-0001-6674-6305, ResearcherID (WoS) AAA-7423-2022. *valstan13@mail.ru*.

Received 10 January, 2022. Revised 10 March, 2022. Accepted 25 March, 2022.

УДК 004.82

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-25-40

# Love is the same for everyone, or is it: концептуализация понятия «любовь» в различных предметных областях

© 2022, Т.В. Языкова ⊠, А.А. Захарова, Д.С. Петрова, А.Е. Копачинская, Н.М. Киселева, Л.И. Казакова

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), Школа лингвистики, Москва, Россия

#### Аннотация

Работа посвящена созданию онтологической модели понятия «любовь» при помощи концептуализации предметной области в различных дисциплинах. Развитие искусственного интеллекта способствовало увеличению интереса к улучшению работы автоматических систем за счёт обучения их человеческим категориям, например чувствам, среди которых любовь является одним из основных эмоциональных процессов ввиду своего обширного влияния на многие стороны жизни человека. Поставлена задача создания базы знаний, которая позволила бы концептуализировать понятие «любовь». В основу проектирования такой базы положен онтологический подход. Проведён краткий обзор имеющихся исследований и классификаций видов любви в выбранных дисциплинах, полученные в результате онтологии в виде концептуальных схем представлены на валидацию экспертам в соответствующих дисциплинах. Важным и значимым аспектом при проектировании онтологии любви на начальных этапах является корректное отображение основных её видов и атрибутов для дальнейшего проектирования связанных отношений между ними. На основе исследований европейской культуры предложен онтологический анализ понятия «любовь» с позиций следующих дисциплин: биологии, философии, психологии, социологии и искусства различных жанров. Полученные результаты, с учётом их дальнейшего развития, могут быть использованы при создании приложений искусственного интеллекта, моделирующих чувственную и эмоциональную сферу человеческой деятельности, в частности, любовь.

Ключевые слова: любовь, концептуализация, онтология, искусственный интеллект.

**Цитирование:** Языкова Т.В., Захарова А.А., Петрова Д.С., Копачинская А.Е., Киселева Н.М., Казакова Л.И. Love is the same for everyone, or is it: концептуализация понятия «любовь» в различных предметных областях. Онтология проектирования. 2022. Т.12, №1(43). С.25-40. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-25-40.

**Благодарности**: авторы выражают благодарность доценту НИУ ВШЭ, генеральному директору Semantic Hub И.В. Ефименко и профессору Самарского университета Н.М. Боргесту за конструктивную помощь в подготовке статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Введение

В сфере разработки искусственного интеллекта (ИИ) всё чаще обсуждаются вопросы более «человеческого» взаимодействия между компьютерными системами и их пользователями. Ставится задача научить компьютер «мыслить», учитывая такие аспекты жизни, как чувства, эмоции, а также этические проблемы<sup>1</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Этические проблемы в центре внимания разработчиков компьютерных систем. Разрабатываются рекомендации, онтологии, принимаются международные и национальные нормативные акты, способствующие «очеловечению» создаваемых артефактов. См., например, серию стандартов 7000: IEEE 7000-2021. Standard Model Process for Addressing Ethical Concerns during System Design, IEEE 7001-2021 Standard for Transparency of Autonomous Systems и др., а также принятый в России в конце прошлого года Кодекс этики ИИ, который может стать руководством для разработчиков систем ИИ. - Прим. ред.

Особенно важной представляется тема чувств, а именно любви как одного из основных чувств во всех сферах, от философии до, например, маркетинга. Обучить компьютер чувствам - значит создать соответствующую базу знаний, с которой он сможет взаимодействовать. Примером такой базы могут выступать онтологии, где все понятия и взаимосвязи между ними формализованы и подробно специфицированы.

Обращение к современным открытым базам знаний, использующим онтологические модели в качестве формализма, показало, что онтология любви не имеет сколько-нибудь значительного представления. Так, например, онтологическая база *The Linked Open Data* [1] выдаёт лишь 9 наборов данных, содержащих элемент под названием «*love*» из общего количества датасетов в 1564 единицы.

В крупнейшем репозитории биомедицинских графов *BioPortal* [2], который содержит 140 миллиардов фактов, понятие «любовь» детально не проработано, хотя присутствует в текущем моменте времени в 29 онтологиях. На рисунках 1 и 2 показаны фрагменты онтологий, включающие понятие «любовь» с разных позиций.

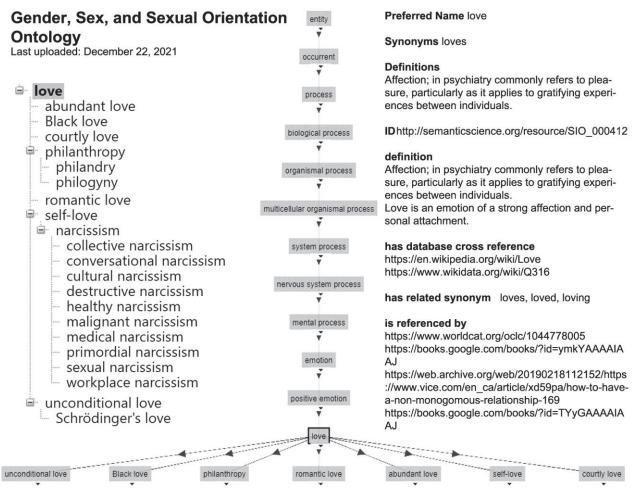


Рисунок 1 – Понятие «любовь» в сексуально-ориентированной и гендерной онтологии [2]

На рисунке 1 показана сексуально-ориентированная, гендерная онтология (Gender, Sex, and Sexual Orientation Ontology, GSSO) с определениями и синонимами, где любовь классифицируется на обильную, чёрную, куртуазную, благотворительную (донжуанство и женолюбство), романтическую, безусловную (свободная любовь или любовь Шрёдингера) и себялюбие (включающее нарциссизм). Наиболее подробно рассмотрен нарциссизм, который разработчики онтологии классифицировали на коллективный, разговорный, культурный, де-

структивный, здоровый, зловредный, медицинский, первобытный, сексуальный, нарциссизм на рабочем месте.

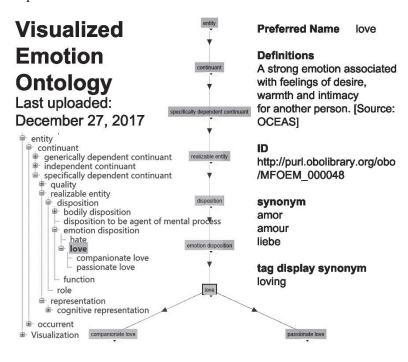


Рисунок 2 – Понятие «любовь» в визуализированной онтологии эмоций [2]

На рисунке 2 показано место понятия «любовь» в визуализированной онтологии эмоций (Visualized Emotion Ontology, VEO) с определениями и синонимами, где само понятие «любовь» классифицируется на товарищескую и страстную любовь.

Вещества, представленные в *BioPortal* и отвечающие за биохимические процессы, лежащие в основе понятия «любовь», присутствуют в базе, но не имеют связи с этим понятием.

В крупнейшем открытом источнике графов *Wikidata* [3] семантическая область любви также не проработана системно.

Таким образом, проработ-

ка онтологии понятия «любовь» является актуальной научной задачей.

Целью данной статьи является обзор работ, на основе которых возможно, как представляется авторам, спроектировать онтологию любви. Метод представляет собой качественный анализ понятия «любовь» с позиций биологии и нейрохимии, философии и религии, психологии и социологии, искусства. Выбор дисциплин обусловлен тем, что в данных областях изучение понятия любви получило наибольшее развитие и отражение; одновременно с этим, они представляют широкий спектр взглядов на любовь, реализованных в различных модальностях, от физиологии до мировоззрения.

Изложение результатов организовано следующим образом. В разделе данных и методов приводятся общие положения, которые легли в основу исследования. Концептуализации понятия «любовь» с позиций названных дисциплин обсуждается в основной части, а в заключении формулируются выводы и направления дальнейших исследований.

#### 1 Данные и методы

Одним из первых и ключевых этапов создания онтологий является стадия концептуализации [4]. В настоящей статье представлены результаты концептуализации предметной области (ПрО) любви по результатам обзора различных источников, включая системные статьи, представляющие различные классификации и/или формальные модели данной ПрО. Ключевыми элементами концептуализации стали такие составляющие, как подтипы любви с точки зрения различных дисциплин, а также объекты и субъекты любви. Результаты концептуализации визуализированы в виде онтологических моделей и были представлены на экспертизу экспертам в области биологии, философии и религиоведения, психологии, социологии, искусствоведения.

Следует отметить сложность решаемой задачи, с которой традиционно сталкиваются эксперты различных ПрО. Схожие термины имеют разное значение (смысловое наполнение). И наоборот, одно и тоже значение понятия имеет разные имена в различных ПрО.

#### 2 Концептуализации понятия «любовь» — систематический обзор

#### 2.1 Любовь в биологии и нейрохимии

С точки зрения биологии можно выделить два типа процессов, которые отвечают за любовь: химические процессы, происходящие в организме человека, и эволюционные процессы. Химические процессы целесообразно разделить на несколько категорий: вожделение, влечение, привлекательность (или привязанность) [5]. Вожделение контролируется половыми гормонами - тестостероном и эстрогеном у обоих полов. Влечение связано с этапом «влюбленности». На этом же этапе начинает вырабатываться дофамин, который действует как лёгкий наркотик. Человек становится зависимым от другого, ищет с ним встречи, чтобы получить новую порцию дофамина. Это соединение повышает артериальное давление и увеличивает частоту сердечных сокращений, а также влияет на формирование мотивации, чувство удовольствия, ощущение награды и эмоциональные реакции, сопровождающие двигательную активность. Вторым важным гормоном этого этапа является гормон норадреналин, он способствует спонтанным поступкам.

На этапе привязанности в организме начинают вырабатываться окситоцин и вазопрессин, которые контролируют дофамин. Этот этап, по-видимому, и можно обозначить как «любовь». На этом этапе человек испытывает привязанность к своему партнеру, но при этом снижается первичная влюблённость. Результаты структуризации ПрО согласно рассмотренным этапам представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 - Онтология любви в биологии и нейрохимии

К эволюционным процессам, влияющим на конкретного человека, можно отнести те процессы, которые в зависимости от генов индивида влияют на выбор партнёра. Все люди имеют одинаковый набор генов на 99,9 процентов, но 0,1% значительно сказывается на наших предпочтениях, в том числе, на выборе партнёра [6].

Одной из теорий является то, что на молекулярном уровне влияние на выбор партнёра оказывает главный комплекс гистосовместимости (ГКГ) — область генома, влияющая на адаптивные функции иммунитета позвоночных: в частности, ГКГ кодирует белки для осуществляемого лимфоцитами распознавания патогенов или чужеродных элементов [7]. Исследования на грызунах и рыбах показали [8], что животные предпочитают выбирать партнеров, ГКГ которых отличается от их собственного. Это может способствовать предотвращению близкородственного скрещивания, а также повышению сопротивляемости потомства инфекционным заболеваниям. С точки зрения успешной репродукции оптимальный уровень различий в ГКГ-генотипах партнеров не обязательно должен соответствовать максимуму. Поскольку ГКГ-гены влияют на характеристики запахов, исходящих от особи, распознание ГКГ-генотипа может осуществляться через обоняние. По данным исследований, через обоняние человек выбирает ГКГ, наиболее отличный от собственного.

Значительную роль в выборе партнёра играет зрение. В исследовании [9], в котором участникам предлагалось оценивать привлекательность нескольких вариантов лица партнёра, предпочтение отдавалось варианту, сочетающему черты собственного лица участника и его партнёра.

Таким образом, при формировании онтологии любви с позиций биологии важно учитывать гормоны, которые вырабатываются в нашем организме, а также органы чувств, которые участвуют в процессе выбора партнёра.

#### 2.2 Любовь в философии и религии

Понятие «любовь» с позиций философии многогранно и многолико. В рамках философской парадигмы целесообразно выделить четыре вида любви, которые обозначал, в частности, К.С. Льюис [10]:

- Αгапэ (греч. ἀγάπη, agape),
- Сторге (греч. στοργή, storge),
- Филия (греч. φιλία, filia),
- Эрос (греч. ἔρως, eros).

Агалэ считается наивысшим из четырёх типов любви. Этот термин обозначает всеобъемлющую, ни с чем не сопоставимую любовь Бога к человечеству, иными словами – божественную любовь [11]. Любовь-агапэ является идеальной, безусловной, жертвенной и чистой. Можно описать это чувство как любовь ко всем людям без исключения, будь они дальними родственниками или же незнакомцами. Этот тип любви можно встретить как в Библии и древнегреческих трактатах, где она представлена больше как активное действие, так и в буддизме, где она представлена больше как пассивное принятие: например, метта (mettā – благожелательное принятие любого существа) в школе Тхеравада и каруна (karuna – сострадание) в школе Махаяна. Бескорыстная любовь-поклонение (bhakti), направленная на божество — важная часть индуистской культуры. Однако в жизни это самый редкий вид. Исследователи замечают, что за последние сорок лет в мире становится всё меньше эмпатии, сочувствия и сострадания [12].

*Стирее* — это семейная любовь, любовь родителя к ребёнку, брата к сестре. Этим чувством обычно описывается принадлежность к семье, членов которой всё равно любят, несмотря на мелкие ссоры. Есть и более широкая трактовка данного понятия, а именно как любви к своей стране, к своему народу — патриотизм.

Филия часто понимается как взаимная любовь, привязанность между друзьями. Однако в [13] Аристотель приводит примеры филии как чувства, возможного между молодыми влюблёнными, давними друзьями, родителями и детьми и т.д. Как чувство, связывающее

осознанно избранных друг другом персон, филия подразумевает наличие естественного личностного сходства и соответствия между этими персонами. Филия не предполагает физического влечения между субъектами, а представляет собой эмоциональную, духовную симпатию.

Эрос — любовь, выражающаяся в страсти, сексуальном влечении, стремлении к полному физическому обладанию любимым [14]. В диалогах «Пир» и «Федр» [15] Платона эрос рассматривается как стремление к трансцендентальной красоте через припоминание о сопричастности ей в мире идей. Таким образом, эротическая любовь к индивиду не столько направлена на самого индивида, а скорее является любовью к красоте, которой тот наделён, и, как следствие, причастен истинной идеальной красоте [16]. В платоновском понимании любви взаимность не представляется необходимостью, так как объектом любви является красота, а не общество другого человека, совместные ценности и стремления. Во фрейдистской психологии эрос, понимаемый как сексуальное влечение, или либидо — врождённый инстинкт всех людей, выражающийся в стремлении к жизни [17]. У Фрейда термин «эрос» является многозначным и может подразумевать как сексуальное влечение, так и любовь к себе, дружбу и любовь между людьми в целом, преданность абстрактным идеям или конкретным объектам, а также любовь к родителям и детям. Таким образом, эрос выражает желание к созданию и продолжению жизни и противопоставляется разрушительному инстинк-

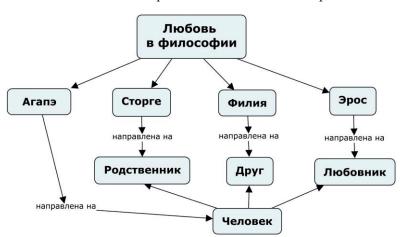


Рисунок 4 - Онтология любви в философии

ту смерти [18].

Все эти виды любви различаются типами отношений, касающиеся всех людей, как агапэ, или групп: сторге - по отношению к членам семьи или страны, филия - к друзьям, а эрос к любовникам. Таким образом, между данными типами любви скорее есть различие между её объектами, чем субъектом. Укрупнённая спецификация любви с позиций философии показана на рисунке 4.

#### 2.3 Любовь в психологии и социологии

Понятие любви в психологии является сложным и включает множество аспектов. Маслоу [19], Жак Лакан [20] и др. учёные в попытках дать определение любви фокусировались на различных качествах, которые данное чувство может проявлять в людях. Любовь может пробуждать в людях как лучшие, так и худшие их качества и желания.

Любовь появляется сама по себе, не подчиняется логике и смешивается с множеством других чувств, таких как, например, долг или привязанность, и поэтому нельзя строго определить её границы: когда она зародилась и когда начала угасать. Некоторые считают, что любить можно только раз, однако были проведены исследования, которые подтверждают обратное [21, 22].

Существующие классификации любви с психологической точки зрения во многом опираются на виды любви, которые выделялись ещё в Древней Греции, например [23]:

• *Симпатия, дружба, филия* — это отношения, при которых для людей важно найти родственную душу, общие интересы, схожее мировоззрение. Этот тип лучше всего помогает

людям справляться с внутренним душевным одиночеством, которое они могут испытывать, даже имея множество друзей и знакомых.

- *Рациональная любовь, прагма* отношения, возникающие между людьми, которым нужны комфорт, стабильность, уверенность в том, что они всегда смогут получить поддержку от своего партнера. Рассудок преобладает над чувствами.
- *Бескорыстная любовь, агапэ* любовь, при которой человек любит, не ожидая ничего взамен, ему важнее отдавать что-то другому, нежели получать самому.
- *Семейная любовь*, основанная на чувстве долга, или же *сторге*, такие отношения характерны для тех, кто уже давно состоит в отношениях, кто испытывает ответственность за проведённые вместе с партнёром годы и всё, что за это время было ими создано.
- *Страстная любовь*, эрос любовь, для которой больше всего характерно желание получать удовольствие. При таких отношениях людям свойственно не замечать недостатки друг друга и быть полностью поглощёнными отношениями.
- Потребительская любовь, людус любовь, при которой нет подлинной душевной близости между людьми, вместо этого есть некая цель у одной или обеих сторон, при достижении которой интерес пропадает.
- *Одержимая любовь*, *мания* при таком типе отношений преобладает желание полностью контролировать другого человека. Подобные отношения являются скорее разрушительными, чем созидательными, ведь большинство людей ценит свою свободу и не терпит, когда её ограничивают.

Основываясь на приведённых типах, можно выделить некоторый набор чувств, которые испытывают люди при тех или иных отношениях и которые могли бы послужить своего рода списком онтологических свойств, позволяющим различать эти типы:

- духовная близость: например, есть при филии, но отсутствует при людусе;
- *обязательства перед партнёром*: лучше всего описывают сторге, при людусе и филии могут отсутствовать;
- *физическая близость*, страсть: отсутствует при филии, не играет большой роли при прагме или агапэ, ярче всего проявляется при эросе;
- *преобладание рассудка над чувствами*: человек осознанно принимает решение, а не поддаётся чувствам;
- *неравенство партнёров*: например, при мании одержимость одного партнера другим ставит их в неравное положение, это отличает манию от эроса.

Помимо перечисленных, есть и другие параметры, которые относятся к сфере чувств косвенным образом, например, возраст и длительность отношений, прошлый опыт и т.д. Предварительная концептуализация понятия любви в психологии представлена на рисунке 5.

Важны не только внутренние переживания каждого человека в отдельности, но также и влияние, которое люди оказывают друг на друга, на общество вокруг них, а также воздействие общества на отдельных индивидов.

Любовь может вызывать у людей разные чувства: положительные, отрицательные, более или менее сильные. Например, желание отдавать может побуждать людей к саморазвитию. Личностному росту могут способствовать даже потеря и расставание. Любовь способна вдохновлять людей и помогать им в самореализации, в обретении уверенности.

Желание развиваться, а также в целом общение с кем-то, кто имеет те же увлечения и мысли, как, например, при филии, способствует объединению людей по их интересам и потребностям. Встреча с одним человеком может повести за собой знакомство с новыми группами людей, и всех их будет объединять что-то общее. Подобным образом могут создаваться тематические клубы. В качестве общих интересов может выступать, например, искусство

или спорт. Что касается общих потребностей, в качестве примера можно привести иерархию по Маслоу [24]:

- 1) физиологические потребности: еда, сон, кров;
- 2) потребность в безопасности: стабильность;
- 3) потребность в принадлежности: общение;
- 4) потребность в признании: потребность в уважении окружающими;
- 5) потребность в самовыражении: саморазвитие.

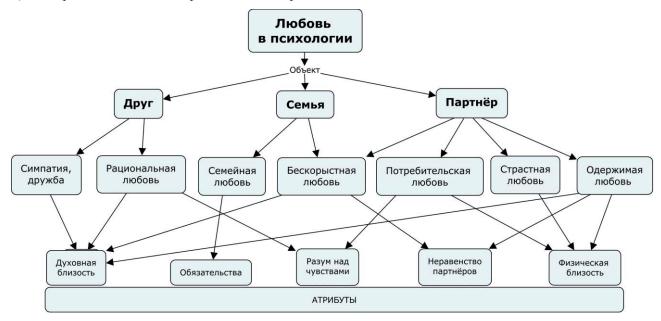


Рисунок 5 - Онтология любви в психологии

Объединения людей при этом могут быть небольшими и существовать ради себя, а могут разрастаться в крупные кампании, оказывающие влияние на общество, например, проекты по защите окружающей среды. Следствием этого становится развитие различных социальных институтов, например, институты образования, религии, брака.

Любовь приводит к созданию семьи, а в семье могут появляться дети. Социальные исследования, проведённые в России показывают, что любовь является ведущим мотивом вступления в брак и фактором его сохранения [25]. При этом родители, общая атмосфера в семье и социальное окружение влияют на то, как будет расти ребёнок и каким он станет в будущем.

С социологической точки зрения, являются важными и представления о любви, которые формируются в обществе, так как люди руководствуются ими в своих ожиданиях, анализируют с их помощью свои поступки и поступки других людей.

Здесь большую роль играют социальные нормы и общественное мнение. Например, считается нормальным создавать семью к определённому возрасту, и если человек всё ещё одинок в этом возрасте, он может испытывать давление со стороны окружающих, даже если он полностью доволен жизнью. Это может привести к тому, то человек создаст семью, построенную на рациональной любви, чтобы соответствовать неким стандартам. Например, в Индии до сих пор не устаревает традиция заключать браки по договорённости. Предварительная концептуализация любви с позиций социологии представлена на рисунке 6.

Таким образом, с позиций психологии и социологии можно отметить, что различные личные и общие аспекты могут оказывать воздействие на мировоззрение человека, на то, как он способен любовь проявлять и принимать.

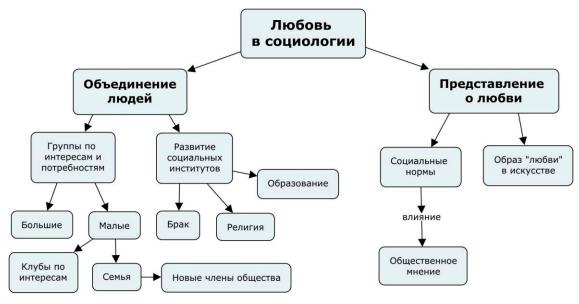


Рисунок 6 - Онтология любви в социологии

#### 2.4 Любовь в искусстве

Искусство отражает действительность: социальные явления, философские течения, исторические события и восприятие отдельных людей. Поэтому типы любви в искусстве восходят к типам любви в философии: эрос, сторге, филия и агапэ. Выразить любовь в искусстве можно разными способами: визуально, аудиально, осязательно и др. Отсюда исходят и соответствующие жанры искусства.

#### 2.4.1. Любовь в художественной литературе

То, как будет описываться любовный сюжет, каким он будет и какое он займёт место в произведении литературы, зависит от следующих аспектов.

- От видов романтической любви, которые обычно выделяют в мировой литературе [26], например любовь как безумие или любовь-болезнь. В работе [27] виды любви рассматриваются шире и помимо романтической любви выделяются такие типы, как родительская и сыновья. В русской литературе в дополнение ко всем перечисленным типам особое место занимает любовь к родине. Эти типы восходят к тому, как определяли любовь древние философы и как любовь понималась в христианской религии.
- *От рода и жанра произведения*. Традиционно в литературе выделяют три рода [28]: эпос, лирика, драма, в каждом из которых есть отдельные жанры. Например, к эпосу относят рассказы, повести, к лирике относят оды, элегии и т.д. Любви чаще всего посвящаются произведения в таких жанрах, как послание, лирическое стихотворение, сонет, роман, рассказ.
- От исторической эпохи [29]: античная литература, литература средневековья, литература эпохи возрождения и т.д. В разные исторические времена были разные представления о том, что такое любовь и как её описать. В средние века, например, в европейской литературе чаще описывали романтическое поклонение прекрасной даме, а в русской любовь рассматривалась со стороны супружеской верности. Преобладало влияние религии и её догм. В эпоху возрождения литература в целом стала более светской, вернулся интерес к античности. Поэтому и тема любви освещалась более свободно.
- *От литературного направления*, которое определяло дух эпохи [28]: барокко, классицизм, сентиментализм, романтизм, реализм, модернизм и постмодерн. Этот аспект до-

полняет предыдущий, так как задаёт стиль и взгляд на любовь. Если, например, сентиментализму свойственно описывать любовные страдания, чувства, то реализм будет более сдержан и объективен.

- *От личности автора.* У каждого писателя свой взгляд на любовь и своя любовная лирика [29]. Так, например, в романе Достоевского «Преступление и наказание» любовь описывалась как высокое светлое чувство, которое способно воскресить героя. А у Бунина любовь могла граничить с манией и безумием, как например, в рассказе «Митина любовь».
- *От культурного аспекта*: русская литература отличается от европейской, а европейская от азиатской и т.д. Если рассматривать отечественную литературу, то важно учесть взгляд на любовь у русских писателей [30].

Таким образом, с точки зрения литературы при моделировании в онтологии понятия «любовь» необходимо учитывать историческую эпоху и господствующие в то время взгляды, личность автора, культурные особенности.

#### 2.4.2. Любовь в музыке

Любовь в музыке, в основном, отражается в песнях про любовь. Это одновременно и самый популярный тип музыкальной композиции, известный еще со времен античности, и самая популярная тема вне зависимости от других факторов. Другими же факторами являются:

- Жанр песни. Жанр определяет звучание песни, её стиль. В настоящем исследовании рассматривались такие жанры популярной музыки, как например, поп, рок, хип-хоп, рэп и др. От стилистических особенностей жанра зависит текст песни и лексика. В работе [31] тексты песен про любовь делятся на те, которые посвящены любовным переживаниям либо страсти. Первые, как правило, грустные и лиричные, у вторых содержание более поверхностное.
- *Исполнитель*. В работе [31] даётся следующая классификация исполнителей: мужчина, женщина, группа с представителями обоих полов. Авторы пытаются выявить корреляцию между полом исполнителя и содержанием любовной песни. Однако сильной корреляции не наблюдается, поэтому можно сделать предварительный вывод о том, что важнее личность исполнителя, а также жанр и целевая аудитория [32].
- *Целевая аудитория*. Песня ориентируется на определённую группу слушателей и стремится отвечать их запросам, рассказывать историю на их языке. Как правило, целевая аудитория в данном случае это молодые люди, преимущественно, девушки, на которых тема любви в музыке оказывает наибольшее воздействие и вызывает наибольший отклик и спрос. Сильное влияние любовных песен на аудиторию показано в исследовании [33].
- Эпоха. В зависимости от времени и от событий, которые происходят в мире, изменяются общественные настроения, мнение и спрос как на музыку в целом, так и на песни, посвящённые любви [32, 34, 35]. В [34] показано, что интерес к теме любви может возрастать или снижаться в зависимости от времени. Важно учитывать национальные особенности песенной лирики, что представлено, например, в работе [36].

Жанр, историческая эпоха влияют на то, как отражается тема любви в песне. На язык и исполнение влияет целевая аудитория. Поэтому эти факторы необходимо учитывать при рассмотрении понятия «любовь» в песне.

#### 2.4.3. Любовь в кино

Кино — один из самых иммерсивных видов искусства, потому что задействует сразу два канала восприятия: слух и зрение. В игровом кино любовь является одной из центральных

тем. Факторами, влияющими на форму, которая она принимает в конкретном кинофильме, являются следующие.

- Дихотомия авторского и массового кино. В любом кино любовная линия присутствует гораздо чаще, однако массовое кино включает её почти всегда, потому что это самый лёгкий способ вовлечь зрителя эмоционально. Вид любви тоже обычно выбирается самым доступным для восприятия массовым зрителем романтическим и/или физическим (если позволяет возрастной ценз). Динамика такой любовной линии обычно предсказуема и почти всегда включает в себя взаимность в романтической любви в качестве своего логического завершения. К авторским фильмам эти тезисы относятся в меньшей степени, потому что в этом классе кино выбираются обычно более неочевидные и сложные для восприятия мотивы, однако и в них можно ожидать проявления таких форм любви, как родительская, братская, патриотическая, альтруизм или эгоизм [37].
- *Жанр фильма*. Апологетом любви в кино можно считать жанры мелодрамы и романтической комедии. В них на любовной линии находится основной сюжет. Любовь занимает значительную часть сюжета в драматических фильмах, в остальных жанрах любовная линия становится, скорее, второстепенной [38].
- Визуальная составляющая. От натуралистичного кино можно ожидать изображения физической любви вплоть до максимально реалистичного, как это было в фильмах, снятых в соответствии с манифестом «Догма 95» [39]. Кино, ушедшее от натурализма в сторону большей художественности, скорее, опустит физическую составляющую.

#### 2.4.4. Любовь в театре

Из представленных видов искусства театр более всего схож с кино. Различие связано с тем, что театр, по сравнению с кино, не может быть массовым и является преимущественно авторским видом искусства. Театр считается более иммерсивным в силу того, что кроме зрения и слуха театр способен задействовать такие органы чувств, как обоняние и осязание. Форма любви, изображаемой в театре, помимо перечисленных для кино факторов, находится под воздействием следующих аспектов.

- Физическое пространство в театре ограничено, поэтому сюжетное действие больше опирается на актёров [40].
- Зрители находятся в одной локации с актом сотворения искусства. Иногда это специально используют как возможность вовлечения зрителей в этот акт [41], в иных случаях зрители становятся вовлечены в него ненамеренно, дополняя его своими реакциями на воспринятое. Этот фактор влияет на силу впечатления от увиденного. Актёрская игра в театре отличается большей нарочитостью, с другой стороны, действия, кажущиеся обыденными в кино, в театре приобретают оттенок эпатажа, в том числе сцены физических проявлений любви [42].

Предварительная концептуализация онтологии любви в искусстве показана на рисунке 7.

#### Заключение

В статье рассмотрено понятие «любовь» с позиций биологии, философии, искусства, психологии и социологии. Проведён сравнительный анализ и систематизация основных понятий, связывающих эти сферы с чувством любви. В результате получены графы знаний с иерархией и взаимосвязями выделенных понятий. Представленные результаты можно трактовать как стадию концептуализации при создании междисциплинарной онтологии (или системы онтологий) любви.

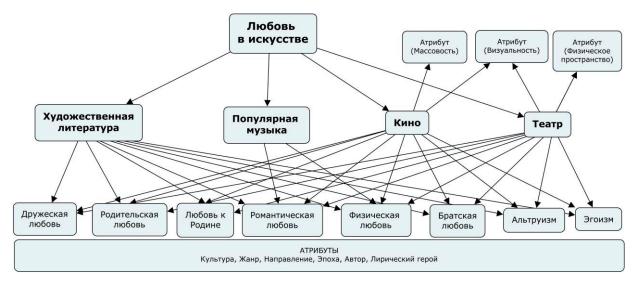


Рисунок 7 - Онтология любви в искусстве

Направлениями дальнейших исследований являются валидация разработанных моделей с привлечением экспертов в соответствующих ПрО с последующим анализом и сравнением уровня разброса мнений в различных сферах; формализация качественных описаний (лингвистических шкал, используемых при описании любви), а также корпусное исследование с применением методов компьютерной лингвистики. Планируется рассмотреть любовь как процесс и создание схемы-процесса, а также использовать методы автоматического заполнения проектируемой онтологии, что может стать основой для реализации модулей, ориентированных на моделирование элементов, связанных с любовью, в приложениях ИИ.

#### Список источников

- [1] The Linked Open Data Cloud. https://lod-cloud.net.
- [2] NCBO BioPortal. https://bioportal.bioontology.org.
- [3] Wikidata. Love: https://www.wikidata.org/wiki/Q316.
- [4] *Гурьянова М.А., Ефименко И.В., Хорошевский В.Ф.* Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России. Часть 2. Мировые исследования и разработки: аналитический обзор / Высшая школа экономики. Серия WP7 "Математические методы анализа решений в экономике, бизнесе и политике". М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. 88 с.
- [5] **Wu K.** Love, Actually: The science behind lust, attraction, and companionship. Harvard Graduate School of the Arts and Sciences. 2017.
- [6] *Леонов Д.В.*, *Устинов Е.М.*, *Деревянная В.О. и др.* Генетический полиморфизм. Значение. Методы исследования. *Амурский медицинский журнал*. №2 (18), 2017. С.62-67.
- [7] *Wedekind C., Seebeck T., Bettens F., Paepke A.J.* MHC-Dependent Mate Preferences in Humans. Proceedings: Biological Sciences, Vol. 260, No. 1359. (Jun. 22, 1995), p.245-249.
- [8] *Gyuris P., Koves P., Bernath L.* Homogamy, genetic similarity, and imprinting; parental influence on mate choice preferences. *Personality and Individual Differences* 33 (2002): 677-690. DOI:10.1016/S0191-8869(01)00182-9.
- [9] Laeng B., Vermeer B., Sulutvedt U. Is Beauty in the Face of the Beholder? PLOS ONE. July 10, 2013. DOI:10.1371/journal.pone.0068395.
- [10] *Lewis C.S.* "5. The Four Loves". *Essays and Reviews*: 1959-2002, Princeton: Princeton University Press, 2014, pp.24-26. DOI:10.1515/9781400848393-006.
- [11] Nygren A. Agape and Eros. Philadelphia, Wesminster press. 1953. 764 p.
- [12] American Psychological Association: "Speaking of Psychology: The decline of empathy and the rise of narcissism". https://www.apa.org/research/action/speaking-of-psychology/empathy-narcissism.
- [13] Аристотель. Никомахова этика / Пер. с др.-греч. под ред. Н. Брагинской. М: "ЭКСМО-Пресс", 1997.
- [14] Liddell H.G., Scott R., Jones H.S., McKenzie R.A. Greek-English Lexicon. Oxford: Clarendon Press. 1940.
- [15] *Платон*. Диалоги / Пер. с др.-греч. под ред. В.Н. Карпова. СПБ.: Азбука, 2016.

- [16] *Moseley A.* "Philosophy of Love," in J. Fieser (ed.), Internet Encyclopedia of Philosophy. https://iep.utm.edu/love/.
- [17] Encyclopedia of Psychoanalysis contributors, "Eros", Encyclopedia of Psychoanalysis. Электронный ресурс. Режим доступа: https://nosubject.com/index.php?title=Eros&oldid=45422.
- [18] *Freud S*. Beyond the pleasure principle. SE, 18: 1-64. 1920.
- [19] Maslow A.H. Toward a psychology of Being. 2nd ed. New York: Van Nostrand, 1968.
- [20] Лакан Ж. Семинары. Книга 1: Работы Фрейда по технике психоанализа (1953/54). М.: Гнозис/Логос, 1998.
- [21] Mead M. Coming of age in Samoa: a psychological study of primitive youth for western civilization. N. Y., 1928.
- [22] Perel E. The State of Affairs: Rethinking Infidelity. N. Y., 2017.
- [23] Lee J.A. Colours of Love: An Exploration of the Ways of Loving. 1973.
- [24] Maslow A.H. Motivation and Personality. N. Y.: Harper and Row, 1954.
- [25] Климова С. Социальный феномен любви. Социологические исследования, №9, 2008.
- [26] Ward M. The literature of love. Cambridge University Press, 2009.
- [27] *Nordlund M*. Shakespeare and the nature of love: Literature, Culture, Evolution. Northwestern University Press, 2007.
- [28] Жеребило Т.В. Словарь лингвистических терминов. Пилигрим, 2010. 485 с.
- [29] *Захаров С.Е.* Осмысление любви в русской классической литературе. Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула, Журнал «Трибуна учёного» Выпуск 06/2020. https://tribunescientists.ru/media/pdf/062020.pdf#page=649.
- [30] **Осинцева К.А.** Концепт любовь в художественной концептосфере русских писателей. МГТУ им. Г.И. Носова (г. Магнитогорск). Мировая литература глазами современной молодежи. Сб. материалов междунар. научно-практ. конф., 2016. https://www.magtu.ru/attachments/article/659/sb. stud. konf (2)2016.pdf#page=66.
- [31] Madanikia Y., Bartholomew K. Themes of Lust and Love in Popular Music Lyrics From 1971 to 2011. 2014.
- [32] **Нефедов И.В.** Концепт Любовь в лирике Вадима и Глеба Самойловых. Известия Южного федерального университета. Филологические науки, 2013. C.103-110. http://www.philoljournal.sfedu.ru/index.php/sfuphilol/article/view/611/611.
- [33] *Guéguen N., Jacob C., Lamy L.* 'Love is in the air': Effects of songs with romantic lyrics on compliance with a courtship request. *Psychology of Music* 38(3):303-307. DOI:10.1177/0305735609360428.
- [34] *Fell M., Cabrio E., Korfed E., Buffa M., Gandon F.* Love Me, Love Me, Say (and Write!) that You Love Me: Enriching the WASABI Song Corpus with Lyrics Annotations. 2019.
- [35] *Pettijohn T.F.*, *Sacco D.F*. The Language of Lyrics: An Analysis of Popular Billboard Songs Across Conditions of Social and Economic Threat. *Journal of Language and Social Psychology* 28(3):297-311. DOI:10.1177/0261927X09335259.
- [36] **Козлова Н.В.** Культурный код как языковая презентация диахронии песен о любви. Дискурс в синтагматике и парадигматике. Сборник научных трудов. Кубанский государственный университет, Краснодар, 2017. С.156-163.
- [37] Levy E. Cinema of outsiders: The rise of American independent film. NYU Press, 1999.
- [38] *Altman R*. 3. A Semantic/Syntactic Approach to film genre. Film Genre Reader IV, edited by Barry Keith Grant, New York, USA: University of Texas Press, 2021, pp. 27-41. DOI:10.7560/742055-006.
- [39] Hjort M., MacKenzie S. Purity and Provocation Dogma 95. 2003.
- [40] Carlson M. Theatre semiotics. Signs of Life. Bloomington; Indianapolis: Indiana University Press, 1990. 125 p.
- [41] White G. On immersive theatre. Theatre Research International, 37 (2012): 221-235.
- [42] Toepfer K. Nudity and textuality in postmodern performance. Performing Arts Journal, 18 (1996): 76-91.

#### Сведения об авторах



**Языкова Татьяна Владимировна**, 1998 г. рождения. Окончила бакалавриат Московского государственного лингвистического университета, факультет английского языка, кафедра

теоретической и экспериментальной лингвистики (2020). Студентка магистерской программы по компьютерной лингвистике в Школе лингвистики факультета Гуманитарных наук НИУ ВШЭ. tatiana.iazykova@gmail.com.

Захарова Алина Андреевна, 1997 г. рождения. Окончила бакалавриат Санкт-Петербургского государственного университета (2020). Студентка магистерской программы по компьютерной лингвистике в Школе

лингвистики факультета Гуманитарных наук НИУ ВШЭ. lina.zakharova2012@yandex.ru.





*Петрова Дарья Сергеевна*, 1998 г. рождения. Окончила факультет Гуманитарных наук НИУ

ВШЭ, программа фундаментальной и компьютерной лингвистики (2020). Студентка магистерской программы по компьютерной лингвистике в Школе лингвистики факультета Гуманитарных наук НИУ ВШЭ. petrova.s.daria@gmail.com.

**Копачинская Анастасия Евгеньевна**, 1997 г. рождения. Окончила бакалавриат Московского государственного областного университета (2019). Студентка магистерской программы по компьютерной лингвистике в

Школе лингвистики факультета Гуманитарных наук НИУ ВШЭ. nastya.kop97@gmail.com.





Киселева Наталья Михайловна, 1999 г. рождения. Окончила бакалавриат Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (2020). Студентка магистерской программы по компьютерной лингвистике в Школе лингвистики факультета Гуманитарных наук НИУ ВШЭ. nata sgn@mail.ru.

**Казакова Лилия Ильдаровна**, 1997 г. рождения. Окончила бакалавриат факультет Гуманитарных наук НИУ ВШЭ, программа Фундаментальная и компьютерная лингвистика (2019). Студентка магистерской программы по

компьютерной лингвистике в Школе лингвистики факультета Гуманитарных наук НИУ ВШЭ. liliooonk@gmail.com.



Поступила в редакцию 16.12.2021, после рецензирования 17.03.2022. Принята к публикации 25.03.2022.

# Love is the same for everyone, or is it: conceptualizing the concept of «love» in different subject areas

© 2022, T.V. Iazykova ⊠, A.A. Zakharova, D.S. Petrova, A.E. Kopachinskaya, N.M. Kiseleva, L.I. Kazakova

National Research University "Higher School of Economics", The School of Linguistics, Moscow, Russia

#### **Abstract**

The work is devoted to the development of the first version of the ontological model of the concept of "love" by conceptualizing the relevant subject area in five different disciplines. The development of artificial intelligence has contributed to an increase in interest in improving the operation of automatic systems by teaching them human categories, such as feelings, among which love is one of the main emotional processes due to its extensive influence on many aspects of human life. A task is set to create a knowledge base that would allow us to conceptualize the concept of "love" using ontological approach. A brief review of the available studies and classifications of types of love in selected disciplines is carried out. Resulting ontologies in the form of conceptual schemes are presented for validation to experts in the relevant disciplines. An important and significant aspect in the design of the ontology of love at the initial stages is the correct representation of the main types and attributes for further design of related relationships between them. An important and significant aspect in the design of the ontology of love at the initial stages is the correct display of the main types and attributes for further design of related relationships between them. Based on the study of European culture, an ontological analysis of the concept of "love" is proposed from the standpoint of the following disciplines: biology, philosophy, psychology, sociology and art of various genres. The results obtained, taking into account their further development, can be used to create artificial intelligence applications that model the sensual and emotional sphere of human activity, in particular, love.

Key words: love, ontology, machine learning, artificial intelligence.

Citation: Iazykova T.V., Zakharova A.A, Petrova D.S., Kopachinskaya A.E., Kiseleva N.M., Kazakova L.I. Love is the same for everyone, or is it: conceptualizing the concept of «love» in different subject areas [In Russian]. Ontology of designing. 2022; 12(1): 25-40. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-25-40.

**Acknowledgment**: The authors are grateful to Associate Professor of the National Research University Higher School of Economics, General Director of Semantic Hub I.V. Efimenko and Professor of Samara University N.M. Borgest for constructive help in preparing the article.

*Conflict of interest*: The author declares no conflict of interest.

# List of figures

- Figure 1 The concept of "love" in sex-oriented and gender ontology [2]
- Figure 2 The concept of "love" in the Visualized Emotion Ontology [2]
- Figure 3 Ontology of love in biology and neurochemistry
- Figure 4 Ontology of love in philosophy
- Figure 5 Ontology of love in psychology
- Figure 6 Ontology of love in sociology
- Figure 7 Ontology of love in art

#### References

- [1] The Linked Open Data Cloud. Electronic resource: https://lod-cloud.net.
- [2] NCBO BioPortal. Electronic resource: https://bioportal.bioontology.org.
- [3] Wikidata. Love Electronic resource: https://www.wikidata.org/wiki/Q316.
- [4] *Guryanova MA, Efimenko IV, Khoroshevsky VF.* Ontological modeling of the economy of enterprises and industries in modern Russia (parts 1, 2, 3). World research and development: an analytical review [In Russian]. Higher School of Economics. Series WP7 "Mathematical Methods for Analysis of Decisions in Economics, Business and Politics". Moscow. 2011.
- [5] Wu K. Love, Actually: The science behind lust, attraction, and companionship. 2017.
- [6] *Leonov DV, Ustinov EM, Dereviannaya VO*. Genetic polymorphism. Meaning. Research methods [In Russian]. *Amur Medical Journal*. 2017; 2(18).
- [7] Wedekind C, Seebeck T, Bettens F, Paepke AJ. MHC-Dependent Mate Preferences in Humans. The Royal Society, 1995.
- [8] *Gyuris P, Koves P, Bernath L*. Homogamy, genetic similarity, and imprinting; parental influence on mate choice preferences. 2002.
- [9] Laeng B, Vermeer B, Sulutvedt U. Is Beauty in the Face of the Beholder? 2013.
- [10] Lewis CS, Williams B. The Four Loves. Princeton University Press, 2014.
- [11] Nygren A. Agape and Eros, Philadelphia, Wesminster press. 1953. 764 p.
- [12] American Psychological Association: "Speaking of Psychology: The decline of empathy and the rise of narcissism." https://www.apa.org/research/action/speaking-of-psychology/empathy-narcissism.
- [13] Aristotle. Nicomachean ethics [In Russian]. Transl. from Old Greek ed. N. Braginskaya. Moscow: "EKSMO-Press", 1997.
- [14] Liddell HG, Scott R, Jones HS, McKenzie RA. Greek-English Lexicon, Oxford: Clarendon Press. 1940.
- [15] Plato. Dialogues [In Russian]. Transl. from Old Greek ed. V.N. Karpov. SPB.: Azbuka, 2016.
- [16] *Moseley A.* "Philosophy of Love," in J. Fieser (ed.), Internet Encyclopedia of Philosophy. https://iep.utm.edu/love/.
- [17] Encyclopedia of Psychoanalysis contributors, "Eros,", Encyclopedia of Psychoanalysis. Electronic resource. Access mode: https://nosubject.com/index.php?title=Eros&oldid=45422.
- [18] *Freud S.* Beyond the pleasure principle. SE, 18: 1-64. 1920.
- [19] Maslow AH. Toward a psychology of Being. 2nd ed. New York: Van Nostrand, 1968.
- [20] *Lacan J.* Seminars. Book 1: The Works of Freud on the Technique of Psychoanalysis (1953/54) [In Russian]. Moscow: Gnosis / Logos, 199
- [21] Mead M. Coming of age in Samoa: a psychological study of primitive youth for western civilization. N. Y., 1928.
- [22] Perel E. The State of Affairs: Rethinking Infidelity. N. Y., 2017.
- [23] Lee JA. Colours of Love: An Exploration of the Ways of Loving. 1973.
- [24] Maslow AH. Motivation and Personality. N. Y.: Harper and Row, 1954.
- [25] Klimova S. The social phenomenon of love [In Russian]. Sociological Research, No. 9, 2008.
- [26] Ward M. The literature of love. Cambridge University Press, 2009.
- [27] *Nordlund M.* Shakespeare and the nature of love: Literature, Culture, Evolution. Northwestern University Press, 2007.

- [28] Zherebilo TV. Dictionary of linguistic terms [In Russian]. Pilgrim, 2010. 485 p.
- [29] **Zakharov SE.** Comprehension of love in Russian classical literature [In Russian]. Tula State Pedagogical University. L.N. Tolstoy, Russia, Tula, Journal "Tribune of the Scientist" Issue 06/2020. Electronic resource: https://tribunescientists.ru/media/pdf/062020.pdf#page=649.
- [30] *Osintseva KA*. The concept of love in the artistic concept sphere of Russian writers [In Russian]. MSTU them. G.I. Nosov (Magnitogorsk). World literature through the eyes of modern youth. Collection of materials of the international student scientific and practical conference, 2016. Electronic resource: https://www.magtu.ru/attachments/article/659/sb. stud. konf (2)2016.pdf#page=66.
- [31] Madanikia Y, Bartholomew K. Themes of Lust and Love in Popular Music Lyrics From 1971 to 2011. 2014.
- [32] *Nefedov IV*. The Concept of Love in the lyrics of Vadim and Gleb Samoilov [In Russian]. Bulletin of the Southern Federal University. *Philological sciences*, 2013. P.103-110. http://www.philoljournal.sfedu.ru/index.php/sfuphilol/article/view/611/611.
- [33] *Guéguen N, Jacob C, Lamy L.* 'Love is in the air': Effects of songs with romantic lyrics on compliance with a courtship request. 2010.
- [34] *Fell M, Cabrio E, Korfed E, Buffa M, Gandon F*. Love Me, Love Me, Say (and Write!) that You Love Me:Enriching the WASABI Song Corpus with Lyrics Annotations. Universit´e C^ote d'Azur, CNRS, Inria, I3S, France, 2020.
- [35] *Pettijohn TF*, *Sacco DF*. The Language of Lyrics: An Analysis of Popular Billboard Songs Across Conditions of Social and Economic Threat. 2009.
- [36] *Kozlova NV*. The cultural code as a language presentation of the diachrony of love songs. Discourse in syntagmatics and paradigmatics [In Russian]. Collection of scientific papers. Kuban State University, Krasnodar, 2017.
- [37] Levy E. Cinema of outsiders: The rise of American independent film. NYU Press, 1999.
- [38] *Altman R*. 3. A Semantic/Syntactic Approach to film genre. Film Genre Reader IV, edited by Barry Keith Grant, New York, USA: University of Texas Press, 2021. P.27-41. DOI:10.7560/742055-006.
- [39] Hjort M, MacKenzie S. Purity and Provocation Dogma 95. 2003.
- [40] Carlson M. Theatre semiotics. Signs of Life. Bloomington; Indianapolis: Indiana University Press, 1990. 125 p.
- [41] White G. On immersive theatre. Theatre Research International, 37 (2012): 221-235.
- [42] Toepfer K. Nudity and textuality in postmodern performance. Performing Arts Journal, 18 (1996): 76-91.

#### About the authors

*Tatiana Vladimirovna Iazykova* (b. 1998) graduated from the Moscow State Linguistic University, Faculty of English, Department of Theoretical and Experimental Linguistics (2020). She is a student of the master's program in computational linguistics at the School of Linguistics, Faculty of Humanities, National Research University Higher School of Economics. *tatiana.iazykova@gmail.com*. ⋈

*Alina Andreevna Zakharova* (b. 1997) graduated from St. Petersburg State University (2020). She is a student of the master's program in computational linguistics at the School of Linguistics, Faculty of Humanities, National Research University Higher School of Economics. *lina.zakharova2012@yandex.ru*.

**Daria Sergeevna Petrova** (b. 1998) graduated from the Higher School of Economics, Faculty of Humanities, program Fundamental and Computational Linguistics (2020). She is a student of the master's program in computational linguistics at the School of Linguistics, Faculty of Humanities, National Research University Higher School of Economics. petrova.s.daria@gmail.com.

Anastasia Evgenievna Kopachinskaya (b. 1997) graduated from the Moscow State Regional University (2019). She is a student of the master's program in computational linguistics at the School of Linguistics, Faculty of Humanities, National Research University Higher School of Economics. nastya.kop97@gmail.com.

*Natalia Mikhailovna Kiseleva* (b. 1999) graduated from the Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (2020). She is a student of the master's program in computational linguistics at the School of Linguistics, Faculty of Humanities, National Research University Higher School of Economics. *nata sgn@mail.ru*.

*Lilia Ildarovna Kazakova* (b. 1997) graduated from the Faculty of Humanities at the National Research University Higher School of Economics, Fundamental and Computational Linguistics program (2019). She is a student of the master's program in computational linguistics at the School of Linguistics, Faculty of Humanities, National Research University Higher School of Economics. *liliooonk@gmail.com*.

Received 16.December 2021, Revised 17 March 2022. Accepted 25 March, 2022.

### ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 004.822

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-41-56

# Построение хранилища обобщённых вычислительных экспериментов на основе онтологического подхода

© 2022, А.Г. Подвесовский 🖂, Д.А. Коростелёв, Е.А. Лупачёв, Н.В. Беляков

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

#### Аннотация

Рассмотрена задача организации хранения и доступа к информации об обобщённых вычислительных экспериментах, связанных с математическим моделированием реальных физических процессов. Обобщённый вычислительный эксперимент предполагает многократное решение задачи численного моделирования при различных наборах значений определяющих параметров модели, что позволяет получить решение для некоторого класса задач математического моделирования, заданного в многомерном пространстве параметров. Предложен подход к построению хранилища данных, описывающих обобщённые вычислительные эксперименты, включая историю их планирования и корректировки сценариев проведения. Обсуждаются особенности хранения обобщённых вычислительных экспериментов, положенные в основу построения логической и физической моделей хранилища. Для организации эффективного взаимодействия пользователя с хранилищем предложена онтологическая модель обобщённого вычислительного эксперимента и связанная с ней структура метаданных, на основе которой реализуется механизм формирования запросов к хранилищу в терминах предметной области моделирования. Обсуждается применение разработанного подхода для хранения и анализа данных об обобщённом вычислительном эксперименте, связанном с оценкой точности численных моделей программной платформы *OpenFOAM* для трёхмерной задачи сверхзвукового обтекания клина.

**Ключевые слова:** обобщённый вычислительный эксперимент, многомерные данные, представление данных, хранение данных, онтология, тезаурус, верификация численных методов.

**Цитирование:** Подвесовский А.Г., Коростелёв Д.А., Лупачёв Е.А., Беляков Н.В. Построение хранилища обобщённых вычислительных экспериментов на основе онтологического подхода // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №1(43). С.41-56. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-41-56.

**Финансирование:** исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект 18-11-00215).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Введение

Математическое моделирование реальных физических процессов в большинстве случаев предполагает проведение серий вычислительных экспериментов (ВЭ), в рамках которых изучается состояние модели и особенности её поведения в различных диапазонах изменения входных переменных и параметров модели. С развитием средств вычислительной техники и технологий параллельных вычислений появилась возможность построения обобщённого ВЭ (ОВЭ), основная идея которого состоит в многократном решении прямой или обратной задачи численного моделирования для различных наборов значений параметров моделирования [1]. Подобный подход позволяет получить решение не для одной, а для класса задач математического моделирования, заданного в многомерном пространстве параметров модели-

рования. В результате появляется возможность одновременно исследовать влияние нескольких параметров на интересующие характеристики модели, в том числе исследовать их совместное влияние в различных сочетаниях диапазонов изменения.

Целью проведения ОВЭ, как правило, является определение либо уточнение характеристик и свойств моделей: поиск функциональных зависимостей или закономерностей для прогнозирования исследуемых характеристик, определяемых результатами моделирования; сравнение точности моделей, а также установление границ областей, в которых определённая модель даёт более точные результаты по сравнению с другими. Известны примеры успешного применения ОВЭ при решении задач вычислительной гидродинамики [1, 2], газовой динамики [3, 4], автоматизации проектирования энергетических установок [5].

При переходе к ОВЭ значительно возрастают объём и размерность обрабатываемых массивов экспериментальных данных. Моделирование реальных физических процессов на основе проведения серии экспериментов со всеми допустимыми комбинациями моделей и параметров моделирования, как правило, не представляется возможным. Поэтому актуальной является задача адаптивного управления ОВЭ.

В работе [6] предложен подход к планированию ОВЭ с возможностью динамической корректировки плана на основе оценки результативности промежуточных состояний ОВЭ. Под планом ОВЭ понимается последовательность экспериментов, подлежащих проведению, для заданного многомерного массива значений параметров моделирования с выбранными методами анализа и интерпретации результатов эксперимента.

Преимуществом динамического планирования ОВЭ является возможность сокращения объёма недостаточно результативных экспериментов и, напротив, обеспечение более детального экспериментального исследования тех диапазонов значений входных данных и параметров моделирования, где требуется подтверждение и уточнение найденных закономерностей. Процедуру планирования целесообразно делать интерактивной, привлекая к ней исследователя и обеспечивая возможность совместного использования традиционных методов обработки экспериментальных данных и методов их интеллектуального анализа, например, визуально-когнитивной аналитики [2, 7, 8].

Для обеспечения автоматизации и программной поддержки методов адаптивного планирования и управления ОВЭ требуется организация хранения результатов ОВЭ и сценариев его проведения. Актуальной задачей является разработка методов и технологий построения хранилища данных ОВЭ. Его создание обеспечит возможность повторного использования экспериментальных данных и результатов их обработки, а также организацию библиотек и репозиториев моделей анализа данных по различным направлениям и классам проблем. Необходимо обеспечить простой и интуитивно понятный механизм взаимодействия пользователя с хранилищем, возможность формирования запросов в терминах предметной области (ПрО). Данная возможность может быть обеспечена за счёт использования онтологического подхода.

В статье рассматриваются особенности хранения данных, связанных с ОВЭ, предлагаются модели данных для построения хранилища ОВЭ, способ построения онтологии ОВЭ, и рассматриваются пути её применения для организации доступа к хранилищу и эффективного взаимодействия с ним пользователя.

# 1 Формализованное представление ОВЭ

Для формирования требований к структуре хранилища ОВЭ и выделения сущностей, которые должны быть положены в основу моделей представления данных, необходимо выпол-

нить формализацию понятия OBЭ, а также связанных с ним понятий состояния и плана OBЭ. С учётом результатов работы [6] предлагается следующая схема формализации.

## 1.1 Понятие и структура данных ОВЭ

Пусть математическая модель исследуемой системы задана набором:

$$\langle X, Y, A, F \rangle$$
, (1)

где  $X = (x_1, x_2, ..., x_L)$  — вектор входных переменных, L — количество входных переменных,  $Y = (y_1, y_2, ..., y_M)$  — вектор выходных переменных, M — количество выходных переменных,  $A = \{a_1, a_2, ..., a_N\}$  — множество параметров моделирования, также называемых определяющими параметрами [1], N — количество определяющих параметров, F — реализуемое с помощью модели отображение пространства входных переменных в пространство выходных переменных. Вид данного отображения определяется структурой модели с учётом её определяющих параметров из множества A.

В качестве определяющих параметров моделирования могут выступать как числовые величины (например, некоторые физические характеристики исследуемого процесса), так и качественные показатели, такие как используемые численные методы, характеристики программно-аппаратного обеспечения и др. [2, 3].

Каждый параметр  $a_k$  характеризуется областью допустимых значений  $V_k$  (k=1,...,N). Для числового параметра это может быть диапазон изменения, а для нечислового — множество возможных значений. На значения параметров могут быть наложены совместные ограничения вида

$$g_t(a_1, a_2, ..., a_N), t = 1, ..., T,$$
 (2)

которые могут задаваться в форме уравнений, неравенств или логических условий. Совокупность областей значений параметров вместе с набором ограничений вида (2) задаёт N-мерное пространство определяющих параметров V, которое в общем случае является подмножеством декартова произведения областей значений каждого параметра:

$$\mathbf{V} \subseteq V_1 \times V_2 \times \dots V_N. \tag{3}$$

Поскольку ОВЭ предполагает решение задачи моделирования при вариации определяющих параметров на некотором дискретном наборе точек пространства этих параметров, то на области  $V_k$  значений каждого параметра  $a_k$  выбирается множество значений  $W_k = \{a_{k1}, a_{k2}, ..., a_{k,pk}\}$ , для каждого из которых выполняется моделирование. Здесь  $a_{kj}$  – конкретные выбранные значения параметра  $a_k$ ,  $j = 1, ..., p_k$ , где  $p_k$  – число таких значений для параметра  $a_k$ . В простейшем случае для числового параметра  $W_k$  может представлять собой набор равноотстоящих точек внутри диапазона его значений.

Разбиение пространства определяющих параметров представляет собой множество всех возможных кортежей выбранных значений каждого параметра, принадлежащих пространству параметров V, т.е. удовлетворяющих ограничениям (2):

$$\mathbf{W} = (W_1 \times W_2 \times \dots W_N) \cap \mathbf{V}. \tag{4}$$

Любая точка, принадлежащая данному разбиению, задаёт определённый набор значений определяющих параметров, участвующий в проведении ОВЭ:

$$w_i = (a_{1,i1}, a_{2,i2}, ..., a_{N,iN}), a_{k,ik} \in W_k.$$
(5)

В качестве примера можно рассмотреть ОВЭ для трёхмерной задачи невязкого обтекания конуса [4]. Для данного ОВЭ определяющими параметрами являлись: число Маха  $(a_1)$ , угол полураствора конуса в градусах  $(a_2)$ , угол атаки в градусах  $(a_3)$ . В качестве  $W_k$  были выбраны следующие множества значений определяющих параметров:  $W_1 = \{3, 5, 7\}$ ;  $W_2 = \{10, 15, 20\}$ ;

 $W_3 = \{0, 5, 10\}$ . Соответственно,  $w_i$  в данном случае представляют собой упорядоченные тройки элементов этих множеств:  $w_1 = (3, 10, 0)$ ;  $w_2 = (3, 10, 5)$ ; ...;  $w_{24} = (3, 20, 10)$  (для комбинации углов полураствора и атаки, равных  $10^\circ$ , ВЭ не проводились).

С учётом введённых обозначений *одиночный* ВЭ характеризуется дискретным векторным полем  $\mathbf{E}^{\mathbf{S}}$ , которое задаёт распределение  $\mathbf{Y}^*$  значений вектора выходных переменных Y для заданного множества  $\mathbf{X}$  значений вектора входных переменных X при некотором фиксированном наборе  $w^*$  значений определяющих параметров, принадлежащем разбиению  $\mathbf{W}$ :

$$\mathbf{E}^{\mathbf{S}} = \langle \mathbf{X}, \mathbf{Y}^* \rangle, \tag{6}$$

где

$$Y^* = \{ Y = F(X, w^*), X \in X \}. \tag{7}$$

OBЭ ( $\mathbf{E}^{\text{Gen}}$ ) характеризуется N-мерным массивом, элементы которого задают дискретные векторные поля, соответствующие одиночным ВЭ для всех элементов разбиения  $\mathbf{W}$ :

$$\mathbf{E}^{\mathsf{Gen}} = \langle \mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{W} \rangle, \tag{8}$$

где

$$\mathbf{Y} = \{ Y = F(X, w), X \in \mathbf{X}, w \in \mathbf{W} \}. \tag{9}$$

Полученный массив многомерных данных содержит первичные результаты ОВЭ и не может рассматриваться как решение задачи моделирования. Поэтому далее выполняется его обработка с целью получения полезной для исследователя информации об объекте моделирования и выявления закономерностей и взаимосвязей, присущих определяющим его параметрам. Для этого могут использоваться традиционные методы обработки экспериментальных данных и методы интеллектуального анализа данных, а также совместное использование различных подходов и методов.

Таким путём, от первичного многомерного массива экспериментальных данных, задаваемого набором (8), осуществляется переход к обобщённым показателям, которые представляют собой результаты обработки первичных данных. Эти показатели используются далее для интерпретации, поиска закономерностей, формирования и проверки гипотез. Примерами обобщённых показателей могут служить главные компоненты в задачах понижения размерности, нормы векторов ошибок L1 и L2 в задачах оценивания точности различных численных методов при варьировании определяющих параметров моделирования [3, 4] и др.

#### 1.2 План и состояние ОВЭ

*План ОВЭ* должен задавать:

- 1) серию одиночных ВЭ, которые требуется провести для заданного множества  $\mathbf{X}$  значений входных переменных и выбранного разбиения пространства определяющих параметров  $\mathbf{W}$ ;
- 2) множество обобщённых показателей для представления результатов обработки и анализа первичных экспериментальных данных, а также набор используемых для этого методов. План ОВЭ можно представить в виде:

$$\langle \mathbf{X}, \mathbf{W}, C, H \rangle$$
, (10)

где  $C = \{C_1, C_2, ..., C_S\}$  — множество обобщённых показателей, H — отображение пространства первичных экспериментальных данных в пространство значений обобщённых показателей. Вид данного отображения определяется применяемыми методами обработки и анализа первичных данных.

Состояние ОВЭ определяется совокупностью ВЭ, проведённых в соответствии с выбранным планом, и задаётся многомерным массивом экспериментальных данных, получен-

ных при текущем разбиении пространства определяющих параметров, набором значений обобщённых показателей, полученных в результате обработки данного массива, а также множеством закономерностей, выявленных на основе анализа и интерпретации этих значений. Состояние ОВЭ можно представить в виде:

$$\langle X, Y, W, C(W), R \rangle$$
, (11)

где C(W) – пространство значений множества обобщённых показателей C, полученное при разбиении пространства определяющих параметров W; R – множество выявленных закономерностей.

# 2 Проектирование структуры хранилища ОВЭ

В контексте задачи построения хранилища, ОВЭ можно рассматривать как набор проведённых одиночных ВЭ и историю изменения планов их проведения. Для хранения набора одиночных ВЭ может быть использован традиционный подход к представлению многомерных экспериментальных данных, основанный на двумерных таблицах. В этом случае часть столбцов таблицы описывает значения определяющих параметров, а другая часть – значения выходных переменных для разных моделей. Это обусловливает первую особенность хранения ОВЭ – возможность использования традиционных подходов к хранению многомерных данных. Хранить значения входных переменных в подобной таблице нецелесообразно, поскольку эти значения могут быть недостаточно структурированными и создавать избыточность данных. Вместе с тем, эти значения должны содержаться в хранилище. Это обусловливает вторую особенность хранения ОВЭ - нецелесообразность табличного хранения значений входных переменных в единой таблице со значениями определяющих параметров и выходных переменных. Значения выходных переменных образуют многомерные массивы большого объёма, но при этом они не используются для анализа результатов напрямую вместо них используются обобщённые показатели. Данный аспект обусловливает третью особенность хранения ОВЭ – нецелесообразность хранения значений выходных переменных ВЭ в единой таблице со значениями определяющих параметров и обобщённых показателей. Целесообразно хранить их отдельно при условии сохранения связи с соответствующим одиночным ВЭ.

При хранении ОВЭ необходимо хранить и историю изменения планов проведения ВЭ. Это связано с тем, что после проведения части запланированных ВЭ возможна корректировка плана ОВЭ, т.е. создание новой последовательности проведения ВЭ, которая может иметь общие части с прошлыми планами и не иметь таковой. В общем случае имеется множество пересекающихся последовательностей одиночных ВЭ, и для их хранения целесообразно использовать соответствующие структуры данных, например, графовые. Это обусловливает четвёртую особенность хранения ОВЭ – целесообразность хранения истории изменений планов проведения ОВЭ в виде графовых структур.

После проведения очередной серии ВЭ оценивается состояние ОВЭ, анализ которого используется при формировании решения о дальнейшем плане проведения ОВЭ. В этой связи состояние ОВЭ можно рассматривать как характеристику проведённой серии последовательных одиночных ВЭ и сопоставлять её с последним экспериментом в данной серии. Это обусловливает *пятую особенность хранения ОВЭ* — необходимость хранения состояния ОВЭ после каждой проведённой серии экспериментов.

Для организации эффективного хранения данных, связанных с ОВЭ, важно учитывать специфику операций, которые будут осуществляться с ними. К таким операциям относятся добавление, редактирование, удаление и поиск (выборка). Операции поиска (выборки) в первую очередь используются для анализа состояния ОВЭ, что служит основой управления

ОВЭ. Хранение и обработка многомерных данных зачастую строится на базе реляционных систем управления базами данных (СУБД) и  $OLAP^I$ -хранилищ.

Традиционные хранилища показывают высокую эффективность сбора и выборки данных, но обладают рядом недостатков при представлении данных [9], среди которых ключевыми для рассматриваемой задачи являются следующие.

- Хранение только детализированных данных. Для обеспечения большей нормализации и, как следствие, более быстрого доступа к данным, информация максимально детализируется, однако для последующего их анализа такой подход неудобен ввиду большого объёма дополнительной информации.
- Хранилище может содержать данные в разных форматах. Данное обстоятельство существенно затрудняет анализ данных без их предварительной обработки.
- Доступ к данным пользователей осуществляется на основе заранее составленных запросов. Такой подход не может обеспечить гибкость в выборе данных для анализа.

При хранении данных ОВЭ использование технологий *OLAP* приведёт к дополнительной избыточности, создаваемой структурой базы данных. При построении хранилища следует использовать современные реляционные СУБД, позволяющие проводить необходимую нормализацию отношений между сущностями с целью снижения избыточности и обеспечения целостности данных [10]. В модели данных для хранения ОВЭ целесообразно предусмотреть отдельные таблицы для *описания* входных переменных, определяющих параметров, выходных переменных и обобщённых показателей, а также отдельные таблицы *для хранения полученных в ходе проведения экспериментов значений* входных переменных, определяющих параметров, выходных переменных и обобщённых показателей. Для хранения значений выходных переменных нет необходимости проводить нормализацию, поэтому эти данные могут храниться в сериализованной форме в виде текста с использованием форматов *JSON* (или *XML*) или же в виде ссылки на объект (файл) во внешнем хранилище (например, в *S3*-хранилище [11]). Для этого может быть создана отдельная таблица, связанная с таблицей, описывающей одиночные ВЭ.

Для хранения больших объёмов экспериментальных данных можно использовать специальные иерархические форматы, например, HDF5 [12]. Особенность данного формата состоит в том, что каждый файл имеет свою внутреннюю структуру, и это может быть более эффективным (по сравнению с форматами JSON или XML) в случае, когда требуется обмениваться данными с другими системами (например, системами визуализации экспериментальных данных). Формат HDF5 позволяет получать данные в виде массива, при этом встроенные средства анализа отсутствуют. С использованием данного формата можно построить автономное хранилище, части которого можно легко отделить, что делает его удобным инструментом для транспортировки данных.

Учёт четвёртой особенности хранения ОВЭ приводит к наличию сущности или сущностей для хранения истории изменения планов проведения ОВЭ. Вводится понятие «родительского» плана ОВЭ, под которым понимается начальный план проведения серии ВЭ. Если в ходе его выполнения или после завершения возникает потребность в проведении другой серии ВЭ, то формируется новый план, который должен ссылаться на «родительский» план и на последний проведённый ВЭ «родительского» плана. Новый план может также послужить «родительским» для другого плана. Для того, чтобы хранить такие структуры в базе данных, следует организовать иерархию путём добавления в таблицу с описанием планов проведения ВЭ ссылки на другую запись этой же таблицы с ограничением в виде запрета ссылки на себя. Если в таблице отсутствует ссылка на «родительский» план, то данная запись связана с вер-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> OLAP (англ. online analytical processing) — технология обработки данных, заключающаяся в подготовке суммарной информации на основе больших массивов данных, структурированных по многомерному принципу.

шиной иерархии, т.е. с первичным планом проведения серии ВЭ. Описание такой таблицы планов должно включать номер начального ВЭ «родительского» плана. С помощью подобной иерархии планов и структуры таблиц представляется возможным восстановить полную историю проведения ОВЭ с учётом всех изменений.

Поскольку данные, описывающие состояния разных ОВЭ, могут иметь различные типы и размерность, то хранить состояния ОВЭ целесообразно также в сериализованном виде с использованием форматов *JSON* или *XML*. Для обращения к данным, хранящимся в подобных объектах, можно использовать встроенные в СУБД языковые механизмы запросов. Для хранения состояния ОВЭ можно добавить соответствующее поле в таблицу одиночных ВЭ, что позволит хранить состояние ОВЭ после каждого проведённого ВЭ.

Модель базы данных, которая может быть положена в основу организации хранилища ОВЭ, с учётом рассмотренных выше особенностей, представлена на рисунке 1.

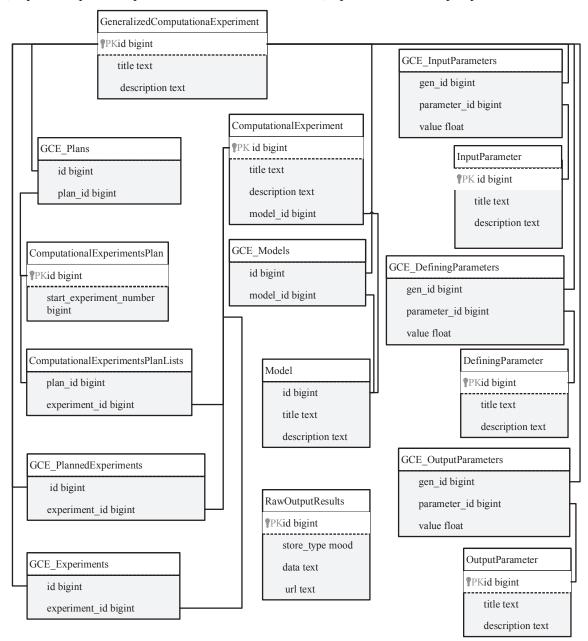


Рисунок 1 – Модель базы данных для организации хранилища ОВЭ

Механизм доступа пользователя к информации по ОВЭ с целью её анализа должен учитывать специфичный для ПрО механизм поиска, группировки и структурирования данных, а также принятую в соответствующей ПрО терминологию. В качестве основы для такого механизма предлагается использовать методологию онтологического инжиниринга. Онтология в рассматриваемой задаче позволяет:

- *добавлять в хранилище дополнительную мета-информацию об ОВЭ* (это обеспечивает возможность дополнять описание хранимых данных, что может быть учтено при построении более эффективных методов обработки соответствующих данных, например, указывать типы данных, используемых для конкретных параметров).
- формировать запросы и структуры данных при выборке (например, запросы пользователя, составленные через некоторый упрощённый человеко-машинный интерфейс, можно преобразовывать в физические запросы к хранилищу, либо уточнять уже существующие запросы [13], либо после получения данных из хранилища приводить к виду, удобному для понимания и последующего анализа).

Поиск и структуризацию данных исследователю удобнее выполнять в терминах той ПрО, к которой относится ОВЭ, а для этого в онтологии предусмотрен соответствующий тезаурус с синонимами, учитывающий в том числе и языковые особенности терминов [14].

### 3 Онтологическая модель ОВЭ

Онтологическая модель ОВЭ, инвариантная к ПрО, с поддержкой тезауруса ключевых понятий позволяет формировать мета-описание ОВЭ, включая сопоставление терминов, набор сущностей и их типов данных. Мета-описание может использоваться для формирования запросов к хранилищу в упрощённой форме, скрывая от исследователя детали физической реализации хранилища. Для разработки онтологической модели ОВЭ были выделены следующие ключевые сущности (понятия).

- 1) ОВЭ. Является базовым понятием создаваемой онтологии. Связано с остальными понятиями.
- 2) *Модель*. С учётом (1), под моделью поднимается отображение, с помощью которого на основе значений входных переменных и с учётом значений определяющих параметров формируются значения выходных переменных и/или обобщённых показателей.
- 3) Одиночный ВЭ. С учётом (6) и (7), это понятие объединяет данные, включающие в себя значения выходных переменных, полученные для заданного набора значений входных переменных и определяющих параметров с помощью выбранной модели.
- 4) План ОВЭ. В рамках онтологической модели под планом понимается серия одиночных ВЭ в определённом порядке их следования, а также набор правил обработки первичных экспериментальных данных и представления результатов этой обработки в виде значений обобщённых показателей.

Предполагается, что исследователь при проведении ОВЭ будет оперировать в первую очередь перечисленными ключевыми понятиями. Смысл одних и тех же понятий для исследователей из разных ПрО может отличаться, поэтому в онтологическую модель были включены понятия синоним, язык и ПрО. Словарь синонимов для используемых в онтологии понятий составляется для конкретной ПрО. При этом остаётся возможным использовать один и тот же синоним для различных ПрО (например, смежных). Разработанная обобщённая онтологическая схема ОВЭ представлена на рисунке 2.

Помимо неопределённости, связанной с трактовкой понятий ПрО, неопределённость может также возникать при описании самих компонентов онтологической модели. Описания на разных языках отличаются, например, русскоязычному термину «Обобщённый вычисли-

тельный эксперимент» соответствует англоязычный термин «Generalized computational experiment». Разные термины могут использоваться для описания одного и того же понятия внутри одного языка. Например, понятие «модель» в зависимости от ПрО может иметь целый ряд синонимов: функция, алгоритм, мутация, версия и т.д. Фрагмент разработанного тезауруса для некоторых ключевых понятий, входящих в онтологическую модель ОВЭ, представлен в таблицах 1 и 2. Использование исследователем привычных для него терминов повышает эффективность хранения, проведения и управления ОВЭ.

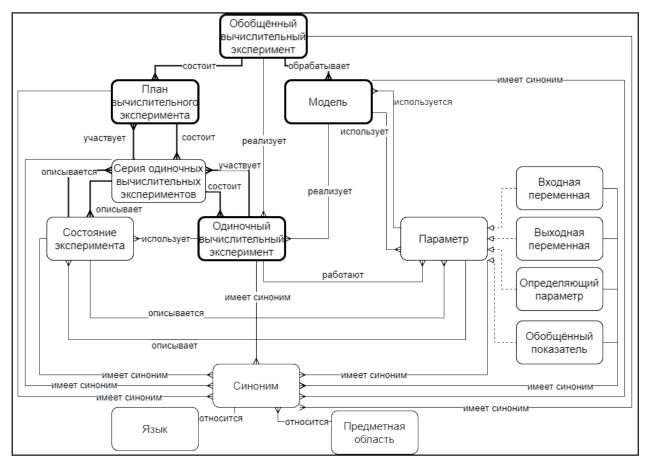


Рисунок 2 – Обобщённая онтологическая схема ОВЭ

Таблица 1 - Примеры синонимов для понятия "Обобщённый вычислительный эксперимент"

Синоним	Предметные области	Язык
Описание эксперимента	Общенаучная	Русский
Generalized computational experiment	Компьютерное моделирование	Английский
Серия экспериментов	Общенаучная	Русский
Экспериментальное исследование	Общенаучная	Русский

Предложенная обобщённая онтологическая модель ОВЭ позволяет создать дополнительный (верхний) уровень абстракции хранилища ОВЭ, с которым исследователь может взаимодействовать более эффективно по сравнению с доступом к хранилищу напрямую. Для обеспечения поддержки функционирования и взаимосвязи этого уровня с нижележащими уровнями хранилища ОВЭ разработана структура метаданных ОВЭ с учётом его онтологических особенностей (рисунок 3). Эта структура позволяет сформировать описание ПрО в привычных исследователю терминах, однозначно сопоставляемых с понятиями хранилища

OBЭ, а также указать спецификацию параметров, показателей и переменных, используемых в OBЭ. Дополнительно исследователь с помощью этого описания может задать метод оценки состояния OBЭ.

Таблица 2 - Примеры	синонимов для	понятия	"Модель"
---------------------	---------------	---------	----------

Синоним	Предметные области	Язык
Солвер	Компьютерное моделирование	Русский
Model	Общенаучная	Английский
Функция	Математика	Русский
Алгоритм	Математика	Русский
Метод	Общенаучная	Русский
Черный ящик	Информационные технологии	Русский
Программа	Общенаучная	Русский
Мутация	Генетика	Русский
Численный метод	Математика	Русский
Вариант	Общенаучная	Русский
Версия	Общенаучная	Русский
Модификация	Общенаучная	Русский



Рисунок 3 – Структура метаданных для работы с хранилищем ОВЭ

### 4 Апробация и обсуждение результатов

Для апробации предложенных подходов и методов использовались данные ОВЭ, проводившегося с целью верификации и оценки точности солверов (от англ. solver - решатель) платформы *OpenFOAM* для трёхмерной задачи сверхзвукового обтекания клина [15] (в терминологии *OpenFOAM* солверы представляет собой программные модули, в которых реализованы различные численные модели механики сплошных сред [16]).

Фрагмент мета-описания для данного ОВЭ представлен в следующем виде.

#### 1) Словарь терминов < «понятие из онтологии», «используемый синоним»>:

««обобщённый вычислительный эксперимент», «обобщённый вычислительный эксперимент»>; «модель», «солвер»>; «план вычислительного эксперимента», «серия вычислительных экспериментов»>; «одиночный вычислительный эксперимент», «вычислительный эксперимент»>; «входная переменная», «входная переменная»>; «определяющий параметр»>; «выходная переменная», «выходная переменная»>; «выходная переменная»>; «кобобщённый показатель», «норма ошибки»>.

- 2) ПрО: верификация численных методов.
- 3) **Модели:** risoCentralFOAM, pisoCentralFOAM, sonicFOAM, QGDFoam.
- 4) **Входные переменные:** площадь и положение ячеек дискретизации. Тип данных вещественный.
- 5) Выходные переменные: давление в ячейках. Тип данных вещественный.
- 6) Определяющие параметры: угол набегающего потока, число Маха набегающего потока. Тип данных вещественный.
- 7) **Обобщённые показатели:** норма L1, норма L2. Тип данных вещественный. На основе словаря терминов получена онтологическая схема хранилища ОВЭ л

На основе словаря терминов получена онтологическая схема хранилища ОВЭ для ПрО математического моделирования и численных методов (см. рисунок 4).

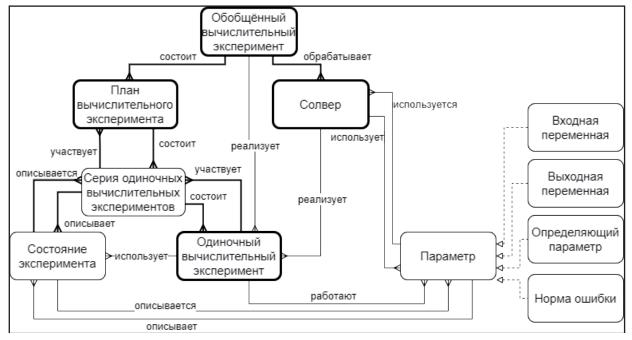


Рисунок 4 – Конкретизированная онтологическая схема ОВЭ для ПрО математического моделирования и численных методов

В хранилище были помещены сведения о 80 проведённых ВЭ. Состояние ОВЭ определялось с помощью метода, основанного на оценке точности двумерной аппроксимации при фиксированных комбинациях подмножества определяющих параметров [6]. Для этих целей с использованием имеющегося словаря терминов и мета-описания были сформированы следующие запросы к хранилищу на получение данных:

- 1) выбрать все возможные значения определяющего параметра «угол набегающего потока».
- 2) для всех комбинаций значений определяющего параметра «угол набегающего потока», модели и обобщённого показателя выбрать множество пар (значение «число Маха набегающего потока», значение обобщённого показателя).
- 3) выбрать все возможные значения определяющего параметра «число Маха набегающего потока».
- 4) для всех комбинаций значений определяющего параметра «число Маха набегающего потока», модели и обобщённого показателя выбрать множество пар (значение «угол набегающего потока», значение обобщённого показателя).

Полученные результаты выборок использовались для построения аппроксимирующих кривых, которые в дальнейшем подвергались визуальному анализу.

В ходе визуального анализа удалось обнаружить возможную неточность в данных для солвера *sonicFOAM* при значении числа Маха набегающего потока, равном 4, и значении угла набегающего потока, равному 20 градусам. Это привело к необходимости повторного проведения соответствующего одиночного ВЭ, в ходе которого данное предположение подтвердилось, а в хранилище ОВЭ были помещены уточнённые значения указанных определяющих параметров для данного одиночного ВЭ.

Отмеченный факт является подтверждением того, что систематическое и структурированное накопление и хранение сведений о проведённых ВЭ позволяет в дальнейшем проводить анализ всего ОВЭ, в ходе которого становится возможным как определение некорректно проведённых ВЭ, так и корректировка плана проведения ОВЭ. Осуществить подобную систематизацию без применения представленного онтологического подхода к формализации представления и обработки данных об ОВЭ было бы затруднительно. Применение тезауруса к онтологической схеме хранилища позволяет получить адаптированную версию онтологической схемы в терминах соответствующей ПрО и упростить исследователю взаимодействие с ней: представляется возможным формирование запросов на выборку данных в более привычных исследователю терминах.

#### Заключение

Предложен подход к построению хранилища ОВЭ, основанный на применении методов онтологического инжиниринга. Определены основные особенности хранения ОВЭ, разработана и обоснована схема построения хранилища, включающая дополнительный верхний уровень абстракции. На верхнем уровне исследователь взаимодействует с привычными ему терминами, а на нижних уровнях взаимодействие с данными осуществляется посредством традиционных подходов, реализуемых в современных СУБД.

Исследователю предоставляется возможность оперировать привычными ему понятиями, что положительно сказывается на качестве проводимых исследований с использованием разработанного хранилища ОВЭ.

Проведённые экспериментальные исследования на примере оценки точности решения задач механики сплошных сред с применением различных численных методов подтвердили работоспособность предложенного подхода, а также позволили выделить направления дальнейших исследований:

- 1) расширение числа ПрО и соответствующего тезауруса;
- 2) расширение онтологической модели за счёт выделения в ней типовых видов запросов данных, адаптированных к различным ПрО;
- 3) программная реализация предложенных подходов по формированию и преобразованию запросов от исследователя на понятном ему языке к их выполнению в соответствующей СУБД;
- 4) развитие методов и технологий визуализации данных, получаемых из разработанного хранилища ОВЭ.

### Список источников

- [1] **Bondarev A.E.** On the Construction of the Generalized Numerical Experiment in Fluid Dynamics // Mathematica Montisnigri. 2018. Vol.XLII. P.52-64.
- [2] *Bondarev A.E., Galaktionov V.A.* Generalized Computational Experiment and Visual Analysis of Multidimensional Data // Scientific Visualization. 2019. Vol.11(4). P.102-114. DOI:10.26583/sv.11.4.09.
- [3] Alekseev A., Bondarev A., Galaktionov V., Kuvshinnikov A., Shapiro L. On Applying of Generalized Computational Experiment to Numerical Methods Verification // In: CEUR Workshop Proc. of 30th International Confer-

- ence on Computer Graphics and Machine Vision GraphiCon 2020. Vol.2744. http://ceur-ws.org/Vol-2744/paper19.pdf. DOI:10.51130/graphicon-2020-2-3-19.
- [4] *Bondarev A.E., Kuvshinnikov A.E.* Analysis of the Accuracy of OpenFOAM Solvers for the Problem of Supersonic Flow Around a Cone // In: Y. Shi et al. (ed.): Computational Science ICCS 2018. Lecture Notes in Computer Science, Vol.10862. Springer, Cham, 2018. P.221-230. DOI:10.1007/978-3-319-93713-7\_18.
- [5] *Андреев С.В., Бондарев А.Е., Бондаренко А.В. и др.* Вычислительная технология построения оптимальной формы узла лопастей энергоустановки с учётом конструкционных ограничений // Программирование. 2017. №6. С.65-74.
- [6] Zakharova A., Korostelyov D., Podvesovskii A. Evaluating State Effectiveness in Control Model of a Generalized Computational Experiment // In: A.G. Kravets et. al. (ed.): Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2021. Communications in Computer and Information Science, Vol.1448. Springer, Cham, 2021. P.207-222. DOI:10.1007/978-3-030-87034-8 16.
- [7] Zakharova A.A., Korostelyov D.A., Podvesovskii A.G., Galaktionov V.A. Methods of Constructing a Visual Map of Generalized Computational Experiment // Scientific Visualization. 2021. Vol.13(4). P.76-92. DOI:10.26583/sv.13.4.07.
- [8] **Zakharova A.A., Korostelyov D.A.** Application of Visual Analytics Methods to Reduce the Dimensionality of Decision-making Problems // Scientific Visualization. 2020. Vol.12(4). P.23-32. DOI:10.26583/sv.12.4.03.
- [9] Liu L., Özsu M.T. OLAP. Springer. 2009. DOI:10.1007/978-0-387-39940-9 3191.
- [10] *Wang M., Chan R.K.* Database Development Process // Encyclopedia of Information Systems. 2003. Vol.1. P.389-402. DOI:10.1016/B0-12-227240-4/00026-5.
- [11] *Li Y., Guo L., Guo Y.* An Efficient and Performance-Aware Big Data Storage System // Cloud Computing and Services Science. 2013. Vol.367. P.102–116. DOI:10.1007/978-3-319-04519-1\_7.
- [12] *De Carlo F., Gürsoy D., Marone F., et.al.* Scientific data exchange: a schema for HDF5-based storage of raw and analyzed data // Journal of Synchrotron Radiation. 2014. Vol.21(6). P.1224–1230. DOI:10.1107/s160057751401604x.
- [13] *Leshcheva I., Begler A.* A method of semi-automated ontology population from multiple semi-structured data sources // Journal of Information Science. 2020. DOI:10.1177/0165551520950243.
- [14] *Микони С.В.* О качестве онтологических моделей // Онтология проектирования. 2017. Т.7, №3(25). С.347-360. DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-3-347-360.
- [15] *Bondarev A.E., Kuvshinnikov A.E.* Analysis and Visualization of the Computational Experiments Results on the Comparative Assessment of OpenFOAM Solvers Accuracy for a Rarefaction Wave Problem // Scientific Visualization. 2021. Vol.13(3). P.34-46. DOI:10.26583/sv.13.3.04.
- [16] OpenFOAM | Free CFD Software | The OpenFOAM Foundation https://openfoam.org.

### Сведения об авторах



Подвесовский Александр Георгиевич, 1972 г. рождения. Окончил Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» в 1996 г., к.т.н. (2001). Доцент кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета, старший научный сотрудник временной научно-исследовательской лаборатории «Автоматизированные системы обработки и визуализации информации» Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Председатель Брянского регионального отделения Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 120 работ в области методов и систем поддержки принятия

решений, когнитивного моделирования, анализа данных. Author ID (RSCI): 195986; Author ID (Scopus): 56367146100; Researcher ID (WoS): L-5247-2015. apodv@tu-bryansk.ru. ⊠.

Коростелёв Дмитрий Александрович, 1985 г. рождения. Окончил Брянский государственный технический университет в 2008 г., к.т.н. (2011). Доцент кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета, научный сотрудник временной научно-исследовательской лаборатории «Автоматизированные системы обработки и визуализации информации» Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 80 работ в области методов и систем поддержки принятия решений, компьютерного и математического моделирования, разработки программного обеспечения, когнитивного моделирования, искусственного интеллекта. Author ID (RSCI): 556496; Author ID (Scopus): 56368046200; Researcher ID (WoS): G-2682-2016. nigm85@mail.ru





**Лупачёв Евгений Андреевич**, 1995 г. рождения. Окончил Брянский государственный технический университет в 2019 г. Аспирант Брянского государственного технического университета, программист временной научно-исследовательской лаборатории «Автоматизирован-

ные системы обработки и визуализации информации» Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Author ID (RSCI): 1139682. lupacheveugene@gmail.com

**Беляков Никита Владимирович**, 1999 г. рождения. Магистрант кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного

технического университета, программист временной научно-исследовательской лаборатории «Автоматизированные системы обработки и визуализации информации» Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Author ID (RSCI): 1142163. nikregul@gmail.com



Поступила в редакцию 22.03.2021, после рецензирования 28.03.2022. Принята к публикации 31.03.2022.

# Building a repository of generalized computational experiments based on the ontological approach

© 2022, A.G. Podvesovskii , D.A. Korostelyov, E.A.. Lupachev, N.V. Belyakov

Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

#### Abstract

The paper deals with the problem of organizing storage and access to information about generalized computational experiments related to the mathematical modeling of real physical processes. A generalized computational experiment implies a multiple solution of the numerical simulation problem for different sets of values of defining model parameters, and such an approach produces a solution at once for a certain class of problems of mathematical modeling given in a multidimensional space of defining parameters. An approach to building a data repository, describing generalized computational experiments, including the history of their planning and scenario corrections, is proposed. The features of storage of generalized computational experiments, which are the basis for the construction of logical and physical models of the repository, are discussed. To organize effective user interaction with the repository, an ontological model of a generalized computational experiment and the associated metadata structure are proposed, on the basis of which the mechanism for generating queries to the repository in terms of the subject area of modeling is implemented. The application of the developed approach for storing and analyzing data on a generalized computational experiment related to the estimation of the accuracy of numerical models of the OpenFOAM software platform for the three-dimensional problem of supersonic flow around a wedge is discussed.

**Key words:** generalized computational experiment, multidimensional data, data representation, data storage, ontology, thesaurus, verification of numerical methods.

*Citation:* Podvesovskii AG, Korostelyov DA, Lupachev EA, Belyakov NV. Building a repository of generalized computational experiments based on the ontological approach [In Russian]. Ontology of designing. 2022; 12(1): 41-56. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-41-56.

Financial Support: The study was supported by the Russian Science Foundation (project 18-11-00215).

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

# List of figures and tables

Figure 1 – A physical database model for organizing a repository of generalized computational experiments

Figure 2 – A generalized ontological scheme of generalized computational experiments

- Figure 3 Metadata structure for working with the repository of generalized computational experiments
- Figure 4 Concretized ontology scheme for the subject area of mathematical modeling and numerical methods
- Table 1 Examples of synonyms for the "Generalized computational experiment" term
- Table 2 Examples of synonyms for the "Model" term

#### References

- [1] **Bondarev AE.** On the Construction of the Generalized Numerical Experiment in Fluid Dynamics. *Mathematica Montisnigri*. 2018; XLII: 52-64.
- [2] **Bondarev AE, Galaktionov VA.** Generalized Computational Experiment and Visual Analysis of Multidimensional Data. *Scientific Visualization*. 2019; 11(4): 102-114. DOI:10.26583/sv.11.4.09.
- [3] *Alekseev A, Bondarev A, Galaktionov V, Kuvshinnikov A, Shapiro L.* On Applying of Generalized Computational Experiment to Numerical Methods Verification. In: CEUR Workshop Proc. of 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision GraphiCon 2020; 2744. http://ceur-ws.org/Vol-2744/paper19.pdf. DOI:10.51130/graphicon-2020-2-3-19.
- [4] *Bondarev AE, Kuvshinnikov AE.* Analysis of the Accuracy of OpenFOAM Solvers for the Problem of Supersonic Flow Around a Cone. In: Y. Shi et al. (ed.): Computational Science ICCS 2018. Lecture Notes in Computer Science, Vol.10862. Springer, Cham, 2018. P.221-230. DOI:10.1007/978-3-319-93713-7\_18.
- [5] Andreev SV, Bondarev AE, Bondarenko AV. et. al. A computational technology for constructing the optimal shape of a power plant blade assembly taking into account structural constraints [In Russian]. Programming and Computer Software. 2017; 6: 65-74. DOI:10.1134/S0361768817060020.
- [6] Zakharova A, Korostelyov D, Podvesovskii A. Evaluating State Effectiveness in Control Model of a Generalized Computational Experiment. In: A.G. Kravets et. al. (ed.): Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2021. Communications in Computer and Information Science, Vol.1448. Springer, Cham, 2021. P.207-222. DOI:10.1007/978-3-030-87034-8 16.
- [7] Zakharova AA, Korostelyov DA, Podvesovskii AG, Galaktionov VA. Methods of Constructing a Visual Map of Generalized Computational Experiment. Scientific Visualization. 2021; 13(4): 76-92. DOI:10.26583/sv.13.4.07.
- [8] Zakharova AA, Korostelyov DA. Application of Visual Analytics Methods to Reduce the Dimensionality of Decision-making Problems. Scientific Visualization. 2020; 12(4): 23-32. DOI: 10.26583/sv.12.4.03.
- [9] Liu L, Özsu MT. OLAP. Springer. 2009. DOI:10.1007/978-0-387-39940-9\_3191.
- [10] *Wang M, Chan RK.* Database Development Process. *Encyclopedia of Information Systems*. 2003; 1: 389-402. DOI: 10.1016/B0-12-227240-4/00026-5.
- [11] Li Y, Guo L, Guo Y. An Efficient and Performance-Aware Big Data Storage System. Cloud Computing and Services Science. 2013; 367: 102–116. DOI:10.1007/978-3-319-04519-1 7.
- [12] *De Carlo F, Gürsoy D, Marone F. et.al.* Scientific data exchange: a schema for HDF5-based storage of raw and analyzed data. *Journal of Synchrotron Radiation*. 2014; 21(6): 1224–1230. DOI:10.1107/s160057751401604x.
- [13] *Leshcheva I, Begler A.* A method of semi-automated ontology population from multiple semi-structured data sources. *Journal of Information Science*. 2020. DOI:10.1177/0165551520950243.
- [14] *Mikoni SV.* On the quality of ontological models [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2017; 7(3): 347-360. DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-3-347-360.
- [15] *Bondarev AE, Kuvshinnikov AE.* Analysis and Visualization of the Computational Experiments Results on the Comparative Assessment of OpenFOAM Solvers Accuracy for a Rarefaction Wave Problem. *Scientific Visualization*. 2021; 13(3): 34-46. DOI:10.26583/sv.13.3.04.
- [16] OpenFOAM | Free CFD Software | The OpenFOAM Foundation. https://openfoam.org.

### About the authors

Aleksandr Georgievich Podvesovskii (b. 1972) graduated from National Technical University of Ukraine ("Kyiv Polytechnical Institute") in 1996, PhD (2001). He is an Associate Professor at Bryansk State Technical University (Department of Informatics and Software Engineering) and a Senior Researcher at Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences (Temporary Research Laboratory of Automated Systems for Information Processing and Visualization). He is the Chair of Bryansk regional branch of Russian Association of Artificial Intelligence. He is a coauthor of more than 120 scientific articles and abstracts in the field of decision support methods and systems, cognitive modeling, and data analysis. Author ID (RSCI): 195986; Author ID (Scopus): 56367146100; Researcher ID (WoS): L-5247-2015. apodv@tu-bryansk.ru.

**Dmitriy Aleksandrovich Korostelyov** (b. 1985) graduated from Bryansk State Technical University in 2008, PhD (2011). He is an Associate Professor at Bryansk State Technical University (Department of Informatics and Software Engineering) and a Researcher at Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences (Temporary Research Laboratory of Automated Systems for Information Processing and Visualization). He is a member of Russian Association of Artificial Intelligence. He is a co-author of more than 80 scientific articles and abstracts in the field of decision support methods and systems, computer and mathematical simulation, software development, cognitive modeling, and artificial intelligence. Author ID (RSCI): 556496; Author ID (Scopus): 56368046200; Researcher ID (WoS): G-2682-2016. nigm85@mail.ru.

**Evgenii** Andreevich Lupachev (b. 1995) graduated from Bryansk Technical State University in 2019. He is a post-graduate student at Bryansk State Technical University and a Programmer at Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences (Temporary Research Laboratory of Automated Systems for Information Processing and Visualization). Author ID (RSCI): 1139682. lupacheveugene@gmail.com.

*Nikita Vladimirovich Belyakov* (b. 1999) is a graduate student at Bryansk State Technical University and a Programmer at Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences (Temporary Research Laboratory of Automated Systems for Information Processing and Visualization). Author ID (RSCI): 1142163. *nikregul@gmail.com*.

Received March 22, .2022. Revised March 28, 2022. Accepted March 31, .2022.

УДК 303.732.3

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-57-67

# Онтологический подход к проектированию научно-производственных систем

© 2022, Г.Ф. Ахмедьянова , А.М. Пищухин

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

#### Аннотация

Рассматривая онтологию как один из аспектов систематизации, исследование сосредоточено на анализе сущностей, присутствующих и возникающих в процессе проектирования. Все сущности отображаются с различных процедур и операций проектирования, объединяются процессом проектирования и являются связующими между проектными процедурами и операциями. Их онтология образует некоторый «скелет», основную часть этого процесса. Выявленный порядок объединения сущностей используется в проектировании научно-производственной системы. Синтезируется структура системы, включающая как исследовательскую, так и экспериментальнопроизводственную составляющие. Выявляется ключевой параметр, определяющий проектирование и реализацию проектируемой системы - её эффективность, оцениваемая по трём аспектам: результативности, целесообразности и оптимальности. При этом научно-исследовательская и экспериментально-производственная составляющие оцениваются принципиально различными показателями. В основу оценки научных результатов положена их значимость, а при оценке функционирования производственной составляющей используются экономические показатели. В работе синтезирована двухуровневая схема управления процессом проектирования, нацеленная на максимизацию эффективности проектируемой системы. На втором уровне отслеживаются показатели результативности, целесообразности и оптимальности всех проектируемых составляющих на каждом этапе. При отклонении значений какого-либо из этих показателей от оптимальных второй уровень направляет на первый один или несколько управляющих воздействий: параметрическое, структурное, организационное.

**Ключевые слова:** онтология, сущности, инновация, компоновка, научно-производственная система, эффективность, многоуровневое управление.

*Цитирование*: *Ахмедьянова*  $\Gamma$ . $\Phi$ ., *Пищухин* A.M. Онтологический подход к проектированию научно-производственных систем // Онтология проектирования. 2022. Т.12, № 1(43). С.57-67. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-57-67.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Введение

Онтология проектирования является одним из аспектов систематизации [1, 2]. Анализ сущностей, сопровождающих и возникающих в этом процессе, позволяет выявить структурный скелет проводимых процедур. Первый вывод, который при этом можно сделать, заключается в том, что все сущности *отображаются* (в философии принят термин «снимаются») с различных процедур и операций проектирования. Во-вторых, все сущности объединяются процессом проектирования. Одновременно, эти сущности являются связующими между проектными процедурами и операциями. Поскольку сущности претерпевают целенаправленные изменения в процессе проектирования, необходимо управление этим процессом [3, 4].

Принятие проектного решения сопровождается многократно повторяемым выбором из альтернатив, а выбор — это функция управления. Следовательно, необходимо провести исследование, начиная от онтологии или структуры выявленных сущностей, по выбору схемных решений в управлении проектированием [5, 6]. Перспективным направлением в этом смысле авторы считают многоуровневые системы управления [7, 8].

## 1 Онтология сущностей процесса проектирования

На рисунке 1 показана иерархическая структура, описывающая взаимосвязи составляющих процесса проектирования.



 $T\Pi$ -E — техническое предложение; T3 — техническое задание;  $3\Pi$  — эскизный проект;  $3\Pi$  — лабораторные испытания;  $3\Pi$  — технический проект;  $3\Pi$  — производственные испытания;  $3\Pi$  — рабочая документация.

Рисунок 1- Структура взаимосвязей сущностей проектирования

Анализ этой схемы показывает, что необходимо обсуждать постановку целей формирования и изменения сущностей проектирования, выявлять управляемые величины, отражающие состояние этих сущностей, находить средства достижения целевого их состояния, оценивать достижимость этих целей и точность достижения и, поскольку целей много, то оптимально распределять управляющие ресурсы, направляемые на повышение полноты достижения этих целей.

Ещё до непосредственного проектирования (этап предпроектного исследования) необходимо выявить потребность и найти соответствующее техническое решение (инновацию). Поиск инновации продолжается до тех пор, пока не обеспечивается её привлекательность для инвестирования, через такие её параметры как прогнозируемый высокий спрос на неё, низкая себестоимость изготовления, возможность быстрого ввода в производство. Способствует улучшению этих показателей наличие аналогов, отработанность технологии, уже имеющееся организованное производство, способное быстро освоить инновацию.

Выбранная инновация становится *объектом проектирования*. Если инвестор найден, то результатом этапа формулирования *технического задания* (ТЗ) [9], следующей исследуемой сущности, всегда является некий компромисс между максимизацией возможностей инновации и технико-экономическими возможностями. Благодаря встречному движению вырабатываются чёткие требования к будущему изделию, включая всесторонний охват всех аспектов его производства, потребления или эксплуатации.

ТЗ одновременно является ограничителем при выборе планируемых к использованию *технических предложений*. Эти две сущности связаны самым тесным образом и не только со стороны ТЗ. Невозможность обеспечения заданных ТЗ ограничений заставляет возвращаться на этап его повторного формулирования.

После выбора технических предложений, удовлетворяющих требованиям ТЗ, необходимо провести совокупность проектных работ по обоснованию формы будущей инновации и взаимного расположения деталей, систем и узлов, то есть реализовать общую компоновку. Таким образом, сущность компоновки в общей интеграции, позволяющей отдельным составляющим выполнять свои функции в обеспечении собираемости инновации. Одновременно компоновка задаёт форму и габаритно-массовые показатели инновации в целом.

Только после завершения компоновки можно реализовать э*скизы* отдельных составляющих, а поскольку для последующих испытаний нужен хотя бы один *прототип*, эти эскизы

надо доводить до чертежей. Прототипи́рование позволяет малыми затратами проверить работоспособность инновации. Эти две сущности - эскизы и прототип - порождаются на этапе эскизного проекта и позволяют впервые увидеть инновацию в целом и проверить её в действии.

Эскизный прототип подвергается на следующем этапе лабораторным испытаниям. Эти испытания являются по возможности широкими, охватывают даже те части диапазонов параметров, в которых вероятность работы инновации, при дальнейшей её эксплуатации, мала. Это позволяет выявить позитивные и негативные тенденции будущих конструктивных и технологических изменений.

Недостатки и погрешности в работе инновации, обнаруженные на этапе лабораторных испытаний, устраняются на этапе *технического проекта*. Затем для усовершенствованного варианта прототипа проводят производственные испытания в условиях близких к реальным, в которых будет функционировать инновация.

Только после завершения испытаний и внесения изменений в инновацию разрабатывается рабочая документация.

Таким образом, проектные сущности возникают на определённом этапе, а возникнув однажды, продолжают существовать на всех следующих этапах, пусть даже в измененной форме. Дольше всего существует инновация: возникая на первом этапе, она проходит по всем этапам и востребована до потери спроса на неё или до появления следующей инновации в рассматриваемой области. *Проект инновации* в целом существует до тех пор, пока существует документация на него.

Такая взаимосвязь сущностей отображена на рисунке 2. Из него ясно, что структуру сущностей проектирования в онтологии можно представить в виде обратного дерева, по которому можно двигаться в направлении от кроны к корню. Очевидно, что такое движение предусматривает параллельное существование сущностей и их схождение на конечном этапе проектирования.



Рисунок 2 - Концептуальная схема онтологии процесса проектирования

## 2 Проектирование научно-производственной системы

Взаимосвязи сущностей можно проиллюстрировать на примере проектирования научно-производственной системы (НПС), занятой научными исследованиями в области технологий изготовления углепластика.

Инновацией в данном случае являются как изделия из углепластика, так и технологии их производства. Для того, чтобы инновация была поддержана финансовыми средствами, она должна быть привлекательна для частных инвесторов или государственного инвестирования. Государственные средства можно привлечь, например, занимаясь научными исследованиями в прорывных направлениях, и тогда есть возможность выиграть грант. В этом случае от НПС требуются в первую очередь фундаментальные научные результаты, связанные с технологией и технологическим оборудованием, как научного, так и производственного назначения. Если это возможно, надо сразу организовывать участки экспериментального производства, которые могут принести дополнительные средства [10, 11].

Объектом проектирования является в этом случае HПС, структура которой представлена на рисунке 3.

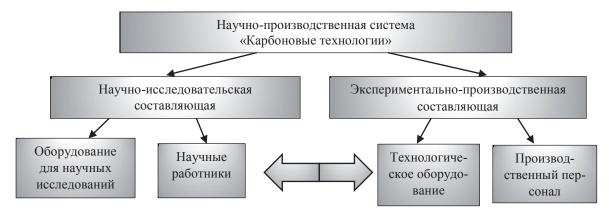


Рисунок 3 – Структура научно-производственной системы

Как только определены цели и задачи проектирования, формулируется Т3 на проектирование этого объекта, которое условно можно разделить на 4 части.

В первой части задаются состав и технические характеристики оборудования для научных исследований в областях химического состава и механического строения углепластика, а также технологий его изготовления и формования. Здесь же формулируются требования на изготовление специализированного оборудования, отсутствующего на рынке.

Вторая часть Т3 конкретизирует требования к количественному составу и квалификации научных работников, проводящих исследования с использованием выбранного в первой части оборудования.

Третья часть ТЗ содержит информацию о требованиях к составу и технологическим характеристикам производственного оборудования. Эта часть после запуска НПС в эксплуатацию может резко поменяться в зависимости от состава заявок на изготовление конкретных изделий.

Четвертая часть ТЗ включает требования к составу и квалификации производственного персонала. Поскольку объёмы производства и сложность изготавливаемых изделий определятся далее на этапе пробной эксплуатации, это часть также может претерпеть сильные изменения.

Этап подготовки технических предложений включает: обзор имеющихся близких по назначению НПС, анализ имеющегося на рынке оборудования для научных исследований по

выбранному направлению и промышленного оборудования. Кроме того, необходимы дополнительные технические предложения по оборудованию, которое должно изготавливаться по специальному заказу.

После проведения процедуры выбора оборудования, расчёта производственных мощностей, определения видов и организации труда персонала [12] можно переходить к этапу компоновки.

В данном случае главной задачей компоновки является разработка планировки, поскольку именно планировка объединяет расположение и перемещение всех составляющих частей, в виде основного оборудования и объектов, а также объектов, необходимых для организации жизнедеятельности персонала и функционирования НПС [13]. При этом критериями оптимального выбора различных конфигураций служит минимизация общей площади, геометрическая близость и адекватность разворота объектов, связанных технологической цепочкой, а также необходимость соблюдения требований техники безопасности и строительных норм и правил.

Другой задачей при этом является задача проектирования инженерных сетей и коммуникаций: транспортных, тепло-водо-газоснабжения, энергоснабжения и водоотведения. Сюда же добавляется внутренняя корпоративная информационная сеть. Для каждой из коммуникаций существуют свои критерии. Для выбора конфигурации транспортной сети можно применять критерий минимизации энергозатрат на доставку грузов. При проведении теплоснабжения необходима минимизация критерия близости к местам длительного пребывания персонала. Водо- и газоснабжение подразумевает минимальную длину трубопроводов, при условии выполнения требований техники безопасности.

# 3 Оценка проектных показателей

Планировка позволяет не только решить задачу размещения, но и оптимизировать это расположение с точки зрения доступности для персонала и транспортировки грузов. Любое выделение площади на планировке должно быть предметом постановки и решения задач оптимизации на основе вышеприведённых критериев, связанных с объёмами, ассортиментом и даже с прогнозом развития системы. Приближёнными решениями этих задач можно ограничиться на этапе эскизного проектирования, но можно разработать схему пошагового создания НПС и реализовать сначала основную часть.

Работоспособность системы может проверяться в реальности, если удастся реализовать в каком-то виде систему или её часть, а может быть проверена с помощью компьютерного моделирования.

При этом необходимо разобраться в том, каков потенциал этой системы при оценке её результативности. В первую очередь, конечно, научный потенциал, поскольку основное назначение системы – проведение научных исследований, но и производственные результаты также необходимо оценивать, хотя бы по управлению качеством продукции, как это принято [14, 15]. Структура ожидаемых от НПС результатов приведена на рисунке 4.

Оценка качества проектирования системы может быть сведена к оценке её эффективности. Эффективность часто рассматривают как понятие, характеризующееся *результативностью*, *целесообразностью*, *оптимальностью* соотношения результат/средства [16-18]. Следовательно, задача оценки эффективности упрощается за счёт разбиения оценки на эти три составляющих. Эти составляющие могут иметь следующее содержание.

Результативность научных исследований можно оценить публикационной активностью, которая характеризуется не только количеством публикаций и уровнем журналов, но, самое главное, через количество ссылок определяется научный интерес, проявленный к работе.

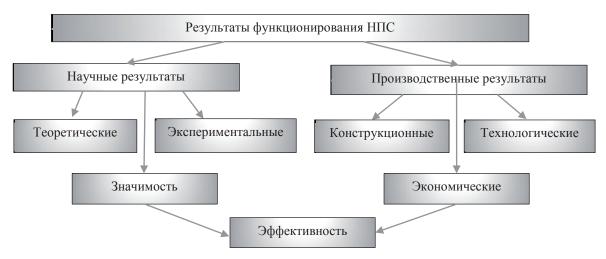


Рисунок 4 – Структура результатов функционирования НПС

Результативность экспериментальной производственной деятельности лучше всего оценивать экономически, как соотношение трёх факторов: количества заявок на изделия (спрос), цены, по которой эти изделия готовы покупать, и себестоимость их изготовления.

На основе анализа *целесообразности научных исследований* оцениваются перспективы их проведения. В этом случае большая эффективность у тех научных исследований, которые могут быть быстро внедрены в практику с принесением большого экономического эффекта. В этом случае фундаментальные исследования напрямую невыгодны, поэтому каждое государство стремится обеспечить финансовую поддержку в первую очередь фундаментальным исследованиям, а прикладные исследования поддержит частный бизнес.

*Целесообразность* экспериментальной производственной деятельности заключается в отработке новых технологий, превращении их в экономически выгодные. Этому способствуют оптимизация и автоматизация производственных процессов [19].

Оптимальность научных исследований можно понимать как нахождение наилучшего соотношения между фундаментальными и прикладными исследованиями, между теоретическими изысканиями и постановкой экспериментов, глубиной и обширностью исследований.

Предметом *оптимизации экспериментального производства* может быть снижение себестоимости изготовления продукции, определение оптимального ассортимента, оптимизация масштаба используемой технологии.

Для *интегральной оценки* можно использовать вышеприведённые показатели, доведённые до численного значения методом экспертных оценок.

Этап технического проектирования должен быть связан с реализацией НПС в отношении основных составляющих: исследовательской и производственной. При этом должны быть учтены все результаты лабораторных испытаний, проведённых расчётов и компьютерного моделирования.

Реализация системы на предыдущем этапе проектирования нужна ещё и потому, что только в реальности можно осуществить производственные испытания. Что касается НПС, то специально никаких условий создавать не нужно, необходимо только позволить ей функционировать и, оценивая значения показателей этого функционирования, производить возможные проектные корректировки. Создание окончательной рабочей документации позволит тиражировать эту систему в различных регионах и объединить созданные предприятия в холдинг.

## 4 Двухуровневое управление процессом проектирования

Можно предложить следующую схему двухуровневой системы управления проектированием НПС, как открытой системы, представленную на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема двухуровневого управления проектированием НПС

На первом уровне располагается управление проектированием НПС. Главной задачей на этом уровне является проектирование четырёх объектов: оборудования для научных исследований, количественного и квалификационного состава научных работников, производственного оборудования и производственного персонала.

На втором уровне осуществляется контроль и повышение эффективности проектируемой НПС, интегрированной по показателям соответствующих объектов и процессов, т.е. рассматривая её как интегрированный объект управления [20, 21]. При этом непрерывно отслеживается уровень результативности, целесообразности и оптимальности всех проектируемых составляющих на каждом этапе путём их экспертной оценки, здесь можно принять ступенчатую эталонную модель прогресса [22-24].

При отклонении какого-либо из этих показателей от оптимальных значений второй уровень начинает воздействовать на первый одним или несколькими из следующих видов управляющих воздействий: параметрическим, структурным или организационным. Обусловлено это тем, что нет необходимости непосредственного вмешательства в процесс проектирования, но можно «по-крупному» определять заданные значения (уставки), менять ключевые параметры (параметрическое воздействие). Можно удалять или добавлять элементы, а также их взаимосвязи, участвующие в процессе проектирования (структурные воздействия). Наконец, создавать благоприятные условия для проектирования НПС с повышенной эффективностью (организационные воздействия). Например, создавать условия для всесторонней реализации творческого потенциала проектантов.

#### Заключение

Онтология проектирования, рассматриваемая с точки зрения взаимосвязи возникающих сущностей, является действенным инструментом выявления многоуровневых схем управления. При этом выявленные сущности необходимо ранжировать по уровню их важности в отношении отображения главных свойств проектируемой системы. Если в этом ранжировании имеется преобладающая сущность, её можно помещать на верхний уровень управления, как это реализовано в данном исследовании на примере эффективности НПС. В противном случае можно воспользоваться интегральным показателем, объединяющим самые важные из выявленных сущностей.

### Список источников

- [1] **Боргест Н.М.** Онтология проектирования Super Smart Society: сущность, понятия, проблемы // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XXI международной конф. (3-6 сентября 2019 г., Самара, Россия). Самара: Офорт, 2019. Т.2. С.9-14.
- [2] **Боргест Н.М.** Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения //Онтология проектирования. 2013. №3(9). С.97-31.
- [3] *Богданова Н.В., Боргест Н.М., Власов С.А., Глибоцкий Д.С.* Онтология проектирования современного университетского профильного музея // Онтология проектирования. 2021. Т.11. № 3 (41). С.320-338. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-320-338.
- [4] *Навроцкий М.А., Жукова Н.А., Муромцев Д.И.* Онтология проектирования, применения и сопровождения порталов научно-технической информации //Онтология проектирования. 2018. Т.8. №1(27). С.96-109. DOI:10.18287/2223-9537-2018-8-1-96-109.
- [5] *Смирнов С.В.* Онтологическое моделирование в ситуационном управлении // Онтология проектирования. 2012. №2(4). С.16-24.
- [6] **Боргест Н.М.** Границы онтологии проектирования // Онтология проектирования. 2017. Т.7, №1(23). С.7-33. DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [7] *Мухина А.Г., Шеляго Н.Д.* Системная интеграция на примере управления многоуровневыми структурами в нефтегазовом производстве // ИТ-Стандарт. 2019. № 2(19). С.52-60.
- [8] Ахмедьянова Г.Ф., Пишухин А.М. Основы многоуровневого управления в организационно-технических системах: монография. Оренбург: изд-во ОГУ. 2020. 62 с.
- [9] ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения. М.: Стандартинформ. 2014. 8 с.
- [10] *Голенков В.В., Таберко В.В., Иванюк Д.С., Русецкий К.В., Шункевич Д.В., Давыденко И.Т., Захаров В.В., Ивашенко В.П., Корончик Д.Н.* Проектирование предприятий рецептурного производства на основе онтологий // Онтология проектирования. 2017. Т.7, №2(24). С.123-144. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-2-123-144.
- [11] **Боровков А.В.** Эффективность управления информацией, знаниями и интеллектуальным капиталом развивающейся производственной системы // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2017. №5. С.77-81.
- [12] *Hecklaua F., Galeitzkea M., Flachsa S., Kohlb H.* Holistic approach for human resource management in Industry 4.0 // Procedia CIRP. 2016. Vol.54. P.1–6. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308629 ?via%3Dihub.
- [13] *Егорова Т.А.* Пространственная планировка предприятия / В книге: Организационное проектирование. Санкт-Петербург, 2014. C62-169.
- [14] *Лазарева Е.И., Михайлова Т.Л.* Онтология проектирования качества продукции в приборостроении: праксеологический анализ применения технологии APQP. / В книге: Будущее технической науки. Сборник материалов XX Всероссийской молодежной научно-технической конференции, посвященной 800-летию Нижнего Новгорода. 2021. C.419-420.
- [15] *Березанский Д.П.*, *Чулков А.К.* Интеграция методов проектного управления и инструментов бережливого производства с системой менеджмента качества // Управление качеством. 2016. №2. С.22-26.
- [16] *Смирнов Ю.Н., Каляшина А.В., Зиганшин Э.Ш.* Интеграция автоматизированных систем управления как один из факторов повышения эффективности работы машиностроительного предприятия // Вестник МГТУ Станкин. 2021. №1(56). С.19-24.
- [17] Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Белов А.С., Скубьев А.В. Эффективность обеспечения живучести подси-

- стемы управления сложной организационно-технической системы // Телекоммуникации. 2020. №11. С.41-47.
- [18] *Нугуманова Л.Ф., Сафиуллин А.Р., Валитов Ш.М., Трутнева А.А.* Сравнительная эффективность мероприятий по развитию производственной системы // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2015. Т.71. №5. С.125-128.
- [19] *Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф.* Технологизация и автоматизация два аспекта совершенствования техники. Оренбург: ОГУ, 2019. 149 с.
- [20] *Пономарева О.С., Шестаев Д.В.* Интеграция методов управления промышленным предприятием // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2020. Т.11. №2. С.63-67.
- [21] *Pishchukhin A.M., Akhmedyanova G.F.* Algorithms for synthesizing management solutions based on OLAP-technologies // Journal of Physics: Conference Series. International Conference Information Technologies in Business and Industry Enterprise Information Systems. 2018. C.042001.
- [22] *Contrafatto M.* Stewardship theory: Approaches and perspectives // Advances in Public Interest Accounting. 2014. Vol.17. P.177-196. DOI: 10.1108/S1041-706020140000017007.
- [23] *Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф.* Ступенчатое адаптивное управление с эталонной моделью // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2017. Т.19, №1. С.157-161.
- [24] *Рыбалкина 3.М.* Модель развития управляемости организации // Вестник Казанского технологического университета. 2009. №1. С.122-125.

# Сведения об авторах



Ахмедьянова Гульнара Фазульяновна, 1962 г. рождения. Окончила Оренбургский политехнический институт (1984), к.п.н. (2015). Доцент кафедры управления и информатики в технических системах Оренбургского государственного университета. Научных трудов свыше 100. SPIN: 5731-9945; AuthorID: 674304; ORCID: 0000-0003-3284-7794; Sco-

pusID: 57202281622. ahmedyanova@bk.ru. ⊠.

**Пищухин** Александр Михайлович, 1955 г. рождения. Окончил Оренбургский политехнический институт (1977), д.т.н. (2001). Профессор кафедры управления и информатики в технических системах Оренбургского госу-

дарственного университета. Специалист в области автоматизации, системного анализа и управления. В списке научных трудов 300 работ. SPIN: 6308-2320; AuthorID: 409347; ResearcherID: P-9023-2015; ORCID: 0000-0003-4655-6824; ScopusID: 57193740929 pishchukhin55@mail.ru.

Поступила в редакцию 17.03.2022, после рецензирования 25.03.2022. Принята к публикации 29.03.2022.

# Ontological approach to designing scientific and production systems

© 2022, G.F. Akhmedyanova , A.M. Pishukhin

Orenburg State University, Orenburg, Russia

#### **Abstract**

Considering ontology as one of the aspects of systematization, the study is focused on the analysis of entities that accompany and arise in the designing process. All entities are displayed from various design procedures and operations, are combined by the design process and are links between design procedures and operations. Their ontology forms a certain skeleton, the main part of this process. The revealed order of combining entities is used in the designing scientific and production system for research purposes. The structure of the system is synthesized, including both research and experimental production components. The key parameter that determines the design and implementation of the designed system is revealed. Its usefulness is evaluated in three aspects: effectiveness, expediency and optimality. At the same time, the research and experimental production components are evaluated by fundamentally different indicators. The evaluation of scientific results is based on their significance, and when evaluating the functioning of the production component, economic indicators are used. A two-level scheme for managing the design process, aimed at maximizing the efficiency of the designed system is synthesized. At the second level, indicators of effectiveness, expediency and optimality of all projected components at each stage are monitored. If the values of any of these indicators deviate from the optimal ones, the second level directs one or more of the types of control actions to the first level: parametric, structural or organizational.

Key words: ontology, entities, innovation, layout, organizational and technical system, efficiency, multilevel management.

*Citation:* Akhmedyanova GF, Pishukhin AM. Ontological approach to designing scientific and production systems [In Russian]. Ontology of designing. 2022; 12(1): 57-67. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-57-67.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

# List of figures

- Figure 1 Structure of the designing entities relationship
- Figure 2 Conceptual diagram of the ontology of the designing process
- Figure 3 Structure of the scientific and production system
- Figure 4 Structure of the scientific and production system functioning results
- Figure 5 Scheme of two-level design management

#### References

- [1] *Borgest NM*. Ontology of designing of Super Smart Society: essence, concepts, problems [In Russian]. Problems of control and modeling in complex systems: Proceedings of the XXI International Conf. (September 3-6, 2019, Samara, Russia). Samara: Etching, 2019; V. 2; 9-14.
- [2] **Borgest NM.** Key terms of ontology of designing: review, analysis, generalizations [In Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 3(9): 97-31.
- [3] Bogdanova NV, Borgest NM, Vlasov SA, Glybotsky DS. Ontology of designing of a modern university profile museum [In Russian]. Ontology of designing. 2021; 11(3): 320-338. DOI:10.18287/2223-9537-2021-11-3-320-338.
- [4] Navrotsky MA, Zhukova NA, Muromtsev DI. Ontology of designing, application and maintenance of portals of scientific and technical information [In Russian]. Ontology of designing. 2018; 8(1): 96-109. DOI:10.18287/2223-9537-2018-8-1-96-109.
- [5] Smirnov SV. Ontological modeling in situational management [In Russian]. Ontology of designing. 2012; 2(4): 16-24.
- [6] *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.
- [7] *Mukhina AG, Shelyago ND*. System integration on the example of managing multilevel structures in oil and gas production [In Russian]. *IT Standard*. 2019; 2(19): 52-60.

- [8] *Akhmedyanova GF, Pishchukhin AM.* Fundamentals of multi-level management in organizational and technical systems: monograph [In Russian]. Orenburg: OSU publishing house. 2020; 162 p.
- [9] GOST 2.001-2013. Unified system of design documentation. General provisions [In Russian]. Moscow: Standartin-form. 2014. 8 p.
- [10] Golenkov VV, Taberko VV, Ivanyuk DS, Rusetskii KV, Shunkevich DV, Davydenko IT, Zakharov VV, Ivashenko VP, Koronchik DN. Designing enterprises of prescription production based on ontologies [In Russian]. Ontology of designing. 2017; 7(2): 123-144. DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-2-123-144.
- [11] *Borovkov AV*. Efficiency of management of information, knowledge and intellectual capital of a developing production system [In Russian]. Bulletin of the South Russian State Technical University (NPI). Series: Social and economic sciences. 2017; 5: 77-81.
- [12] *Hecklaua F, Galeitzkea M, Flachsa S, Kohlb H*. Holistic approach for human resource management in Industry 4.0 Procedia CIRP. 2016; 54: 1–6. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308629?via%3Dihub.
- [13] Spatial planning of the enterprise. In: Organizational Design [In Russian]. Textbook. St. Petersburg, 2014; 62-169.
- [14] *Lazareva EI, Mikhailova TL*. Ontology of product quality designing in instrument engineering: a praxeological analysis of the application of APQP technology [In Russian]. In the book: The future of technical science. Collection of materials of the XX All-Russian Youth Scientific and Technical Conference dedicated to the 800th anniversary of Nizhny Novgorod. 2021; 419-420.
- [15] *Berezansky DP, Chulkov AK*. Integration of project management methods and lean production tools with a quality management system [In Russian]. *Quality management*. 2016; 2: 22-26.
- [16] *Smirnov YuN, Kalyashina AV, Ziganshin ESh.* Integration of automated control systems as one of the factors for improving the efficiency of a machine-building enterprise [In Russian]. *Bulletin of MSTU Stankin*. 2021; 1(56): 19-24.
- [17] Anisimov VG, Anisimov EG, Belov AS, Skubiev AV. The effectiveness of ensuring the survivability of the control subsystem of a complex organizational and technical system [In Russian]. Telecommunications. 2020; 11: 41-47.
- [18] *Nugumanova LF, Safiullin AR, Valitov ShM, Trutnev AA*. Comparative efficiency of measures for the development of the production system [In Russian]. *Bulletin of the Kazan State Technical University*. *A.N. Tupolev*. 2015; 71(5): 125-128.
- [19] *Pishchukhin AM, Akhmedyanova GF*. Technologization and automation two aspects of perfection technics [In Russian]. Orenburg: OSU, 2019;149 p.
- [20] *Ponomareva OS, Shestaev DV*. Integration of industrial enterprise management methods [In Russian]. *Actual problems of modern science, technology and education*. 2020; 11(2): 63-67.
- [21] *Pishchukhin AM, Akhmedyanova GF*. Algorithms for synthesizing management solutions based on OLAP technologies // Journal of Physics: Conference Series. International Conference Information Technologies in Business and Industry Enterprise Information Systems. 2018; 042001.
- [22] *Contrafutto M.* Stewardship theory: Approaches and perspectives. Advances in Public Interest Accounting. 2014; 17: 177-196. DOI:10.1108/S1041-706020140000017007.
- [23] *Pishchukhin AM, Akhmedyanova GF.* Stepwise adaptive control with a reference model [In Russian]. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2017; 19(1): 157-161.
- [24] *Rybalkina ZM*. Development model of organization management [In Russian]. *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2009; 1: 122-125.

### About the authors

Gulnara Fazulyanovna Akhmedyanova (b. 1962). Graduated from the Orenburg Polytechnic Institute (1984), Ph.D. (2015). Associate Professor of the Department of Management and Informatics in Technical Systems of the Orenburg State University. SPIN: 5731-9945; AuthorID: 674304; ORCID: 0000-0003-3284-7794; ScopusID: 57202281622. ahmedyanova@bk.ru. ⋈.

Alexander Mikhailovich Pishukhin (b. 1955). Graduated from the Orenburg Polytechnic Institute (1977), Doctor of Technical Sciences. (2001). Professor of the Department of Control and Informatics in Technical Systems of the Orenburg State University. Specialist in the field of automation, systems analysis and management. There are 300 works in the list of scientific papers. SPIN: 6308-2320; AuthorID: 409347; ResearcherID: P-9023-2015; ORCID: 0000-0003-4655-6824; ScopusID: 57193740929. pishchukhin55@mail.ru.

Received March 17, 2022, Revised March 25, 2022. Accepted March 29, 2022.

УДК 004.82

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-68-81

# Онтология иерархического проектирования интеллектуальных систем

© 2022, К.И. Костенко 🖂, Б.Е. Левицкий

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

#### Аннотация

Представлена система понятий, используемых в технологии построения и практического применения формализованных моделей интеллектуальных систем. Основу технологии составляют понятия, отражающие общность теоретических и эмпирических представлений о структурных и функциональных характеристиках знаний, формируемых в разных областях, занимающихся исследованием процессов мышления и структур организации памяти. Образы понятий реализуются как формализованные описания базовых элементов интеллектуальных систем, разделенные на три отдельные группы: формализмы представления знаний, многомерные структуры знаний и памяти, а также кибернетические элементы управления знаниями и структурами памяти. Преобразования абстрактных понятий из общей математической модели интеллектуальной системы в описания сущностей прикладных моделей таких систем осуществляется с использованием операций гомоморфного расширения. Основу указанных операций составляют символьные преобразования, конкретизирующие содержание общих математических выражений. Применение унифицированного семейства базовых понятий интеллектуальных систем и форматов их описания обеспечивает гибкость процессов разработки моделей, получаемых из начальной абстрактной модели. Понятия формализованных моделей интеллектуальных систем составляют фрагмент онтологии управления проектированием таких систем, применяемый для моделирования процессов проектирования.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, представление знаний, архитектура интеллектуальных систем, онтология проектирования, агенты управления системой, диаграмма процессов конструирования.

**Цитирование:** Костенко К.И., Левицкий Б.Е. Онтология иерархического проектирования интеллектуальных систем // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №1(43). С.68-81. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-68-81.

**Финансирование:** Работа выполнена при поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края проект номер № 19-41-230008, а также РФФИ проект номер № 20-01-00289.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Введение

Интеллектуальные системы (ИС) составляют особый класс сложных систем. Основу моделирования ИС составляют понятия формализованного представления знаний и операции их обработки. Выбор и формализация понятий для базовых элементов ИС осуществляется на основе анализа и унификации понятий и процессов, применяемых в разных областях знаний, занимающихся изучением процессов мышления и структур организации памяти. Полнота системы таких понятий обеспечивает возможность построения модели ИС, достаточной для её применения в качестве электронного двойника субъекта, действующего в соответствующей области знаний. Совокупность понятий ИС можно разделить на понятия, относящиеся к представлениям о формализмах представления знаний, многомерных структурах знаний и памяти, кибернетических элементах управления знаниями и структурами памяти.

Формализмы представления знаний составляют основу целостной математической модели представлений знаний и операций их обработки, представленной в работе [1], использу-

ющей понятия абстрактной теории алгоритмов, теории множеств, математической логики, общей алгебры, общей топологии и теории категорий. Инварианты представлений о структурах знаний и памяти используют понятия и процессы, изучению которых посвящены работы в области лингвистики и когнитивной психологии (см., например, [2-5]). Инварианты кибернетического управления знаниями основаны на применении понятий инженерии систем и кибернетики (см. [6, 7]). Основные классы инвариантов ИС приведены на рисунке 1.

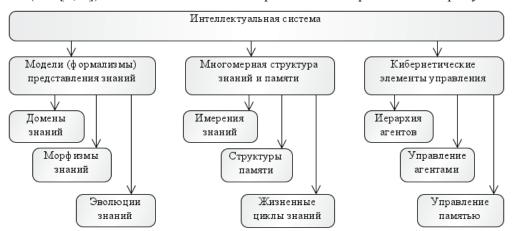


Рисунок 1 – Основные классы понятий модели ИС.

Понятия, относящиеся к семейству формализмов представления знаний, отражают опыт абстрактного и прикладного моделирования сущностей, определяющих форму и содержание знаний в разных предметных областях. Понятия представления знаний близкой структуры объединяются в класс доменов знаний, включающий области определения и области значений морфизмов и эволюций знаний. Класс понятий морфизмов знаний представляет собой математический аппарат для представления структур знаний и операций их обработки и сравнения. Класс понятий для эволюций знаний характеризует процессы обработки знаний (см. [1]).

Понятия семейства многомерных структур знаний и памяти определяют архитектуру ИС [1]. Класс понятий измерений знаний характеризует свойства представлений знаний, определяющие многомерную структуру знаний и компонентов ИС. Класс понятий для структур памяти определяет форматы организации памяти в ИС. Он связан с комбинациями доменов, резервирующими фрагменты памяти, в которых размещаются элементы реализаций морфизмов и эволюций знаний в архитектуре ИС. Понятия для класса жизненных циклов (ЖЦ) знаний характеризуют свойства процессов обработки знаний и потоков знаний, для моделирования которых применяются диаграммы процессов, определяющие структуру и элементы управления последовательностями морфизмов.

Понятия для семейства кибернетических элементов управления характеризуют общие представления о механизмах исполнения ЖЦ ИС. Основу реализации таких механизмов образуют агенты, относящиеся к классам агентов, управляющих реализацией целей ИС, и агентов, управляющих такими агентами [1]. Агенты второго типа моделируют действия, связанные с активацией новых агентов, контролем текущих состояний таких агентов (завершения работы, остановки до выполнения заданных условий, продолжения выполнения), а также удалением активированных агентов после реализации назначенных им целей. Такими целями являются трансформации знаний в памяти ИС, моделирующие потоки процессов обработки знаний в компонентах архитектуры ИС.

# 1 Инварианты технологии конструирования моделей ИС

Унификация процессов построения моделей ИС основана на применении однотипных схем конструирования описаний системы понятий, из которых составляются модели прототипов ИС. Множества реализаций отдельного понятия формируются с использованием класса преобразований гомоморфных расширений формализованных описаний. Начальные описания понятий моделей ИС определяют абстрактную математическую модель таких систем. Эти описания являются начальными данными операций гомоморфного расширения. Многообразия расширений определений составляют диаграммы реализаций понятий. Из элементов диаграмм реализаций понятий, конструируются целостные модели абстрактных и прикладных ИС разного уровня. Они получаются агрегированием и связыванием реализаций понятий в реализации агрегатов понятий в моделях ИС. Возможность совместного использования реализаций разных понятий модели ИС связана с унификацией их содержания.

# 1.1 Унифицированная структура процесса проектирования

Для управления процессами разработки модели ИС использована структура навигации по понятиям (инвариантам) модели. Она позволяет активировать процессы формирования классов реализаций отдельных инвариантов ИС. Для этого применяется унифицированная иерархическая диаграмма, вершинами которой являются этапы процессов разработки ИС. Один этап состоит в доступе к информационному или функциональному ресурсу среды проектирования ИС. Система видов этапов включает выбор: класса реализаций инварианта, операции, параметра операции или программы обработки выбранного элемента класса реализаций инварианта.

Шаблон системы этапов приведён на рисунке 2. Выбор реализаций инварианта представлен элементом «Диаграмма класса». Операции над выбираемыми реализациями инварианта задают элементы «Добавить элемент», «Открыть элемент» и «Удалить элемент». Элементами выбора параметров операций являются: «Новый», «Расширение», «Редактировать один», «Редактировать несколько»» и «Дополнительные параметры».



Рисунок 2 – Унифицированный фрагмент диаграммы процессов проектирования моделей ИС

Последняя группа элементов диаграммы связана с использованием специальных программ. Они реализуют выполнение определённых действий, уточняемых значениями параметров, над элементами, выбираемыми из диаграммы реализаций понятия. В приведённом примере применяются элементы, представляющие программные модули: «Редактор символьных описаний», «Редактор диаграмм» и «Удаление элемента диаграммы».

Рассмотренный фрагмент содержит описание семейства последовательностей этапов для процессов разработки определений (далее реализаций) понятий в конструируемых моделях ИС. Вершина «Диаграмма класса» образует корень рассматриваемого фрагмента. Этот фраг-

мент задаёт диаграмма процессов, относящихся к конструированию реализаций некоторого понятия ИС. Вершины серого цвета представляют варианты этапов процессов работы с диаграммой класса. Вершины белого цвета соответствуют программам обработки элементов, выбираемых из диаграммы класса.

Вершина «Открыть элемент» используется для доступа к элементам иерархии гомоморфных расширений понятия модели ИС, определяемого корнем фрагмента диаграммы процессов проектирования ИС. Вершина «Открыть элемент» этой диаграммы может соединяться с вершинами диаграмм классов. Такая ситуация соответствуют понятию для корня рассматриваемого фрагмента, реализации которого составляются как наборы реализаций классов для нескольких понятий. Каждая новая вершина «Диаграмма класса», добавляемая в последнем случае определяет корень диаграммы процессов конструирования иерархии реализаций понятия ИС, являющегося частью составного инварианта. Такая вершина является началом отдельного фрагмента диаграммы процессов конструирования моделей ИС. Этот фрагмент аналогичен фрагменту диаграммы процессов конструирования класса, составленного из нескольких классов. Схема указанного случая управления процессами проектирования моделей ИС приведена на рисунке 3.

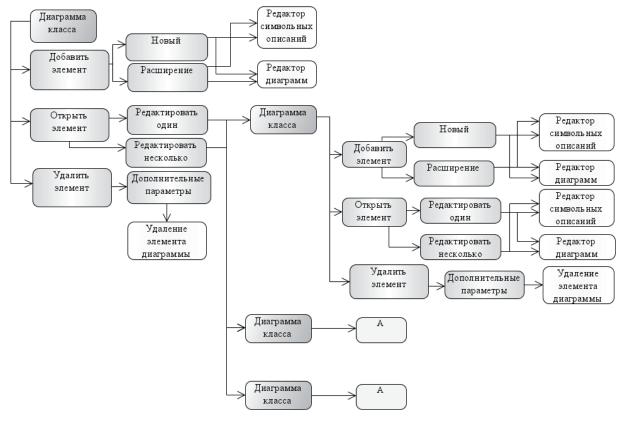


Рисунок 3 – Диаграмма процессов проектирования моделей ИС

Она включает корневой фрагмент, составленный элементами управления для фрагмента диаграммы этапов процессов проектирования ИС на рисунке 2. Однотипные с ним новые элементы фрагмента подключаются как продолжения диаграммы, присоединённые к вершинам параметров операции «Открыть элемент» («Редактировать один» и «Редактировать несколько»). Диаграмма процессов проектирования ИС на рисунке 3 включает три однотипных фрагмента, корни которых составляют добавленные вершины «Диаграмма класса». Эти вершины образуют корни диаграмм проектирования реализаций инвариантов, из которых составляются реализации понятия для диаграммы класса, являющегося корнем всей диаграм-

мы. Верхний добавляемый фрагмент приведён на рисунке полностью. Два других фрагмента изображены с использованием обозначения фрагмента диаграммы под именем «А».

Регулярная структура общей диаграммы процессов проектирования ИС изображена на рисунке 4.

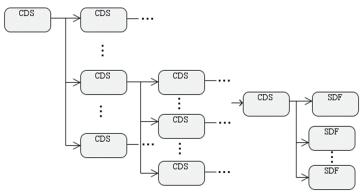


Рисунок 4 – Схема однородных фрагментов процессов проектирования моделей ИС

Последнюю диаграмму образуют блоки двух типов. Из них составляется иерархия переходов между блоками. Блоки, размеченные как SDF, соответствуют диаграмме, приведённой на рисунке 2. Эти блоки являются листьями диаграммы на рисунке 4. Блоки, размеченные как CDS, моделируют процессы обработки классов - наборов классов. Такие блоки являются частью SDF, получаемую удалением второй сверху пары элементов «Редактор символьных описаний» и «Редактор диаграмм». Вместо них после уточнения параметров команды «Открыть элемент» выполняется переход к блокам SDF или CDS. На рисунке 3 изображен один такой блок. Он соответствует фрагменту диаграммы, начинающемуся из элемента «Диаграмма класса» в левом верхнем углу рисунка. Этот фрагмент связан с тремя блоками SDF. Последние начинаются из внутренних элементов диаграммы на рисунке 3, обозначаемых как «Диаграмма класса». Структура четырёх блоков, составляющих диаграмму на рисунке 3, приведена в правой части рисунка 4.

## 1.2 Онтология проектирования ИС

Отмеченная ранее особенность рассматриваемой технологии построения моделей ИС, связана с использованием формализованных фундаментальных понятий таких систем. Фундаментальные понятия допускают конкретизацию, состоящую в построении многообразия реализаций понятий фундаментальной модели с помощью операций гомоморфного расширения их математических определений. Это позволяет сохранить в конкретных примерах реализаций понятий самые общие порождающие принципы и аспекты ИС, формализующие понятия для подходов к моделированию организации памяти и процессов обработки знаний.

Знания, представляющие описания понятий, относящихся к процессам конструирования моделей ИС, составляют онтологию проектирования таких систем. В общем виде элементарные знания этой онтологии соответствуют сущностям, задаваемым именами (символьными последовательностями) или формулами (принадлежащими специальным классам формализованных математических выражений). Для моделирования онтологий используются карты знаний (КЗ). КЗ составляют именованные классы элементарных знаний, связываемые заданными семантическими отношениями. Элементы таких отношений составляют семейство простых знаний онтологии. КЗ позволяет моделировать процессы конструирования (синтеза) реализаций целей (задач) из элементарных и простых знаний, используя элементы классов и отношений.

Пример такой КЗ, позволяющий моделировать процессы построения формализованных моделей ИС, приведён на рисунке 5. Он содержит описание морфологии ИС и схем формализации, адаптации и интеграции структурных элементов моделей разного уровня и разных типов.

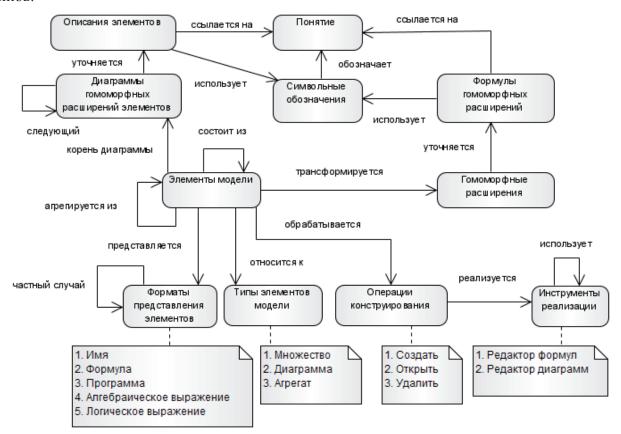


Рисунок 5 – Онтология проектирования моделей ИС

Приведённый пример КЗ оперирует сущностями, обозначающими понятия для моделей ИС и инструменты построения моделей. Модель составляют элементы модели, которые могут быть составлены из других элементов. Для интеграции применяется агрегирование наборов подходящих элементов в составные элементы. Схемы агрегирования определяют иерархическую структуру ИС. Если элемент составляется как комбинация нескольких элементов, то в иерархической структуре системы такая ситуация представляется элементом в некотором ярусе и связанным с ним набором элементов в следующем ярусе. Структурные свойства элементов модели определяются типами элементов и способами их формального представления, выбираемыми из соответствующих классов онтологии. Формальные описания элементов модели группируются в диаграммы гомоморфных расширений фундаментальных определений таких элементов. Уточнения описаний элементов диаграмм реализуются с использованием формализованных выражений, размещаемых в классе «Описания элементов». Структуры диаграмм, составленных гомоморфными расширениями определений абстрактных понятий, на КЗ представляются отношением «следующий». Формальные описания гомоморфных расширений разных типов задают схемы преобразования формализованных математических выражений (шаблоны). Множество наименований таких преобразований составляет класс «Гомоморфные расширения». Примерами специальных видов расширений являются структуризация элементов используемых множеств и сужение множеств с помощью дополнительных требований к их элементам. Шаблоны гомоморфных расширений и формулы определения элементов диаграмм гомоморфных расширений элементов моделей ИС используют символьные обозначения элементов моделей ИС и их параметров. Последние применяются для моделирования применения шаблонов к формализованным математическим выражениям при изменении таких выражений с помощью гомоморфных расширений.

Сложность интерпретации символьных обозначений в формулах связана с допустимостью множественности смыслов одного и того же обозначения. Для КЗ, приведённой на рисунке 5, отмеченная многозначность частично преодолевается использованием дополнительного отношения «ссылается на». Это отношение дополняет связи формул с понятиями, представленными с помощью символьных обозначений. Из разных интерпретаций символьных обозначений в формулах для каждой формулы используется то, которое связано с формулой с использованием отношения «ссылается на». В таком случае треугольники «Понятия», «Символьные обозначения» и «Описания элементов» («Формулы гомоморфных расширений»), являются коммутативными. Это позволяет распознавать содержание символьных обозначений в математических формулах. Схема распознавания работает, если для каждого символьного обозначения в формуле имеет место единственность выбора понятия, на которое ссылается рассматриваемая формула. Данное условие обычно выполняется в целостных областях знаний. Проверка выполнимости последнего условия выполняется алгоритмически. Она может использоваться для автоматизации управления процессами составления формализованных описаний с помощью редакторов символьных описаний.

Операции конструирования имён или формализованных выражений, составляющих описания элементов моделей, реализуют специальные программы, завершающие процессы конструирования описаний инвариантов ИС. Операции обработки элементов диаграмм гомоморфных расширений инвариантов моделей ИС, определяют список команд, выбираемых из класса «Операции конструирования».

# 2 Схемы конструирования моделей ИС

### 2.1 Диаграммы процессов разработки инвариантов формализмов знаний

Формализмы знаний применяются в ИС для моделирования форматов представления и алгоритмов обработки знаний. Система понятий для формализмов знаний задаёт абстрактную математическую теорию таких формализмов. Гомоморфные расширения понятий формализмов знаний, состоят в детализации и конкретизации общих определений и предполагают возможность обратных гомоморфных преобразований.

Практически важный случай моделирования формализмов основывается на применении множеств элементарных и простых знаний в конструируемых формализмах. Знание является элементарным, если оно не может быть представлено как композиция других знаний. Знание называется простым, если оно не является элементарным и представляется в виде композиции трёх элементарных знаний. Совокупность элементарных и простых знаний образует часть формализма знаний. Такие знания ассоциируются с онтологиями содержания областей знаний. Отдельные классы, элементы классов и отношения между классами в онтологиях являются элементарными знаниями соответствующих формализмов. Простыми знаниями моделируются элементы отношений между классами онтологии. Многообразие других (сложных) знаний в формализме реализуется в форме знаний, синтезируемых их элементарных и простых знаний. Процессы синтеза используют схемы из комбинаций операции композиции фрагментов знаний. Последние позволяют формировать типовые структуры знаний из элементов онтологии. Определяемые онтологиями фрагменты изменяются вместе с развитием содержания области знаний. В моделях прикладных ИС они соответствуют базам знаний,

составленных элементарными и простыми знаниями, реализованным в форматах формализмов знаний и онтологий. Например, в формате КЗ (см. рисунок 5).

На рисунке 6 показана диаграмма управления процессами проектирования понятий формализмов знаний. В качестве специальных программ конструирования описаний понятий на диаграммах процессов проектирования моделей ИС использованы редакторы формул и диаграмм. Остальные блоки диаграммы на рисунке 6 определяют этапы выбора элементов управления процессами проектирования.

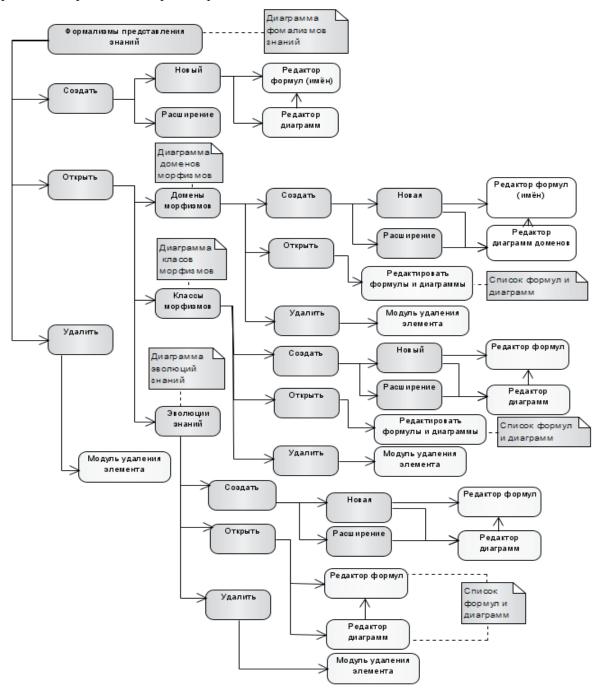


Рисунок 6 – Диаграмма управления процессами проектирования понятий формализмов знаний

Специальный элемент диаграммы «Редактор формул и диаграмм» обозначает пару программных модулей, реализующих выполнение команды «Открыть». Её составляют програм-

мы «Редактор формул» и «Редактор диаграмм». Применение объединений программ в блоки упрощает представления диаграмм для случаев, когда некоторые такие фрагменты применяются многократно.

# 2.2 Диаграммы процессов проектирования элементов архитектуры ИС

Моделирование формализованных описаний элементов архитектуры ИС также состоит в построении определений абстрактных понятий, развиваемых в множества своих реализаций. Основные инварианты, относящиеся к структурам ИС, связаны с концепциями многомерной сотовой архитектуры компонентов ИС, потока знаний между компонентами, процесса обработки знаний в компоненте, а также структуры памяти компонента.

На рисунке 7 изображена диаграмма этапов процессов проектирования элементов архитектуры моделей ИС. Процесс проектирования начинается с общих абстрактных определений. Диаграммы расширений таких определений допускают конструирование с помощью шаблонов изменения символьных выражений, используемых как параметры операций.

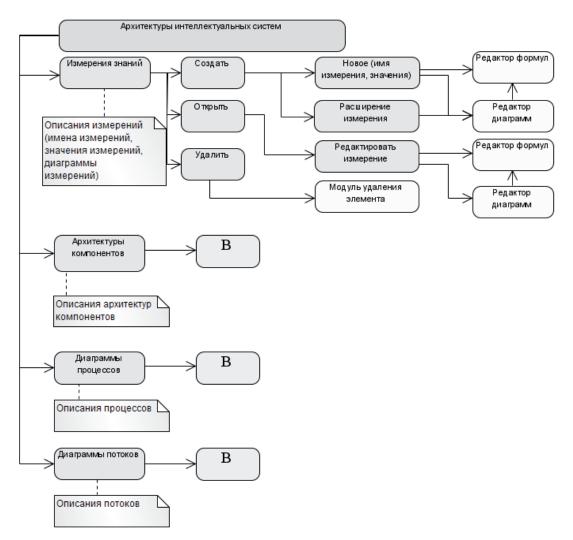


Рисунок 7 – Диаграмма этапов процессов проектирования элементов архитектуры моделей ИС

Диаграмма на рисунке 7 синтезирована из содержания приведённого на рисунке 5 примера онтологии проектирования моделей ИС. Из элементов этой онтологии, относящихся к понятиям архитектуры ИС, разворачивается иерархическая структура этапов процессов кон-

струирования реализаций расширений отдельных понятий, применяемых при последующем построении целостных моделей ИС. К таким понятиям относятся измерения знаний, архитектура компонентов ИС, потоки знаний и процессы обработки знаний в компонентах. Элементы диаграммы, размеченные символом «В» представляют фрагменты диаграммы. Эти фрагменты совпадают с фрагментом, соединённым с элементом процесса «Измерения знаний».

# 2.3 Диаграммы процессов разработки инвариантов агентов ИС

Агенты ИС образуют основу моделирования кибернетических аспектов таких систем. Они представляют универсальные механизмы исполнения ЖЦ ИС. Формальные описания агентов зависят от инвариантов формализмов представления знаний и архитектур ИС. Поэтому конструирование реализаций инвариантов ИС эффективно выполняется после развёртывания реализаций понятий моделей таких систем.

Диаграмма процессов построения описаний элементов агентов управления функционированием ИС, приведена на рисунке 8.

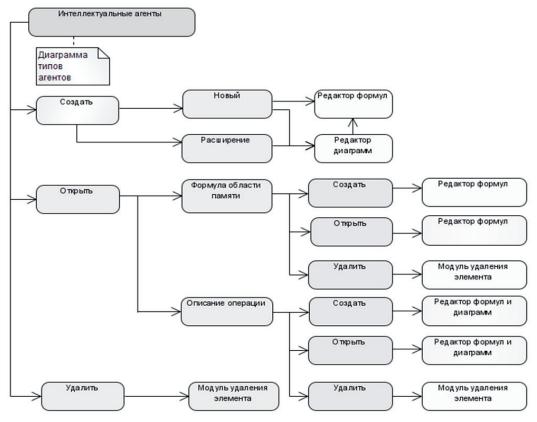


Рисунок 8 – Диаграмма процессов построения описаний элементов агентов

Агентами обеспечивается выполнение ограниченного многообразия действий, состоящих в обработке описаний реализаций заданного семейства понятий для функционирования ИС на основе общих определений понятий таких моделей. Агенты не связаны явно с областью знаний, к которой относится ИС. Они реализуют фиксированное разнообразие функциональных возможностей управления знаниями, составляющими содержание предметной области, на основе унифицированных форматов представления знаний. Основой диаграммы на рисунке 8 является структура, извлекаемая из онтологии понятий области проектирования моделей ИС. Корень диаграммы соответствует понятию «интеллектуальный агент» класса

«Элементы модели». Команда «Создать» инициирует процесс расширения многообразия реализаций понятия агентов, добавляемых в диаграмму реализаций этого понятия в качестве новых агентов, или расширения (детализации) существующей иерархии реализаций агентов. Обработка отдельных описаний реализаций понятия агента ИС выполняется с помощью команды «Открыть». Элементами модели ИС, относящимися к реализациям инварианта агента системы, являются инварианты области памяти (формулы памяти) агентов и отображений, соответствующих схемам функционирования агентов. Для этого возможно применение общего формата представления детерминированных автоматов с помощью канонических уравнений, оперирующих формулами описаний соответствующих отображений. Последние допускают построение с использованием обширного набора специальных форматов: от функциональных алгебраических выражений до диаграмм операций и схем алгоритмов.

### 2.4 Процесс синтеза модели ИС

Содержание этапов процесса реализации конкретной ИС из реализаций инвариантов таких моделей показано на рисунке 9.

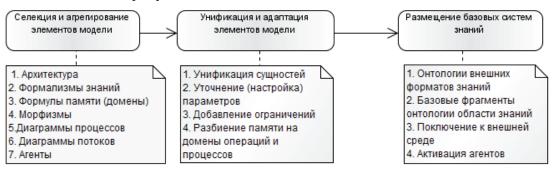


Рисунок 9 – Содержание этапов процессов реализации конкретной ИС

Конструирование унифицированных моделей прототипов ИС выполняется в несколько общих этапов. К ним относятся определение базовых понятий (элементов) моделей, интеграция отбираемых элементов в единую и целостную систему, а также начальная загрузка содержания области знаний (деятельности), размещаемая в структурах памяти отдельных компонентов архитектуры проектируемой модели ИС. На первом этапе выполняется выбор подходящего семейства реализаций понятий моделей, интегрируемых в единую структуру целостной модели ИС. Процесс инициируется выбором структуры ИС, составленной подходящей системой компонентов применяемой системы измерений знаний, а также формализмов знаний, выбранных для моделирования операций и процессов в компонентах. Такая структура дополняется описаниями формул организации памяти, определяющими разнообразия видов процессов, последовательно и параллельно реализуемых в соответствующих компонентах. Затем проводится выбор фрагментов иерархий классов гомоморфных расширений морфизмов и эволюций знаний, определяемый уровнем абстрактности создаваемой модели.

Описания потоков и процессов обработки знаний, начинающихся и выполняемых в отдельных компонентах, размещаются в специальных областях структур памяти этих компонентов [1]. В памяти ИС также размещаются общие базы знаний, используемые морфизмами размещения, классификации, декомпозиции и структуризации потоков знаний, поступающих из внешней среды, в форматах, принятых в области знаний ИС. Заключительная фаза первого этапа состоит в выборе семейств агентов управления моделью ИС. В памяти всякого компонента ИС размещается фрагмент диаграммы реализаций агентов разных типов, элементы которого управляют потоками и процессами обработки знаний, начинающимися из этого компонента, на основе их формализованных определений.

На завершающем этапе процесса проектирования модели выполняется трансформация согласования реализаций интегрируемых понятий модели ИС, учитывающая особенности предполагаемого использования этой модели. Для согласования используемых реализаций отдельных понятий ИС, включаемых в конструируемую модель, применяется операция унификации. Особенностью последнего этапа является использование универсальных инструментов трансформации знаний из внешних форматов в формализованное содержание области знаний. Формирование содержания баз простых и элементарных знаний компонентов архитектуры модели ИС начинается с переноса знаний из ресурсов, отражающих содержание моделируемой области знаний (деятельности).

#### Заключение

Использование многообразий унифицированных типов сущностей, составляющих целостные модели ИС, позволяет представлять процессы конструирования таких моделей с помощью операций создания и адаптации формальных описаний многообразия универсальных понятий моделей ИС к особенностям областей знаний. Онтология проектирования ИС аккумулирует профессиональные знания, позволяющие автоматизировать отдельные этапы процессов разработки моделей. Рассмотренная модель предполагает использование универсальных программ создания и редактирования формализованных математических выражений, настраиваемых на форматы представления описаний понятий для моделей ИС.

#### Список источников

- [1] *Костенко К.И.* Инварианты ядра фундаментальной модели интеллектуальной системы // Программная инженерия, 2021, Т.12, № 3. С.157-168.
- [2] **Stanovich K.E.** Rationality and the reactive mind. Oxford Univ. Press, 2011. 344 p.
- [3] *Burgin M.* Theory of Knowledge: Structures and Processes. World Scientific Series in Information Studies, 2017. Vol.5, 964 p.
- [4] *Bloom B.S., Engelhart M.D., Furst E.J., Hill W.H., Krathwohl D.R.* Taxonomy of educational objectives: The classification Taxonomy of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain. NY: David McKay. 1956. 207 p.
- [5] Doignon J.-P., Falmagne J.-Cl. Knowledge Spaces. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, & NY. 1999. 584 p.
- [6] *Richards M.* Software Architecture Patterns Publisher(s). O'Reilly Media, Inc., 2015. 54 p.
- [7] *Mesarovic M., Takahara Y.* General Systems Theory: Mathematical Foundations (Mathematics in Science and Engineering). Elsevier. 1975. 268 p.

#### Сведения об авторах



**Костенко Константин Иванович**, 1957 г. рождения. Окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова в 1980, канд. физ.-мат.наук. (1985). Доцент кафедры математического моделирования Кубанского государственного универ-

математического моделирования кубанского государственного университета (КубГУ). ORCID ID 0000-0002-9851-2455. AuthorID (RSCI): 18020.kostenko@kubsu.ru. ⊠.

**Левицкий Борис Ефимович**, 1948 г. рождения. Окончил Томский государственный университет в 1970, канд. физ.-мат. наук (1980), доцент,

директор Регионального центра компьютерной связи КубГУ. ORCID ID 0000-0003-2582-624X. bel@kubsu.ru.



Поступила в редакцию 23.12.2021, после рецензирования 30.03.2022. Принята к публикации 31.03.2022.

# Ontology of hierarchical design of intelligent systems

© 2022, K.I. Kostenko , B.E. Levitskii

Kuban State University, Krasnodar, Russia

#### **Abstract**

A system of concepts used in the technology of designing and application of intelligent systems formalized models is presented. The technology is based on concepts that reflect the commonality of theoretical and empirical ideas about the structural and functional characteristics of knowledge formed in different areas involved in the study of thought processes and memory organization structures. Concept images are implemented as formalized descriptions of the basic elements of intelligent systems, divided into three separate groups: knowledge representation formalisms, multidimensional knowledge and memory structures, and cybernetic elements of knowledge and memory structures control. The transformation of abstract concepts from the general mathematical model of an intelligent system into descriptions of the entities of applied models of such systems is carried out using homomorphic extension operations. These operations are based on symbolic transformations that specify the content of general mathematical expressions. The application of unified classes of basic concepts of intelligent systems elements and their description formats provides flexibility in the development of models developed out the initial abstract model. The concepts of formalized models of intelligent systems constitute a fragment of the ontology of design management of such systems, used to model design processes.

**Key words:** intelligent system, knowledge representation, intelligent systems architecture, ontology of designing, agent based system, diagrams of designing processes.

Citation: KostenkoKI, Levitskii BE. Ontology of hierarchical design of intelligent systems [In Russian]. Ontology of designing. 2022; 12(1): 68-81. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-68-81.

*Financial Support:* This work was funded by RFBR and administration of Krasnodar territory grant project number 19-41-230008 and by RFBR grant project number № 20-01-00289.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

### **List of figures**

- Figure 1 Basic classes of concepts for a IS model
- Figure 2 Unified diagram fragment of the IS models designing process
- Figure 3 Diagram of IS models designing processes
- Figure 4 The diagram homogenous fragments of IS designing processes
- Figure 5 Ontology of IS models designing
- Figure 6 Diagram of managing the designing processes of the knowledge formalism concepts
- Figure 7 Diagram of the designing process of the IS models architecture elements
- Figure 8 Diagram of the processes of constructing agent elements descriptions
- Figure 9 Stages of IS models deployment

#### References

- [1] Kostenko KI. Core invariants of the intelligent system's mathematical model [In Russian]. Programmnaja Ingenerija, 2021; 12(3): 157-168.
- [2] Stanovich KE. Rationality and the reactive mind. Oxford Univ. Press, 2011. 344 p.
- [3] **Burgin M.** Theory of Knowledge: Structures and Processes. World Scientific Series in Information Studies, 2017. Vol. 5, 964 p.
- [4] *Bloom BS, Engelhart MD, Furst EJ, Hill WH, Krathwohl DR.* Taxonomy of educational objectives: The classification Taxonomy of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain. New York: David McKay. 1956. 207 p.
- [5] **Doignon J-P, Falmagne J-Cl.** Knowledge Spaces. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York. 1999. 584 p.
- [6] Richards M. Software Architecture Patterns Publisher(s). O'Reilly Media, Inc., 2015. 54 p.
- [7] *Mesarovic M, Takahara Y.* General Systems Theory: Mathematical Foundations (Mathematics in Science and Engineering). Elsevier. 1975. 268 p.

#### About the authors

Konstantin Ivanovich Kostenko (b. 1957) graduated from Moscow State University (Moscow) in 1980, PhD (1985). He is an assistant professor at Kuban State University (Department of Computer technologies and applied mathematics) Scopus Author ID: 57220219474, ORCID ID 0000-0002-9851-2455. Author ID (RSCI): 18020. kostenko@kubsu.ru.

**Boris Efimovich Levitskii** (b. 1948) graduated from Tomsk State University (Tomsk) in 1975, PhD (1980). He is an assistant professor, Director of the Regional Center for Computer Communications of the SBEI HE «KubSU» ORCID ID 0000-0003-2582-624X, http://www.mathnet.ru/rus/person20053.

Received December 23, 2021. Revised March 30, 2022. Accepted March 31, 2022.

# инжиниринг онтологий

УДК 004.82

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-82-92

# Алгоритм психолингвистического анализа текстовых данных социальных сетей с применением модели «Большая пятёрка»

© 2022, Н.Г. Ярушкина, В.С. Мошкин 🖂, И.А. Андреев

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

#### Аннотация

Представлен подход к определению психологических характеристик пользователя социальных сетей посредством анализа текстовых сообщений в социальных сетях. Предложенный в работе подход заключается в классификации авторских текстов пользователя с использованием машинного обучения. В качестве обучающих данных используются результаты анализа опросов пользователей в соответствии с моделью «Большая пятёрка», а также набор авторских текстовых данных со страниц социальных сетей. Опросник содержит парные высказывания, опрашиваемый определяет степень собственного согласия с тем или иным высказыванием по шкале от 0 до 4. К текстовым ресурсам, используемым в качестве входных данных для классификатора, были применены методы обработки текстов на естественном языке (NLP), а также задействована лингвистическая онтология RuWordNet, с целью нивелирования ряда особенностей текстов социальных сетей, например, наличие грамматических ошибок и эмотиконов, затрудняющих процесс семантического анализа. В качестве классификаторов использовались две модели: метод опорных векторов и метод случайного леса. Для оценки эффективности использовалась метрика площади под кривой ошибок (AUC ROC). В экспериментах использовались открытые текстовые данные более 1000 пользователей социальной сети.

**Ключевые слова:** модель «Большая пятёрка», машинное обучение, социальные сети, психолингвистический анализ.

**Цитирование:** Ярушкина Н.Г., Мошкин В.С., Андреев И.А. Алгоритм психолингвистического анализа текстовых данных социальных сетей с применением модели «Большая пятёрка». *Онтология проектирования*. 2022. Т.12, №1(43). С. 82-92. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-82-92.

**Финансирование:** Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках проекта №075-00233-20-05 от 03.11.2020 «Исследование интеллектуального предиктивного мульти-модального анализа больших данных и извлечения знаний из различных источников».

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Введение

Работа с социальными сетями может принести пользу при реализации функции системы управления персоналом компании, так как зачастую из социальных сетей о профессиональных и личностных качествах кандидата на конкретную должность можно узнать больше, чем из его резюме. В настоящее время сбор и/или содержательный анализ собранной в социальных сетях информации проводится вручную специалистами кадровых служб, что требует больших затрат времени и ограничивает объём обрабатываемой информации.

В работе [1] отмечается важность сбора информации о пользователях социальных сетей с целью предиктивного анализа и выявления психических расстройств, в дальнейшем выражающихся в самоповреждающем поведении, а также нарушении эмоциональной саморегуляции. Анализ социальной структуры интернет-аудитории в зависимости от поведения поль-

зователей в интернет-пространстве рассматривается в исследовании [2]. В работе [3] пользователи социальных сетей объединяются в аутентичную субкультуру, при этом личностные черты каждого пользователя определяются путём анализа открытых структурированных (анкета) и неструктурированных (сообщения, статусы) данных страницы. Личностные черты могут выступать в качестве предикторов и коррелянтов различных психических отклонений, поэтому их определение может использоваться как часть диагностики личностных и психических расстройств [4, 5].

В психологии «Большая пятёрка» — это пятифакторная модель личности, разработанная таким образом, чтобы из набора входящих в неё черт можно было составить структурированный портрет личности. Эта модель включает пять основных факторов, каждый из которых, в свою очередь, объединяет группу черт. Измерение показателей модели «Большая пятёрка» осуществляется при помощи теста с соответствующим названием — пятифакторный опросник личности. Пятифакторная модель позволяет описать личность структурированно, охватив её разные стороны. «Большая пятёрка» включает следующие основные факторы:

- нейротизм;
- экстраверсия;
- открытость опыту;
- согласие, или сотрудничество;
- сознательность, или добросовестность.

Доработанный вариант теста *5PFQ* представлен японским психологом *Heijiro Tsuji* [6]. На русский язык этот опросник переведён А.Б. Хромовым [7].

Некоторые исследователи считают, что модель личностных черт «Большая пятёрка» можно интегрировать в современные психиатрические модели [5, 8-10].

Анализ больших данных и поведения пользователей социальных сетей открывает новые возможности для исследования личностных черт, такие как построение и проверка предсказательных моделей о личностных чертах и поведении людей в норме и патологии, в том числе и с использованием русскоязычных данных [11]. По качеству сбор данных различных форматов сопоставим с данными, собранными в режиме реального времени. Такая процедура сбора данных позволяет значительно увеличить размеры выборки [12].

В данной работе предлагается алгоритм психолингвистического анализа данных социальных сетей с применением методов обработки текстов на естественном языке и машинного обучения при использовании модели оценки психологических особенностей человека «Большая пятёрка».

# 1 Обзор предшествующих работ по исследованию личностных характеристик пользователей социальных сетей

Возможность определения личностных характеристик пользователя на основе слабоструктурированной информации рассматривалась в различных работах.

В статье [13] исследование личностей авторов различных блогов проводилось с помощью психологического опроса. Было показано, что использование некоторых слов может быть связано с личностными характеристиками автора. В [14] утверждается, что используемые слова и структура текста могут отражать те или иные черты личности автора блога.

В исследовании [15] авторы опросили более 70 пользователей, имеющих страницы в социальных сетях, и провели анализ текстовых заметок этих пользователей. При помощи метода опорных векторов (support vector machine, SVM) и выделения N-грамм из текстов была показана возможность определения личностных характеристик.

В статье [16] по результатам анализа текстов пользователей социальной сети *Twitter* показано, что можно оценить личность автора по его текстовым заметкам, а также с помощью дополнительной информации, такой как количество слов в сообщении, количество подписчиков страницы и т.д.

В работе [17] приведены результаты анализа пользователей социальной сети. Ста пользователям было предложено пройти опрос на основе пятифакторной модели личности. С помощью соответствующего *API* была получена информация со страниц этих пользователей. На основе методов интеллектуального анализа данных были определены личностные характеристики пользователей.

В работах [18-21] показана возможность применения методов интеллектуального анализа данных при работе с изображениями с целью получения личностных характеристик пользователя

Большинство работ в этой области проводится на основе англоязычной текстовой информации, а в работах [22, 23] выполнен анализ текстов из социальных сетей русскоязычных сообществ.

# 2 Алгоритм психолингвистического анализа данных социальных сетей

Психолингвистический анализ относится к задаче бинарной классификации по пяти факторам. Основой предлагаемого подхода является решение задачи классификации текстов пользователей социальных сетей с целью определения психолингвистических характеристик автора. Общая схема классификации включает несколько последовательных этапов (рисунок 1).



Рисунок 12 Общая схема классификации

Этапы построения и обучения классификатора, обеспечивающего психолингвистический анализ данных социальных сетей с использованием машинного обучения и модели «Большая пятёрка», представлены на рисунке 2.

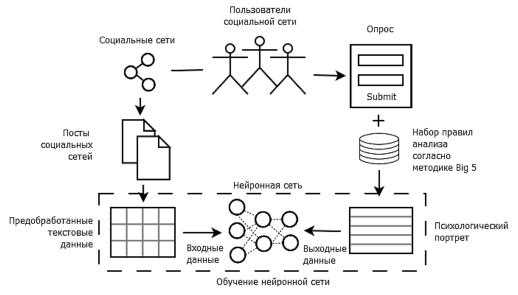


Рисунок 2 – Этапы построения и обучения классификатора

В качестве входных данных используются тексты из «постов» страниц пользователей в социальных сетях. Используются только тексты, написанные пользователем социальной сети, копии текстов других страниц («репосты») не учитываются. Тексты содержат личные мнения, рассуждения и мысли авторов. Основные источники текстов на страницах:

- сообщения («посты»);
- текстовые статусы;
- комментарии к собственным и иным сообщениям.

Размеры текстов варьируются от одного-двух предложений до нескольких десятков предложений.

Для сбора выходных данных обучающей выборки пользователям социальных сетей, тексты которых анализируются, предлагается пройти тест 5PFQ [7]. В данном тесте 75 вопросов, и он определяет выраженность 30 черт личности (5 основных факторов и 25 первичных). Опросник содержит парные высказывания, опрашиваемый определяет степень собственного согласия с тем или иным высказыванием по шкале от 0 до 4.

Пример вопроса: «Всё новое вызывает у меня интерес» - «Часто новое вызывает у меня раздражение». Все вопросы определены разработчиками опросника согласно модели «Большая пятёрка» [6, 7].

По результатам проведённого теста для каждого пользователя определяются значения психологических характеристик для пяти факторов.

Пример выходных значений для фактора эмоциональности приведён в таблице 1. Выходные значения для всех пяти факторов эмоциональности также определены разработчиками опросника согласно модели «Большая пятёрка» [6, 7].

Таблица 1 – Выходные значения фактора эмоциональности.

Повышенная эмоциональность:	Эмоциональная сдержанность:
Люди чувствуют себя беспомощными, неспособным	Низкие значения по этому фактору свойственны ли-
справиться с жизненными трудностями. Их поведе-	цам самодостаточным, уверенным в своих силах,
ние во многом обусловлено ситуацией. Они с трево-	эмоционально зрелым, смело смотрящим в лицо фак-
гой ожидают неприятностей, в случае неудачи легко	там, спокойным, постоянным в своих планах и при-
впадают в отчаяние и депрессию. Такие люди хуже	вязанностях, не поддающимся случайным колебани-
работают в стрессовых ситуациях, в которых испы-	ям настроения. На жизнь такие люди смотрят серьез-
тывают психологическое напряжение. У них, как	но и реалистично, хорошо осознают требования дей-
правило, занижена самооценка, они обидчивы и в	ствительности, не скрывают от себя собственных
неудачах, в первую очередь, обвиняют себя.	недостатков, не расстраиваются из-за пустяков, чув-
	ствуют себя хорошо приспособленными к жизни.

Полученные значения психологических характеристик пользователей составляют выходные значения для нейронной сети и соответствуют следующей модели:

$$Out = \{N, E, O, A, C\},$$
 (1)

*где: N* – Нейротизм;

E – Экстраверсия;

O — Открытость опыту;

A — Согласие, или сотрудничество;

C — Сознательность, или добросовестность.

Так как, согласно модели «Большая пятёрка», по каждому фактору эмоциональности опрашиваемые разбиваются на два класса, то |N|=|E|=|O|=|A|=|C|=2.

Для определения психологических особенностей пользователя на вход обученному классификатору подаются текстовые данные со страницы пользователя социальной сети, а на выходе получаются пять психологических характеристик по одной для каждого из пяти факторов.

Тексты социальных сетей имеют ряд особенностей, затрудняющих процесс их семантического анализа. Это наличие грамматических ошибок, эмотиконов (иконка с эмоцией, от англ. *emoticon, emotionicon*) и др.

Предобработка постов пользователей социальной сети включает следующие этапы.

- 1) графематический анализ текста (разбиение текста на простые предложения; обычно используется не больше трёх предложений);
- 2) исправление орфографических ошибок (в данной работе использовалась онтология RuWordNet [24]);
- 3) удаление стоп-слов.
- 4) лемматизация слов и словосочетаний (в данной работе использовалась система *mystem* [25]).

В качестве метода индексации использовался метод N-грамм, для выбора признаков – метод TF-IDF [26].

В качестве классификаторов использовались два метода.

*Метод опорных векторов* - это метод линейной классификации. Модель SVM подробнее описана в работе [27].

Главными преимуществами метода опорных векторов являются:

- высокое качество;
- возможность работы с небольшим набором данных для обучения;
- сводимость к задаче выпуклой оптимизации, имеющей единственное решение.

*Метод случайного леса* (*RF*, от англ. *Random Forest*) относится к методам логической классификации. В работе использовалась модель классификатора, описанная в [28]. Основные преимущества метода: простая программная реализация, понятность и интерпретируемость получаемых результатов.

# 3 Результаты экспериментов

В задачах бинарной классификации для оценки качества часто применяют метрику площади под кривой ошибок ( $AUC\ ROC$ ,  $Area\ Under\ ROC\ Curve$ ,  $Receiver\ Operating\ Characteristic$ ) [29]. Кривая ошибок показывает зависимости FPR (от англ.  $False\ Positive\ Rate$ ) и TPR (от англ.  $True\ Positive\ Rate$ ). FPR— это процент точек (объектов) 1-ого класса, которые неверно классифицированы алгоритмом, TPR— это процент точек (объектов) 2-ого класса, которые верно классифицированы алгоритмом. В этих координатах (FPR, TPR) строится ROC-кривая. Площадь под кривой ошибок является характеристикой качества классификации, не зависящей от соотношения цен ошибок. Чем больше площадь, тем лучше классификация.

В рамках проведения экспериментов оценивалась эффективность алгоритмов классификации текстов с целью определения психолингвистических характеристик пользователя социальной сети. Оцениваемые алгоритмы были основаны на двух моделях классификаторов (SVM и RF), а также включали разделение классифицируемых объектов на обучающую и тестовую выборки в различных соотношениях.

Эксперименты проводились на выборке из участников психологического опроса по модели «Большая пятёрка», содержащей загруженные данные профилей участников. Общая схема проведения экспериментов представлена на рисунке 3.

Разработана программная система, которая включает следующие компоненты (и их назначение):

• онтология RuWordNet (для исправления грамматических ошибок в анализируемых текстах);

- библиотека *nltk.corpus.stopwords* (для удаления стоп-слов);
- система *mystem* (для лемматизации текстов);
- библиотека scikit-learn. CountVectorizer (для индексации текстов с использованием алгоритма N-грамм);
- библиотека scikit-learn. TfidfTransformer (для определения TF-IDF меры);
- библиотека *scikit-learn.GridSearchCV* (для выбора параметров алгоритма классификации);
- библиотека *sklearn.metrics* (для получения метрик точности, полноты и правильности). Для экспериментов использовались открытые текстовые данные со страниц 1126 пользователей социальной сети.

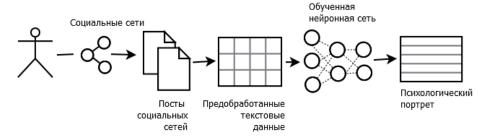


Рисунок 3 – Схема проведения экспериментов

Результаты классификации оценивались по метрике *AUC ROC*. Для оценки было произведено пять итераций алгоритма со случайным сбалансированным распределением элементов по классам в обучающей и тестовой выборках. На каждой итерации оптимальные параметры алгоритма классификации подбирались методом перебора.

Было проведено три множества экспериментов с разбивкой множества классифицируемых объектов на обучающую и тестовую выборки в соотношениях: 70/30, 60/40 и 50/50. Результаты экспериментов представлены на рисунке 4.

Как видно из рисунка, наименьшую эффективность предложенный подход показал при определении объектов классов «Согласие» и «Отврытость опыту». Это связано с большим дисбалансом по классам для данных характеристик в исходной выборке. Методом SVM получены несколько лучшие результаты для классов «Сознательность» и «Нейротизм». В исследованиях [8-12] были получены схожие результаты.

#### Заключение

Предложен подход к определению психологических характеристик пользователя социальных сетей посредством анализа текстовых сообщений в социальных сетях с использованием машинного обучения. Новизна подхода заключается в использовании в качестве обучающих и тестовых данных для классификатора результатов прохождения пятифакторного опросника личности, полученных на основе предобработанных текстовых данных со страниц социальных сетей пользователя.

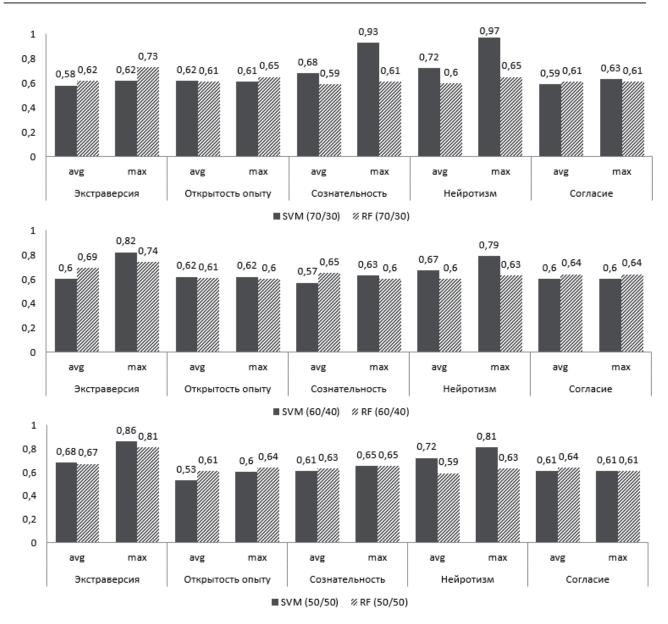


Рисунок 4 – Результаты экспериментов

#### Список источников

- [1] **Польская Н.А., Якубовская Д.К.** Влияние социальных сетей на самоповреждающее поведение у подростков. *Консультативная психология и психотерания*. 2019. Т. 27. № 3. С.156-174. DOI:10.17759/cpp.20192703010.
- [2] Наумов В.В. Анализ социальной структуры интернет-аудитории. Вестник Челябинского государственного университета. 2012, Т.35(289). С.148-153.
- [3] Хайтун С.Д. Количественный анализ социальных явлений. Изд. 3-е, КомКнига. М.: 2010. 280 с.
- [4] *Widiger T.A.*, Mullins-Sweatt S.N. Clinical utility of a dimensional model of personality disorder. *Professional Psychology: Research and Practice*, 2010; 41(6): 488-494.
- [5] Widiger T.A., Costa P.T., McCrae R.R. A proposal for Axis II: Diagnosing personality disorders using the five-factor model. In P.T. Costa, Jr. & T.A. Widiger (Eds.), Personality disorders and the five-factor model of personality. 2002. P.431-456. Washington, DC, US: American Psychological Association. DOI:10.1037/10423-025.
- [6] *Fujishima Y., Yamada N., Tsuji H.* Construction of Short form of Five Factor Personality Questionnaire. *The Japanese Journal of Personality*, 2004, Volume 13, Issue 2, P.231-241.

- [7] Хромов А.Б. Пятифакторный опросник личности. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та. 2000. 23 с.
- [8] Wiggins J.S., Pincus A.L. Conceptions of personality disorders and dimensions of personality. Psychological Assessment: A Journal of Consulting and Clinical Psychology, 1989; 1(4), 305-316. DOI:10.1037/1040-3590.1.4.305.
- [9] *Piedmont R.L., Sherman M.F., Sherman N.C., Dy-Liacco G.S., Williams J.E.* Using the five-factor model to identify a new personality disorder domain: the case for experiential permeability. Journal of Personal Social Psychology, 2009. Vol. 96, P.1245-1258.
- [10] *Ozer D.J., Benet-Martinez V.* Personality and the prediction of consequential outcomes. *Annual Review of Psychology*, 2006; Vol. 57, P.401-421.
- [11] **Ледовая Я.А., Боголюбова О.Н., Тихонов Р.В.** Стресс, благополучие и темная триада. *Психологические исследования*. 2015. Т. 8. № 43. С. 5.
- [12] *Ледовая Я.А., Тихонов Р.В., Боголюбова О.Н.* Социальные сети как новая среда для междисциплинарных исследований поведения человека. *Вестник Санкт-Петербургского университета*. *Психология и педагогика*. 2017. Т. 7. № 3. С. 193-210.
- [13] *Yarkoni T.* Personality in 100,000 words: A large-scale analysis of personality and word use among bloggers. *Journal of research in personality*. 2010. vol. 44. N 3. P.363-373.
- [14] *Iacobelli F.* Large scale personality classification of bloggers. International conference on affective computing and intelligent interaction. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. P.568-577.
- [15] *Oberlander J., Nowson S.* Whose thumb is it anyway? Classifying author personality from weblog text. Proceedings of the COLING/ACL 2006 Main Conference Poster Sessions. 2006. P.627-634.
- [16] *Golbeck J.* Predicting personality from twitter. 2011 IEEE third international conference on privacy, security, risk and trust and 2011 IEEE third international conference on social computing. IEEE, 2011. P.149-156.
- [17] *Souri A., Hosseinpour S., Rahmani A.M.* Personality classification based on profiles of social networks' users and the five-factor model of personality. Human-centric Computing and Information Sciences. 2018. v.8. N.1. P.24.
- [18] *Cristani M.* Unveiling the multimedia unconscious: Implicit cognitive processes and multimedia content analysis. Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia. 2013. P.213-222.
- [19] **Segalin C.** The pictures we like are our image: continuous mapping of favorite pictures into self-assessed and attributed personality traits. IEEE Transactions on Affective Computing. 2016. vol.8. N.2. P.268-285.
- [20] *Segalin C., Cheng D.S., Cristani M.* Social profiling through image understanding: Personality inference using convolutional neural networks. Computer Vision and Image Understanding. 2017. vol.156. P.34-50.
- [21] *Steele Jr F.* Is your profile picture worth 1000 words? Photo characteristics associated with personality impression agreement. Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media. 2009.
- [22] Yarushkina N., Filippov A., Moshkin V., Namestnikov A., Guskov G. The social portrait building of a social network user based on semi-structured data analysis. CEUR Workshop Proceedings/ 14th International Conference on Interactive Systems: Problems of Human-Computer Interaction, 2019. Vol.2475, 2019, P.119-129.
- [23] *Filippov A., Moshkin V., Guskov G., Romanov A.* Intelligent Instrumentation for Opinion Mining in Social Media. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Fuzzy Technologies in the Industry FTI 2018". Ulyanovsk, Russia, 23-25 October, 2018. P.50-55.
- [24] *Loukachevitch N., Lashevich G.* Multiword expressions in Russian Thesauri RuThes and RuWordNet. Proceedings of the AINL FRUCT 2016, 2016. P.66-71.
- [25] *Droganova K.* Building a dependency parsing model for Russian with maltparser and Mystem tagset. International Workshop on Treebanks and Linguistic Theories (TLT14). 2015. P.268.
- [26] *Ramos J. et al.* Using tf-idf to determine word relevance in document queries. Proceedings of the first instructional conference on machine learning. 2003. vol.242. P.133-142.
- [27] *Cauwenberghs G., Poggio T.* Incremental and decremental support vector machine learning. Advances in neural information processing systems. 2001. pp.409-415.
- [28] Breiman L. Random Forests. Machine Learning: journal. 2001. Vol.45, no.1. P.5-32.
- [29] Narkhede S. Understanding AUC-ROC Curve. Towards Data Science. 2018. vol. 26.

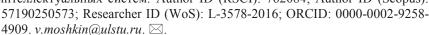
# Сведения об авторах



**Ярушкина Надежда Глебовна** (1962 г. рождения). Доктор технических наук, профессор, ректор Ульяновского государственного технического университета (УлГТУ). Член Российской и Европейской ассоциаций искусственного интеллекта. Область научных интересов мягкие вычисления, нечёткая логика, гибридные системы. Опубликовано более 390 научных работ. Author ID (RSCI): 10358; Author ID (Scopus): 6602353202; Researcher ID (WoS): B-4438-2014; ORCID: 0000-0002-5718-8732.jng@ulstu.ru.

**Мошкин Вадим Сергеевич** (1990 г. рождения). Окончил УлГТУ в 2012 г., к.т.н. (2017 г.), доцент кафедры «Информационные системы» УлГТУ. Ди-

ректор Департамента цифровой трансформации УлГТУ. Член Российской и Европейской ассоциаций искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 150 статей в области интеллектуальной обработки знаний, автоматизации проектирования, а также построения прикладных интеллектуальных систем. Author ID (RSCI): 762084; Author ID (Scopus):







Андреев Илья Алексеевич (1994 г. рождения). Окончил УлГТУ в 2017 г., аспирант кафедры «Информационные системы» УлГТУ. Заведующий лабораторией автоматизации образовательного процесса УлГТУ. Имеет более 40 статей в области автоматизации проектирования, онтологического инжиниринга и технической лингвистики. Author ID (RSCI): 842148; Author ID (Scopus): 57190248754; ORCID: 0000-0002-6217-9566.ares-ilya@yandex.ru.

Поступила в редакцию 14.01.2022, после рецензирования 28.03.2022. Принята к публикации 30.03.2022.

# Algorithm for psycholinguistic analysis of social networks texts using the Big Five Personality Traits

© 2022, N.G. Yarushkina, V.S. Moshkin , I.A. Andreev

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

#### **Abstract**

The paper presents an approach to determining the psychological characteristics of a user of social networks through the analysis of text messages in social networks. The proposed approach includes the user's texts classification using machine learning. The results of the analysis of user surveys in accordance with the Big Five model, as well as a set of author's text data from social network pages, are used as training data. The questionnaire contains paired statements, and the respondent determines the degree of their own agreement with one or another statement on a scale from 0 to 4. Natural language text processing (NLP) methods were applied to the text resources used as input data for the classifier, as well as the RuWordNet linguistic ontology, in order to level out a number of features of social network texts, for example, the presence of grammatical errors and emoticons that complicate the process. semantic analysis. Two models were used as classifiers: the support vector machine and the random forest method. The area under the error curve (AUC ROC) metric was used to evaluate performance. The experiments used open text data of more than 1000 users of social networks.

Key words: Big Five Model, machine learning, social network, Psycholinguistic Analysis.

*Citation:* Yarushkina NG, Moshkin VS, Andreev IA. Algorithm for psycholinguistic analysis of social networks texts using the Big Five Personality Traits [In Russian]. *Ontology of designing*. 2022; 12(1): 82-92. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-82-92.

*Financial Support:* This work was supported Ministry of Education and Science of Russia in framework of project № 075-00233-20-05 from 03.11.2020 «Research of intelligent predictive multimodal analysis of big data, and the extraction of knowledge from different sources».

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

# List of figures and tables

Figure 1 – General classification scheme

Figure 2 – Stages of building and training a classifier

Figure 3 – Scheme of experiments

Figure 4 – Experiment results

Table 1 – Factor output values

#### References

- [1] *Polskaya NA*, *Yakubovskaya DK*. The influence of social networks on self-harming behaviour on adolescents. Consultative psychology and psychotherapy. 2019; 27(3): 156-174. DOI:10.17759/cpp.20192703010.
- [2] *Naumov VV*. Analysis of the social structure of the Internet audience [In Russian]. Bulletin of the Chelyabinsk State University, 2012; 35(289): 148-153.
- [3] Khaitun, S.D. Quantitative analysis of social phenomena [In Russian]. Ed. 3rd, ComBook. Moscow: 2010. 280 p.
- [4] *Widiger, T.A.*, Mullins-Sweatt S.N. Clinical utility of a dimensional model of personality disorder / Professional Psychology: Research and Practice, 2010; 41(6): 488-494.
- [5] Widiger TA, Costa PT, McCrae RR. A proposal for Axis II: Diagnosing personality disorders using the five-factor model. In P.T. Costa, Jr. & T.A. Widiger (Eds.), Personality disorders and the five-factor model of personality (pp.431-456). Washington, DC, US: 2002, American Psychological Association. DOI:10.1037/10423-025.
- [6] *Fujishima Y, Yamada N, Tsuji H.* Construction of Short form of Five Factor Personality Questionnaire, The Japanese Journal of Personality, 2004; 13(2): 231-241.
- [7] *Khromov AB.* Five-factor personality questionnaire [In Russian]. Kurgan: Publishing House of the Kurgan State. university. 2000. 23 p.
- [8] Wiggins JS, Pincus AL. Conceptions of personality disorders and dimensions of personality. Psychological Assessment: A Journal of Consulting and Clinical Psychology, 1989; 1(4): 305-316. DOI:10.1037/1040-3590.1.4.305.
- [9] *Piedmont RL, Sherman MF, Sherman NC, Dy-Liacco GS, Williams JE.* Using the five-factor model to identify a new personality disorder domain: the case for experiential permeability. Journal of Personal Social Psychology, 2009; 96: 1245-1258.
- [10] *Ozer DJ, Benet-Martinez V.* Personality and the prediction of consequential outcomes. Annual Review of Psychology, 2006; 57: 401-421.
- [11] *Ledovaya YaA., Bogolyubova ON., Tikhonov RV.* Stress, well-being and the dark triad. *Psychological research*. 2015; 8(43): 5.
- [12] *Ledovaya YA*, *Tikhonov RV*, *Bogolyubova ON*. Social networks as a new environment for interdisciplinary studies of human behavior. Vestnik of Saint Petersburg University. Psychology, 2017; 7(3): 193–210. DOI:10.21638/11701/spbu16.2017.301.
- [13] *Yarkoni T.* Personality in 100,000 words: A large-scale analysis of personality and word use among bloggers. Journal of research in personality. 2010; 44(3): 363-373.
- [14] *Iacobelli F.* Large scale personality classification of bloggers. International conference on affective computing and intelligent interaction. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. P.568-577.
- [15] *Oberlander J, Nowson S.* Whose thumb is it anyway? Classifying author personality from weblog text. Proceedings of the COLING/ACL 2006 Main Conference Poster Sessions. 2006. P.627-634.
- [16] *Golbeck J.* Predicting personality from twitter. 2011 IEEE third international conference on privacy, security, risk and trust and 2011 IEEE third international conference on social computing. IEEE, 2011. P.149-156.
- [17] *Souri A, Hosseinpour S, Rahmani AM.* Personality classification based on profiles of social networks' users and the five-factor model of personality. Human-centric Computing and Information Sciences. 2018; 8(1): 24.
- [18] *Cristani M.* Unveiling the multimedia unconscious: Implicit cognitive processes and multimedia content analysis. Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia. 2013. P.213-222.
- [19] **Segalin C.** The pictures we like are our image: continuous mapping of favorite pictures into self-assessed and attributed personality traits. IEEE Transactions on Affective Computing. 2016; 8(2): 268-285.

- [20] *Segalin C, Cheng DS, Cristani M.* Social profiling through image understanding: Personality inference using convolutional neural networks. Computer Vision and Image Understanding. 2017; 156: 34-50.
- [21] Steele JrF et al. Is your profile picture worth 1000 words? Photo characteristics associated with personality impression agreement. Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media. 2009.
- [22] Yarushkina N, Filippov A, Moshkin V, Namestnikov A, Guskov G. The social portrait building of a social network user based on semi-structured data analysis. CEUR Workshop Proceedings. 14th International Conference on Interactive Systems: Problems of Human-Computer Interaction, IS 2019. 2019; 2475: 119-129.
- [23] *Filippov A, Moshkin V, Guskov G, Romanov A.* Intelligent Instrumentation for Opinion Mining in Social Media. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Fuzzy Technologies in the Industry FTI 2018". Ulyanovsk, Russia, 23-25 October, 2018. P.50-55.
- [24] *Loukachevitch N, Lashevich G.* Multiword expressions in Russian Thesauri RuThes and RuWordNet. Proceedings of the AINL FRUCT 2016, 2016. P.66-71.
- [25] *Droganova K.* Building a dependency parsing model for Russian with maltparser and Mystem tagset. International Workshop on Treebanks and Linguistic Theories (TLT14). 2015. P.268.
- [26] *Ramos J. et al.* Using tf-idf to determine word relevance in document queries. Proceedings of the first instructional conference on machine learning. 2003; 242: 133-142.
- [27] *Cauwenberghs G, Poggio T.* Incremental and decremental support vector machine learning. Advances in neural information processing systems. 2001. P.409-415.
- [28] Breiman L. Random Forests. Machine Learning: journal. 2001; 45(1): 5-32.
- [29] Narkhede S. Understanding AUC-ROC Curve. Towards Data Science. 2018. vol. 26.

#### About the authors

Nadezhda Glebovna Yarushkina (b. 1962) Doctor of Technical Sciences, Professor, the Rector of Ulyanovsk State Technical University, a Member of the Russian and European Association of Artificial Intelligence. Her research interests include soft computing, fuzzy logic, and hybrid systems. Published over 390 scientific papers. Author ID (RSCI): 10358; Author ID (Scopus): 6602353202; Researcher ID (WoS): B-4438-2014; ORCID: 0000-0002-5718-8732. jng@ulstu.ru.

*Vadim Sergeevich Moshkin* (b. 1990) graduated from Ulyanovsk State Technical University (UISTU) in 2012, got the Ph. D. in 2017, associate professor of the Information Systems department at UISTU. Director of Digital Transformation Department at UISTU. Member of the Russian and European Association of Artificial Intelligence. He is a coauthor of more than 150 publications in the field of data mining, design automation and construction of applied intelligent systems. Author ID (RSCI): 762084; Author ID (Scopus): 57190250573; Researcher ID (WoS): L-3578-2016; ORCID: 0000-0002-9258-4909. *v.moshkin@ulstu.ru*. ⋈.

*Ilya Alekseevich Andreev* (b. 1994) graduated from Ulyanovsk State Technical University (UISTU) in 2017, a graduate student of the Information Systems department of UISTU. Head of the laboratory of educational process automation UISTU. He is a co-author of more than 40 articles in the field of design automation, ontological engineering and technical linguistics. Author ID (RSCI): 842148; Author ID (Scopus): 57190248754; ORCID: 0000-0002-6217-9566. *aresitya@yandex.ru*.

Provinced Language 14, 2022, Provinced Manuel, 29, 2022, Accorded Manuel, 20, 2022

Received January 14, 2022. Revised March 28, 2022. Accepted March 30, 2022.

# МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

УДК 005+510.8

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-93-105

# **Необходимость и достаточность при агрегировании** на основе неубывающих функций

© 2022, Л.В. Аршинский <sup>1</sup>, В.Л. Аршинский <sup>2</sup>

#### Аннотация

В работе вводится понятие агрегирования показателей как отображение множества их значений в единственное числовое значение (агрегат) с помощью ограниченной, неубывающей и отличной от константы функции U(X). Введены понятия агрегирования по необходимости и достаточности и показано, что иных вариантов подобного агрегирования не существует. Исследованы свойства агрегирования по необходимости и достаточности. Введены понятия ценности и полезности подмножества показателей, как мер его необходимости и достаточности. Ценность связана с величиной снижения значения агрегата при минимизации показателей, входящих в соответствующее подмножество, полезность — со значением агрегата, когда эти показатели, и только они, принимают максимальное значение. Показано, что свойства агрегируемых систем, для каждого компонента которой существует агрегат, определяются, в том числе, законами агрегирования. Например, что каждая агрегируемая система имеет ядро — подмножество компонентов, функциональность которых определяет функциональность системы в целом.

**Ключевые слова:** системный анализ, системология, агрегирование, свёртка, необходимость, достаточность.

**Цитирование:** Аршинский Л.В., Аршинский В.Л. Необходимость и достаточность при агрегировании на основе неубывающих функций // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №1(43). С. 93-105. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-93-105.

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Введение

Моделирование — один из основных способов изучения систем, явлений, процессов, познание которых через непосредственное наблюдение затруднено. Замена изучаемых объектов и их отношений соответствующими моделями позволяет делать выводы о них без прямого взаимодействия с объектами. Существуют разные виды и определения моделей [1-4], но все они утверждают, что модель — это отражение свойств и отношений предметной области (ПрО) внешними по отношению к ней средствами.

Широкое распространение получило математическое моделирование, описывающее ПрО языком математики и связанное с ним численное моделирование [5]. Используются информационные и имитационные модели. В употребление вошли знаниевые модели [6, 7], описывающие ПрО с помощью баз знаний.

В системном анализе распространённым методом является агрегатное моделирование. Задача агрегирования — оценить, насколько система или её часть отвечает своей цели, насколько она функциональна, эффективна, пригодна для решения поставленных задач; дать

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

обобщённый показатель функционирования системы. Агрегатная модель может служить дополнением к другим моделям.

Под агрегированием часто понимают суммирование информации [8].

Агрегатные модели имеют вид свёрток, в которых разнообразные показатели сводятся к одной величине — агрегату, характеризующему систему как целое. Сложившийся подход к использованию свёрток в основном опирается на понятия среднего арифметического и среднего геометрического в разных вариантах (см. [9, 10]). Так, среднее арифметическое взвешенное используется в известном методе анализа иерархий [11]. Некоторые авторы обобщают подобные свёртки до понятия аддитивных и мультипликативных свёрток [12]. В качестве обобщения также вводятся понятия симметричных и несимметричных свёрток [13]. В *OLAP*-анализе используется суммирование, взвешенное суммирование, первый (последний) ненулевой элементы и т.д. [14, 15]. Известны свёртки на основе треугольных норм и ко-норм, на основе интеграла Шоке и др. (см. [16-18]). Общий взгляд на агрегирование представлен в [19] применительно к распределённым вычислительным системам.

Агрегирование определяется целями и может выполняться по-разному. Здесь рассматривается агрегирование посредством неубывающих функций, которые обеспечивают неубывание агрегата с ростом соответствующих показателей.

Особенностью агрегатных моделей является их простота. В первую очередь это относится к агрегированию по среднему арифметическому и среднему геометрическому. Агрегирование рассматривается часто как промежуточный шаг, потребный для тех или иных выводов, например — ранжирования объектов. В то же время правильный подбор модели может оказаться важным с точки зрения верной оценки системы по её эффективности, функциональности, качеству. С помощью соответствующим образом подобранных моделей можно отражать не только вклад частей системы в общий результат, но и влияние частей друг на друга, приближая агрегатные модели к классическим математическим [20, 21].

Задача данной работы – анализ законов агрегирования при моделировании сложных систем.

# 1 Агрегирование по необходимости и достаточности

Пусть имеется множество неотрицательных числовых показателей  $X=\{x_1, ..., x_i, ..., x_n\}$ . Агрегированием множества X называется отображение X в единственное число A так, что A не убывает с ростом любого из показателей. Неубывающая, ограниченная и отличная от константы функция U(X) (здесь и далее - это сокращённая запись для  $U(x_1, ..., x_i, ..., x_n)$ ), возможно зависящая от параметров и отображающая X в A, называется законом агрегирования, а A – агрегатом X.

**Определение 1.1**. Агрегирование по закону U(X) называется *агрегированием по необхо- димости*, если существует такое подмножество показателей  $X_0 \subset X$ , что  $\forall x(x \in X_0 \& x \rightarrow \inf(x)) \Rightarrow A \rightarrow \inf(A)$ .

То есть, если все показатели из этого подмножества стремятся к своей нижней грани  $^1$ , агрегат тоже стремится к нижней грани независимо от значений остальных показателей. Здесь x и A – множества значений, соответствующих x и A. Если нижняя грань достижима, получаем:  $\forall x (x \in X_0 \& x = \min(x)) \Rightarrow A = \min(A)$ . Аналогичное справедливо и для верхней грани.

Подмножество  $X_0$  называется *необходимым*.

<sup>1</sup> Здесь нижняя и далее верхняя грани – соответственно наименьшее и наибольшее значение показателя или агрегата.

Множество X является необходимым по умолчанию. В связи с этим, если не оговорено особо, под необходимыми подмножествами понимается собственные подмножества множества X, когда  $X_0 \subset X$ , тогда как X является тривиальным необходимым подмножеством.

**Определение 1.2**. Агрегирование по закону U(X) называется агрегированием по достаточности, если существует такое подмножество показателей  $X_1 \subset X$ , что  $\forall x(x \in X_1 \& x \rightarrow \sup(x)) \Rightarrow |A - \inf(A)| > \Delta$ , где  $\Delta$  – некоторое фиксированное число.

Для простоты вместо  $|A-\inf(A)| > \Delta$  далее используется запись  $A > \inf(A)$ .

То есть, если все показатели, входящие в  $X_1$ , стремятся к своей верхней грани, агрегат превышает свою нижнюю грань на некоторую фиксированную величину  $\Delta$  независимо от значений остальных показателей.

Подмножество  $X_1$  называется достаточным.

Аналогично предыдущему, множество X - *тривиальное достаточное*, поэтому, если не оговорено особо, под достаточным подмножеством также понимаются *собственные подмножества* множества X, когда  $X_1 \subset X$ .

**Утверждение** 1.1. Если закон агрегирования U(X) – (строго) монотонно возрастающая функция, соответствующее агрегирование есть агрегирование по достаточности.

Справедливость утверждения вытекает из того, что для (строго) монотонно возрастающей функции рост любого из характеризующих чисел приводит к росту A.

**Определение 1.3**. Агрегирование по закону U(X) называется *смешанным*, если существуют хотя бы одно необходимое и одно достаточное подмножества.

Нетривиальным является случай, когда подмножества собственные, т.к. если принимать во внимание X, смешанным является любое агрегирование.

**Утверждение 1.2**. Агрегирование по закону U(X) может быть смешанным в том и только в том случае, если каждое необходимое подмножество пересекается со всеми достаточными, а каждое достаточное — со всеми необходимыми.

Действительно, если существуют хотя бы одно необходимое и одно достаточное подмножества, не имеющие пересечения, то устремляя все элементы первого к нижним граням, а элементы второго к верхним, получаем противоречие  $A \rightarrow \inf(A) \& A > \inf(A)$ . Если же пересечение имеется, условия определений 1.1 и 1.2 совместно не выполнимы.

Если это условие не выполняется, агрегирования по необходимости и достаточности – взаимоисключающие: либо одно, либо другое.

Следует подчеркнуть, что в случае  $X_0=X_1=X$ , условия  $\forall x(x\in X_0 \& x \rightarrow \inf(x)) \Rightarrow A \rightarrow \inf(A)$  и  $\forall x(x\in X_1 \& x \rightarrow \sup(x)) \Rightarrow A \rightarrow \sup(A) > \inf(A)$  соблюдаются всегда, поэтому в качестве  $X_0$  и  $X_1$ , если не оговорено особо, обсуждаются только собственные подмножества.

**Утверждение 1.3**. Если некоторое подмножество X - необходимое/достаточное по закону U(X), то всякое подмножество X такое, что  $X \subset X$  - необходимое/достаточное также.

Действительно, если все показатели подмножества X стремятся к своим нижним граням, то к нижним граням стремятся и показатели подмножества X. А это означает, что к нижней грани стремится A. То есть, X - также необходимое подмножество.

Аналогично для достаточности. Если все показатели подмножества X` стремятся к верхним граням, то к верхним граням стремятся и показатели подмножества X`. А это означает, что агрегат превышает свою нижнюю грань на конечную величину. То есть, X` - также достаточное подмножество.

*Определение 1.4*. Необходимое/достаточное подмножество показателей называется *минимальным*, если любое его собственное подмножество таковым не является.

Например, если нижние грани показателей  $x_1, ..., x_4$  равны нулю (это же условие для всех последующих примеров), агрегирование по закону

$$U = (x_1 + x_2) \cdot (x_3 + x_4)$$

есть агрегирование по необходимости с минимальными необходимыми подмножествами  $\{x_1,x_2\}$  и  $\{x_3,x_4\}$  и агрегирование по достаточности - с минимальными достаточными подмножествами  $\{x_1,x_2,x_3\}$ ,  $\{x_1,x_2,x_4\}$ ,  $\{x_1,x_3,x_4\}$ ,  $\{x_2,x_3,x_4\}$  (в этом и последующем примерах функции не обязательно используются в агрегировании, они только иллюстративны).

При тех же условиях агрегирование по закону

$$U = x_1 \cdot x_2 + x_3 \cdot x_4$$

есть агрегирование по достаточности с минимальными достаточными подмножествами  $\{x_1,x_2\}$  и  $\{x_3,x_4\}$ . Одновременно оно – агрегирование по необходимости с минимальными подмножествами  $\{x_1,x_2,x_3\}$ ,  $\{x_1,x_2,x_4\}$ ,  $\{x_1,x_3,x_4\}$ ,  $\{x_2,x_3,x_4\}$ .

Оба примера иллюстрируют также смешанное агрегирование.

Примером смешанного агрегирования является пороговая функция активации нейрона:

$$U = egin{cases} A_{\min} \text{ , если} \sum_{i=1}^n p_i x_i \leq T; \ A_{\max} \text{ , если} \sum_{i=1}^n p_i x_i > T. \end{cases}$$

Если при максимальных  $x_i$  существует такая (минимальная по числу слагаемых) подсум-

ма, что  $\sum_{j=1}^{k < n} p_{i_j} x_{i_j} > T$ , то соответствующие показатели образуют достаточное подмножество

(таких подмножеств может быть более одного). При этом, сокращая длину подсуммы на единицу, из показателей, не входящих в неё, при том же законе агрегирования можно получить необходимое подмножество (и их также может быть более одного).

**Утверждение 1.4**. Всякое агрегирование есть агрегирование по необходимости или агрегирование по достаточности.

Пусть агрегирование не является агрегированием по необходимости. Это значит, что не существует такого подмножества  $X_0 \subset X$ , что если все показатели из  $X_0$  стремятся к своим нижним граням, агрегат также стремится к нижней грани. Если выбрать некоторое подмножество  $X_1 \subset X$  и устремить значения всех показателей из этого множества к их верхним граням, то в этом случае агрегат  $A > \inf(A)$ , т.к. иначе подмножество  $X \setminus X_1$  является необходимым, что противоречит условию.

Аналогично, можно предположить, что агрегирование не является агрегированием по достаточности. Это означает, что не существует такого подмножества  $X_1 \subset X$ , что если все показатели из  $X_1$  стремятся к своим верхним граням, агрегат отличается на конечную величину от нижней грани. Если выбрать некоторое подмножество  $X_0 \subset X$ , и устремить значения всех показателей из  $X_0$  к их нижним граням, то в этом случае агрегат также устремляется к нижней грани, т.к. в противном случае подмножество  $X \setminus X_0$  является достаточным, что противоречит условию.

Таким образом, если агрегирование не является агрегированием по необходимости оно является агрегированием по достаточности и наоборот.

Из произвольности выбора подмножеств  $X_0$  и  $X_1$  следует, что они могут быть в том числе и одноэлементными. Отсюда вытекают два следствия.

*Следствие 1.4.1*. Если закон агрегирования U(X) не является агрегированием по достаточности, всякий показатель из X является необходимым.

Действительно, в силу утверждения 1.4, если функция U(X) не является законом агрегирования по достаточности (в том числе смешанным агрегированием), она является законом

агрегирования по необходимости. Если взять любой показатель, считая его подмножеством  $X_0$ , и устремить его значение к нижней грани, то, т.к. U(X) не является агрегированием по достаточности, агрегат A также стремится к нижней грани, а значит этот показатель — необходимый. Поскольку он выбран произвольно, следствие верно.

*Следствие 1.4.2*. Если закон агрегирования U(X) не является агрегированием по необходимости, всякий показатель из X является достаточным.

Справедливость второго следствия доказывается аналогично.

**Определение 1.5**. Агрегирование по необходимости/достаточности называется *поэлементным*, если каждый показатель из множества X образует необходимое/достаточное подмножество.

Примерами таких агрегирований являются законы:

$$U = \sqrt[n]{x_1 \cdot \dots \cdot x_n}$$

- агрегирование по необходимости, если нижние грани показателей  $x_i$  равны нулю, и агрегирование по достаточности, если все нижние грани отличны от нуля;

$$U = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i ;$$

– агрегирование по достаточности.

Поэлементным агрегированием по достаточности является свёртка Гермейера [22], использованная, в частности, в работах С.А Пиявского по многокритериальному оцениванию альтернатив (см. напр. [23, 24]).

*Следствие 1.4.3*. Агрегирование только по необходимости или только по достаточности может быть исключительно поэлементным. Во всех остальных случаях - оно смешанное.

Это становится более понятным, если принять во внимание следующие два утверждения.

**Утверждение 1.5**. Объединение всех необходимых подмножеств есть достаточное подмножество.

Действительно, пусть X — объединение всех необходимых подмножеств множества X. Согласно утверждению 1.3, объединение необходимых подмножеств необходимое тоже. Далее рассматривается множество X = X X. По построению X необходимым не является. Если устремить значения всех показателей, входящих в X, к их нижним граням, а показатели, входящие в X, к верхним, то, т.к. X не необходимое, агрегат в этом случае, в силу неубывающего характера U, также превышает свою нижнюю грань. Это означает, что подмножество X не только необходимое, но и достаточное.

Аналогичная ситуация с достаточными подмножествами.

**Утверждение 1.6**. Объединение всех достаточных подмножеств есть необходимое подмножество.

Действительно, пусть X — объединение всех достаточных подмножеств множества X. Согласно утверждению 1.3, объединение достаточных подмножеств достаточное тоже. Рассматривается множество X = X X. По построению X достаточным не является. Если устремить значения всех показателей, входящих в X , к их верхним граням, а показатели, входящие в X, к нижним, то, т.к. X не является достаточным, агрегат в этом случае, не может превышает свою нижнюю грань. Это означает, что подмножество X не только достаточно, но и необходимое.

Таким образом, из утверждений 1.5. и 1.6 вытекает, что несмешанным может быть только поэлементное агрегирование. Только в этом случае объединение всех необходимых/достаточных подмножеств не является собственным подмножеством, а охватывает всё множество X. Всякое иное агрегирование всегда смешанное.

**Определение 1.6**. Если U(X) — агрегирование по необходимости (в т.ч. возможно смешанное) и всякое необходимое подмножество состоит из одного элемента (показателя), соответствующий показатель называется *ключевым*.

**Определение 1.7**. Если U(X) – агрегирование по достаточности (в т.ч. возможно смешанное) и всякое достаточное подмножество состоит из одного элемента (показателя), соответствующий показатель называется *обеспечивающим*.

В понятиях «ключевой» и «обеспечивающий» подчёркнуто, что это одноэлементные подмножества.

**Утверждение 1.7**. Если множество X имеет ключевой и обеспечивающий показатели, то этот показатель единственный.

Доказательство вытекает из утверждения 1.2. Наличие ключевого и обеспечивающего показателей возможно только при смешанном агрегировании. При этом утверждение 1.2 обеспечивается только единственным элементом.

**Определение 1.8**. Ключевой и одновременно обеспечивающий показатель называется главным.

Необходимых/достаточных показателей может быть несколько, главный показатель всегда один. Примеры:

$$U = x_1 \cdot x_2 \cdot (x_3 + x_4)$$

 $-x_1$  и  $x_2$  ключевые показатели;

$$U = x_1 + x_2 + x_3 \cdot x_4$$

 $-x_1$  и  $x_2$  обеспечивающие показатели;

$$U = x_1 \cdot (1 + x_2 + x_3), U = x_1 \cdot (x_1 + x_2 + x_3)$$

 $-x_1$  главный показатель.

*Определение 1.9*. Подмножество показателей в законе агрегирования называется главным, если оно одновременно является и необходимым, и достаточным.

Пример:

$$U = (x_1 + x_2) \cdot (x_1 \cdot x_2 + x_3).$$

Здесь подмножество  $\{x_1, x_2\}$  главное.

*Замечание*. В отличие от главного показателя, который всегда единственный, главных подмножеств может быть несколько, если их общее пересечение не пусто. Например,

$$U = (x_1 + x_2) \cdot (x_1 + x_3) \cdot (x_1 + x_4) \cdot (x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_4 + x_5).$$

Здесь главные подмножества  $\{x_1,x_2\}$ ,  $\{x_1,x_3\}$  и  $\{x_1,x_4\}$ .

Утверждение 1.8. Если множество X имеет необходимое и достаточное подмножества (и они пересекаются), их объединение есть главное подмножество.

Действительно, пусть  $X_0$  есть необходимое, а  $X_1$  достаточное подмножество. Их объединение  $X = X_0 \cup X_1$  включает  $X_0$ , а значит, согласно утверждению 1.2, является необходимым тоже. Аналогично, X включает  $X_1$ , а значит X являет и достаточным тоже. Таким образом, одно и то же X является необходимым и достаточным, а значит главным подмножеством.

Существуют (как минимум) три вида главных подмножеств:

- 1) объединение всех необходимых подмножеств;
- 2) объединение всех достаточных подмножеств;
- 3) объединение необходимого и достаточного.

Отсюда следует, что агрегирование только по необходимости или только по достаточности возможно в том и только в том случае, если объединение всех необходимых или всех достаточных подмножеств тождественно равно X. В противном случае существует главное

(отличное от X) подмножество, и агрегирование будет смешанным. Это замечание дополняет утверждение 1.4 и следствия из него.

В дополнение к утверждению 1.1 можно заметить, что, если функция U(X) строго монотонная, агрегирование на её основе является поэлементным достаточным. Так как при поэлементном агрегировании всякое подмножество необходимое/достаточное, то:

- 1) за исключением тривиального случая множества X смешанное агрегирование в этом случае невозможно;
- 2) главные показатели и подмножества (кроме самого X) здесь отсутствуют.

 $\it Утверждение 1.9$ . Если для закона  $\it U(X)$  существует хотя бы один ключевой показатель, то этот закон может быть или агрегированием по необходимости, или смешанным.

**Утверждение** 1.10. Если для закона U(X) существует хотя бы один обеспечивающий показатель, т.к. этот закон может быть только законом агрегирования по достаточности или смешанным.

Утверждения 1.9 и 1.10 следуют из определений агрегирования по необходимости и достаточности, а также определений ключевого и обеспечивающего показателей.

В дополнение к этому из следствий 1.4.1 и 1.4.2 вытекает следующее.

**Утверждение** 1.11. Если закон U(X) является агрегированием только по необходимости/достаточности, всякий показатель в нём - ключевой/обеспечивающий.

**Утверждение 1.12**. При поэлементном агрегировании всякий показатель либо ключевой, либо обеспечивающий.

В частности, для двух видов агрегирования – среднего арифметического и среднего геометрического (включая среднее арифметическое взвешенное и среднее геометрическое взвешенное) справедливо:

- 1) агрегирование с помощью среднего арифметического, являясь агрегированием по достаточности, не может иметь ключевых показателей.
- 2) агрегирование с помощью среднего геометрического при нулевых нижних гранях показателей не имеет обеспечивающих показателей.

**Определение 1.10**. Достаточное подмножество  $X_1 \subset X$  является гарантирующим, если  $\forall x (x \in X_1 \& x \rightarrow \sup(x)) \Rightarrow A \rightarrow \sup(A)$ .

То есть, если все показатели, входящие в  $X_1$ , стремятся к своей верхней грани, агрегат также стремится к верхней грани. Существование гарантирующих подмножеств невозможно при строгой монотонности U(...).

В заключение можно отметить, что агрегирование по необходимости, достаточности, наличие ключевых, обеспечивающих и главных показателей, существование и состав необходимых и достаточных подмножеств и т.п. определяются структурой закона U(X) и границами показателей.

# 2 Ценность и полезность как меры необходимости и достаточности

Для показателей, агрегируемых по закону U(X), и их подмножеств можно ввести понятия *ценности* и *полезности*. Необходимо обратить внимание, что это не перенос сложившихся терминов в новую область, а омонимическое использование данных слов, хотя определённые параллели провести можно.

Пусть X` и X`` - некоторые подмножества из X, причём X` $\cup X$ `=X и X' $\cap X$ `= $\varnothing$ . Тогда запись  $X^*$   $\rightarrow$  inf и  $X^*$   $\rightarrow$  sup обозначает ситуацию, когда все показатели, образующие некоторое подмножество  $X^*$ , устремляются, соответственно, к своим нижним или верхним граням.

**Определение 2.1**. Под ценностью подмножества X понимается предельная разность:

$$V(X') = U(X \rightarrow \sup) - U(X' \rightarrow \inf, X'' \rightarrow \sup).$$

То есть ценность показывает, на сколько снизится значение агрегата от своей максимально возможной величины, если значения показателей, образующих X, устремить к их нижним граням.

Для единственного показателя  $x_i$  это выглядит так:

$$V(x_i) = U(x_1 \rightarrow x_{1 \text{max}}, \dots, x_i \rightarrow x_{i \text{max}}, \dots, x_n \rightarrow x_{n \text{max}}) - U(x_1 \rightarrow x_{1 \text{max}}, \dots, x_i \rightarrow x_{i \text{min}}, \dots, x_n \rightarrow x_{n \text{max}}).$$

Здесь  $x_{\min}$  и  $x_{\max}$ , соответственно, нижняя и верхняя грани множества значений показателя.

**Определение 2.2**. Под *полезностью* подмножества X понимается предельная разность:

$$W(X') = U(X \rightarrow \sup_{X'} X') \rightarrow \inf_{X'} - U(X \rightarrow \inf_{X'}).$$

Полезность показывает максимальный вклад в агрегат показателей, составляющих X`. Для единственного показателя это:

$$W(x_i) = U(x_1 \rightarrow x_{1\min}, \dots, x_i \rightarrow x_{i\max}, \dots, x_n \rightarrow x_{n\min}) - U(x_1 \rightarrow x_{1\min}, \dots, x_i \rightarrow x_{i\min}, \dots, x_n \rightarrow x_{n\min}).$$
 Для необходимого подмножества:

$$V(X') = \sup(A) - \inf(A) \tag{1}$$

- это максимальное значение необходимости.

Если X имеет два или более необходимых подмножества X`, X`` и т.д., и они не пересекаются, то полезность каждого из них нулевая (ни одно подмножество не гарантирует значение агрегата больше минимального)

$$W(X') = W(X'') = ... = 0.$$

В частности, при поэлементном необходимом агрегировании нулевую полезность имеют все показатели из X.

Для достаточного подмножества:

$$W(X') > 0. (2)$$

Если X имеет два или более достаточных подмножества X`, X`` и т.д., и они не пересекаются, то необходимость каждого меньше максимальной (ни одно подмножество не гарантирует минимального значения агрегата):

$$V(X') < \sup(A) - \inf(A);$$
  
$$V(X'') < \sup(A) - \inf(A);$$

При поэлементном достаточном агрегировании необходимость меньше максимальной имеют все показатели из X.

Если подмножество является необходимым и достаточным, (1) и (2) выполняются совместно

При агрегировании по необходимости всегда существует хотя бы одно подмножество, ценность которого максимальна; при агрегировании по достаточности – хотя бы одно, полезность которого отлична от нуля.

При наличии гарантирующего подмножества  $X \subset X$  его полезность максимальна, а ценность подмножества  $X \setminus X$  нулевая. Если в X существует более одного гарантирующего подмножества, и они не пересекаются, каждое из них имеет максимальную полезность и нулевую ценность.

*Определение 2.3*. Текущей ценностью подмножества X называется предельная разность

$$V_{\tau}(X') = U(X) - U(X' \rightarrow \inf_{X'} X'').$$

То есть текущая ценность показывает, на сколько снизится значение агрегата от своей текущей величины, если показатели, образующие X, и только их, устремить к нижним граням.

Для единственного показателя это выглядит как:

$$V_{\tau}(x_i) = U(x_1, ..., x_i, ..., x_n) - U(x_1, ..., x_i \rightarrow x_{i\min}, ..., x_n).$$

*Определение 2.4*. Текущей полезностью подмножества X называется предельная разность

$$W_{\tau}(X') = U(X', X'' \rightarrow \inf) - U(X \rightarrow \inf) = U(X', X'' \rightarrow \inf) - \inf(A).$$

Текущая полезность показывает вклад в имеющийся агрегат показателей из подмножества X` в их текущих значениях.

Для единственного показателя:

$$W_{\tau}(x_i) = U(x_1 \rightarrow x_{1\min}, \dots, x_i, \dots, x_n \rightarrow x_{n\min}) - U(x_1 \rightarrow x_{1\min}, \dots, x_i \rightarrow x_{i\min}, \dots, x_n \rightarrow x_{n\min}).$$

Ценность и полезность являются мерами необходимости и достаточности соответствуюших показателей и их подмножеств.

# 3 Общие свойства агрегируемых систем

Системы, для любого компонента которых может быть указан или рассчитан его агрегат, называются *агрегируемыми*. В основе их свойств должны лежать, в том числе, рассмотренные свойства агрегирования, например, следующие.

- Агрегирование может выполняться только по необходимости или достаточности (неисключающее «или»). Для каждого уровня иерархии можно ввести понятие субкомпонентов, как функциональных элементов и подсистем, образующих элемент иерархии, и надкомпонента, как элемента иерархии, составленного из своих субкомпонентов.
- При агрегировании субкомпонентов (к примеру, их функциональностей) по необходимости, как и при агрегировании по достаточности, всегда существует главное подмножество субкомпонентов, определяющих функциональность надкомпонента в целом, называемое *ядром* надкомпонента. Если агрегирование поэлементное (показателями здесь выступают агрегаты субкомпонентов), ядром является всё множество субкомпонентов, т.е. надкомпонент в целом (*тривиальное* ядро). Во всех остальных случаях ядра это собственные подмножества субкомпонентов.
- Если агрегирование не является поэлементным, оно всегда смешанное и надкомпонент содержит нетривиальное ядро.
- Агрегируемая система может содержать ключевые/обеспечивающие/гарантирующие компоненты. При этом минимум функциональности или утрата ключевого субкомпонента влечёт минимум функциональности (утрату) надкомпонента в целом; максимальная функциональность обеспечивающего или гарантирующего субкомпонента влечёт отличную от минимальной (для обеспечивающего) и максимальную (для гарантирующего субкомпонента) функциональность содержащего их надкомпонента.
- При поэлементном агрегировании субкомпонентов каждый субкомпонент либо необходимый, либо достаточный.
- При поэлементном агрегировании, если оно необходимое, нефункциональность любого субкомпонента делает нефункциональным надкомпонент в целом (каждый субкомпонент ключевой). При поэлементном достаточном агрегировании надкомпонент функционален до тех пор, пока в полной мере функционирует хотя бы один из его субкомпонентов (каждый субкомпонент обеспечивающий или даже гарантирующий).

 Если агрегирование происходит по (строго) монотонному закону, каждый субкомпонент – достаточный.

#### Заключение

В работе рассмотрено агрегирование показателей как отображение множества их значений в единственное числовое значение (агрегат) с помощью ограниченной неубывающей функции U(X). Получены следующие основные результаты:

- Введены понятия агрегирования по необходимости и достаточности. Совместное агрегирование по необходимости и достаточности (смешанное агрегирование) возможно, если каждое необходимое подмножество показателей имеет пересечение с каждым достаточным и наоборот.
- Показано, что объединение всех необходимых/достаточных подмножеств показателей есть их достаточное/необходимое подмножество, такое объединение названо главным подмножеством. Оно существует всегда и является также объединением всех необходимых и достаточных подмножеств показателей.
- Показано, что агрегирование исключительно по необходимости или исключительно по достаточности возможно лишь при поэлементном агрегировании.
- Введены понятия ключевого, обеспечивающего и главных показателей, подчёркивающие влияние отдельных элементов на результат агрегирования.
- Введены показатели ценности и полезности как меры необходимости и достаточности соответствующих подмножеств показателей.

#### Список источников

- [1] *Глинский Б.А., Грязнов Б.С., Дынин Б.С., Никитин Е.П.* Моделирование как метод научного исследования (гносеологический анализ). М.: Изд-во МГУ, 1965. 248 с.
- [2] Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. 270 с.
- [3] *Самарский А.А., Михайлов А.П.* Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М.: Физматлит, 2001. 320 с.
- [4] Уемов А.И. Логические основы метода моделирования. М.: «Книга по требованию», 2012. 312 с.
- [5] *Chern I-Liang.* Mathematical Modeling and Ordinary Differential Equations. Departament of Mathmatics National Taiwan University, 2016. 216 p.
- [6] Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с.
- [7] *Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И.* Инженерия знаний. Модели и методы. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 324 с.
- [8] *Van Renesse R.* The Importance of Aggregation // In: Future Directions in Distributed Computing / Andr'e Schiper, Alex A. Shvartsman, Hakim Weatherspoon, and Ben Y. Zhao, ed. Springer-Verlag, 2003. P. 87-92.
- [9] Субетто А.И. Качество образования: проблемы оценки и мониторинга // Образование. 2000. № 2. С.62-66.
- [10] *Calzaroni M*. The exhaustiveness of production estimates: new concepts and methodologies. 10 p. https://www.oecd.org/sdd/na/2464056.pdf.
- [11] *Saaty T.L.* The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resources Allocation. New York, London: McGraw-Hill International Book Co, 1980. 287 p.
- [12] *Клименко И.С.* Информационная безопасность и защита информации: модели и методы управления. М.: ИНФРА-М, 2020. 180 с.
- [13] **Zhang Ch., Toumani F., Gangler E.** Symmetric and Asymmetric Aggregate Function in Massively Parallel Computing. https://hal.uca.fr/hal-01533675v3/document.
- [14] OLAP Application Developer's Guide. https://docs.oracle.com/cd/B19306\_01/olap.102/b14349 /aggregate.htm#CIAGHBCH.
- [15] Metric Aggregations. https://opendistro.github.io/for-elasticsearch-docs/docs/elasticsearch/metric-agg.
- [16] *Андронникова Н.Г., Леонтьев С.В., Новиков Д.А.* Процедуры нечёткого комплексного оценивания // Труды международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления». Липецк: ЛГТУ, 2002. С.7-8.

- [17] *Субетто А.И.* Оценочные средства и технологии аттестации качества подготовки специалистов в вузах: методология, методика, практика. СПб. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. 68 с.
- [18] *Ахаев А.В., Ходашинский И.А., Анфилофьев А.Е.* Метод выбора программного продукта на основе интеграла Шоке и империалистического алгоритма // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2014. №2 (32). С.224-229.
- [19] *Jesus P., Baquero C., Almeida P.S.* A Survey of Distributed Data Aggregation Algorithms // In: IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2011. 17(1). DOI:10.1109/COMST.2014.2354398.
- [20] *Аршинский Л.В.* Логико-аксиологический подход к оценке состояния систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 3(39). С.140-146.
- [21] *Аршинский Л.В.* Методика агрегированного оценивания систем с поддержкой ключевых компонентов // Онтология проектирования. 2015. Т.5. № 2 (16). С.223-232. DOI:10.18287/2223-9537-2015-5-2-223-232.
- [22] Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971. 383 с.
- [23] **Пиявский С.А.** Прогрессивность многокритериальных альтернатив // Онтология проектированияю 2013. Note = 0.053 Not
- [24] *Пиявский С.А.* Простой и универсальный метод принятия решений в пространстве критериев «стоимостьэффективность» // Онтология проектирования. 2014. № 3(13). С.89-102.

### Сведения об авторах



Аршинский Леонид Вадимович, 1957 г. рождения. Окончил Иркутский государственный университет в 1979 г., д.т.н. (2008). Профессор кафедры «Информационные системы и защита информации» Иркутского государственного университета путей сообщения. В списке научных трудов более 200 работ в области околоэкранной аэродинамики, искусственного интеллекта, системного анализа, информационной безопасности и др. Член-корреспондент Российской академии естественных наук и Российской инженерной академии, член Российской ассоциации искусственного интеллекта. AuthorID (RSCI): 520252; Author ID (Scopus): 57193195356;

Researcher ID (WoS): C-3869-2013; ORCID 0000-0001-5135-7921. larsh@mail.ru. 🖂.

**Аршинский Вадим Леонидович**, 1984 г. рождения. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2006 г., к.т.н. (2010). Руководитель центра программной инженерии Института информационных технологий и анализа данных Иркутского национального исследовательского технического университета. В списке научных трудов более 30 работ в области энергетики, системного анализа, искусственного интеллекта. AuthorID (RSCI): 520305; Researcher ID (WoS): G-9580-2012; ORCID 0000-0001-7832-1582. arshinskyv@istu.edu.



Поступила в редакцию 28.02.2022, после рецензирования 30.03.2022. Принята к публикации 31.03.2022.

# Necessity and sufficiency in aggregation based on non-decreasing functions

© 2022, L.V. Arshinskiy<sup>1</sup>, V.L. Arshinsky<sup>2</sup>

#### **Abstract**

The paper introduces the concept of aggregation of indicators as a mapping of a set of their values into a single numerical value (named aggregate) using a bounded non-decreasing and non-constant function U(X). The concepts of aggregation by necessity and sufficiency are introduced and it is shown that there are no other options for such aggregation. The properties of aggregation by necessity and sufficiency are investigated. The concepts of value and utility of a subset of indicators as measures of its necessity and sufficiency are introduced. The value is related to the decrease amount of aggregate when minimizing the indicators included in the corresponding subset, and the utility is related to the value of the aggregate when only these indicators take the maximum value. It is noted that the properties of aggregated systems (systems for each component of which there is an aggregate) are determined by the laws of aggregation among other things. For example, that each aggregated system has a core, i.e. a subset of components (subsystems and functional elements), the functionality of which determines the functionality of the system as a whole and this is not due to the nature of the system, but only to the fact that it is aggregated.

Key words: system analysis, systemology, aggregation, convolution, necessity, sufficiency.

*For citation:* Arshinskiy LV, Arshinsky VL. Necessity and sufficiency in aggregation based on non-decreasing functions [In Russian]. Ontology of designing. 2022; 12(1): 93-105. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-93-105.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

#### References

- [1] *Glinskij BA, Gryaznov BS, Dynin BS, Nikitin EP*. Modeling as a method of scientific research (epistemological analysis) [In Russian]. Moscow: Moscow State University; 1965. 248 p.
- [2] **Zagorujko NG.** Applied methods of data and knowledge analysis [In Russian]. Novosibirsk: Institute of Mathematics SB RAS; 1999. 270 p.
- [3] *Samarskij AA, Mikhajlov AP*. Mathematical modeling: Ideas. Methods. Examples. 2nd ed. [In Russian]. Moscow: Fizmatlit; 2001. 320 p.
- [4] *Uemov AI.* Logical foundations of the modeling method [In Russian]. Moscow: «Kniga po trebovaniyu»; 2012. 312 p.
- [5] *Chern, I-Liang* Mathematical Modeling and Ordinary Differential Equations. Departament of Mathmatics National Taiwan University; 2016. 216 p.
- [6] *Gavrilova TA, Horoshevskij VF.* Knowledge bases of intelligent systems [In Russian]. St. Petersburg: Piter; 2000. 384 p.
- [7] *Gavrilova TA, Kudryavcev DV, Muromcev DI.* Knowledge engineering. Models and Methods: Textbook [In Russian]. St. Petersburg: Izdatel'stvo «Lan'»; 2016. 324 p.
- [8] *Van Renesse R.* The Importance of Aggregation. In: Andr'e Schiper, Alex A. Shvartsman, Hakim Weatherspoon, and Ben Y. Zhao (ed.): Future Directions in Distributed Computing. Springer-Verlag; 2003: 87-92.
- [9] **Subetto AI.** Quality of education: problems of assessment and monitoring [In Russian]. *Education*. 2000; 2: 62–66.
- [10] *Calzaroni, M.* The exhaustiveness of production estimates: new concepts and methodologies. 10 p. Source: https://www.oecd.org/sdd/na/2464056.pdf
- [11] *Saaty TL.* The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resources Allocation. New York, London: McGraw-Hill International Book Co; 1980. 287 p.
- [12] *Klimenko IS.* Information security and information protection: management models and methods [In Russian]. Moscow: INFRA-M; 2020. 180 p.
- [13] **Zhang Ch,** Symmetric and Asymmetric Aggregate Function in Massively Parallel Computing / F. Toumani, E. Gangler. Source: https://hal.uca.fr/hal-01533675v3/document.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

- [14] OLAP Application Developer's Guide. Source: https://docs.oracle.com/cd/B19306\_01/ olap.102/b14349/aggregate .htm#CIAGHBCH.
- [15] Metric Aggregations. Source: https://opendistro.github.io/for-elasticsearch-docs/docs/elasticsearch/metric-agg.
- [16] *Andronnikova NG, Leontiev SV, Novikov DA.* Procedures of fuzzy complex evaluation [In Russian]. In: Proceedings of the international scientific and practical conference "Modern complex management systems". Lipetsk: LGTU; 2002: 7-8.
- [17] *Subetto AI*. Evaluation tools and technologies for certification of the quality of training specialists in universities: methodology, methodology, practice [In Russian]. St. Petersburg, Moscow: Research Center for Quality problems of training specialists; 2004. 68 p.
- [18] *Akhaev AV*, *Khodashinsky IA*, *Anfilofiev AE*. The method of choosing a software product based on the Shoke integral and the imperialist algorithm [In Russian]. Reports of the Tomsk State University of Control Systems. 2014; 2(32): 224-229.
- [19] *Jesus P, Baquero C, Almeida PS.* A Survey of Distributed Data Aggregation Algorithms. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2011; 17(1): 224-229. DOI:10.1109/COMST.2014.2354398.
- [20] *Arshinskiy LV*. Logical and axiological approach to assessing the state of systems [In Russian]. *Modern technologies. System analysis. Modeling.* 2013; 3(39): 140-146.
- [21] *Arshinski LV*. A method of aggregated assessing of systems with support of key components [In Russian]. *Ontology of Designing*; 2015; 5(2): 223-232. DOI:10.18287/2223-9537-2015-5-2-223-232.
- [22] Hermeyer YB. Introduction to the theory of operations research [In Russian]. Moscow; Nauka; 1971; 383 p.
- [23] *Piyavsky SA*. Progressivity of multicriteria alternatives [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2013; 4(10): 53-59.
- [24] *Piyavsky SA*. A simple and universal method of decision making within the scope of criteria of «cost and efficiency» [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2014; 3(13): 89-102.

#### **Authors information**

Leonid Vadimovich Arshinskiy (b.1957) graduated from the Irkutsk State University (Irkutsk, USSR) in 1979, Dr of Tech. Sc. (2008). He is a Professor of the Information Systems and Information Security Department at the Irkutsk State Transport University. Corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences and the Russian Academy of Engineering. Member of the Russian Association of Artificial Intelligence. He is the author of more than 200 scientific articles and abstracts in the field of aircraft with ground effect wings, artificial intelligence, system analysis, information security, etc. AuthorID (RCI): 520252; Author ID (Scopus): 57193195356; Researcher ID (WoS): C-3869-2013; ORCID 0000-0001-5135-7921. larsh@mail.ru. ⋈.

*Vadim Leonidovich Arshinsky* (b. 1984) graduated from the Irkutsk State Technical University (Irkutsk, Russia) in 2006, PhD 2010. He is the Head of the Software Engineering Center at the School of Information Technology and Data Science of the Irkutsk National Research Technical University. The list of scientific papers includes more than 30 works in the field of energy, system analysis, and artificial intelligence. AuthorID (RCI): 520305; Researcher ID (WoS): G-9580-2012; ORCID 0000-0001-7832-1582. *arshinskyv@istu.edu*.

Received February 28, 2022. Revised March 30, 2022. Accepted March 31, 2022.

УДК 004.89

Научная статья

# DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-106-116

# Система поддержки принятия решений для бизнес-процесса внутреннего аудита качества предприятия

© 2022, В.В. Антонов, К.А. Конев ⊠

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

#### Аннотация

Изложен подход по применению ситуационно-онтологической методологии построения системы поддержки принятия решений для предметной области внутреннего аудита качества предприятия. Отмечается проблема, связанная с высокими требованиями к компетенции специалистов данной области. Для предметной области внутреннего аудита качества разработана концептуальная модель в виде её функциональной схемы. С использованием стандарта *IDEF5* разработана онтологическая модель одной из основных функций бизнес-процесса аудита качества, предложен подход к организации хранения информации бизнес-процесса в базе данных. Для функции классификации причин несоответствий при аудите качества приведён пример настройки решателя интеллектуальной компоненты системы поддержки принятия решений. Выявлены значимые точки принятия решений в бизнес-процессе аудита качества, сформирована структура взаимодействия его участников с интеллектуальной подсистемой системы поддержки принятия решений. Предложена структура интеллектуальной подсистемы системы поддержки принятия решений, используемой в процессе аудита качества на предприятии.

**Ключевые слова:** СППР, онтологическая модель, ситуационная модель, нечёткая оценка, аудит качества, предприятие.

*Цитирование:* Антонов В.В., Конев К.А. Система поддержки принятия решений для бизнеспроцесса внутреннего аудита качества предприятия // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №1(43). С.106-116. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-106-116.

**Финансирование:** исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках основной части государственного задания высшим учебным заведениям № FEUE-2020-0007.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Введение

Аудит качества – один из наиболее эффективных инструментов менеджмента качества, нацеленный на обеспечение качества управления [1].

Аудит качества — непроизводительный бизнес-процесс, он не интересен потребителю продукции, поскольку никак не улучшает её потребительские свойства. Данный бизнеспроцесс — затратный, что приводит к стратегии экономии на его обеспечении со стороны менеджмента предприятия. Для адекватной оценки степени соответствия деятельности подразделений и процессов требованиям документации, государства, общества и потребителя требуется эксперт-аудитор с глубоким пониманием сути решаемых в производстве и его обеспечении задач, с широкими знаниями нормативной документации и законодательства, а также с правильным восприятием баланса между требованиями к качеству и эффективностью производства. В результате возникает противоречие: в качестве эксперта-аудитора необходим специалист высочайшего класса, но при этом затраты на его труд серьёзно ограничены и не могут быть переложены на потребителя. Решением данной проблемы выступает максимальное

замещение задач, решаемых экспертами-аудиторами, путём внедрения систем поддержки принятия решений (СППР), построенных на основе технология искусственного интеллекта (ИИ). Поэтому такие процессы как аудит качества должны перестраиваться под новые технологии, постепенно передавая значительную часть не только учётных, но и когнитивных задач системе с ИИ.

В статье описан один из способов осуществления трансформации аудита качества, построенного на опыте, знаниях и интуиции эксперта-аудитора, в процесс, в котором значительный объём знаний хранится и постоянно актуализируется независимо от экспертов, а человек привлекается только к решению сложных, не типовых проблем.

### 1 Процесс аудита качества

Согласно ГОСТ Р ИСО 19011-2021 «аудит: систематический, независимый и документированный процесс установления объективного свидетельства и его объективного оценивания для получения степени соответствия критериям аудита» [2, 3]. Где «критерии аудита - совокупность требований, используемых как основа для сравнения с ними объективного свидетельства», а «объективное свидетельство - данные, подтверждающие наличие или истинность чего-либо». Под требованием подразумевается какое-либо положение действующего нормативного документа либо предполагаемая потребность, или ожидание, которые не указаны в документах, но считаются обязательными в рассматриваемом контексте.

В стандарте даны описания внутренних и внешних аудитов. В настоящей статье рассмотрен внутренний аудит качества, который проводится силами экспертов самой организацией.

Процесс аудита качества, согласно [3], можно показать на концептуальном уровне в виде *IDEF0* диаграммы [4] (см. рисунок 1).

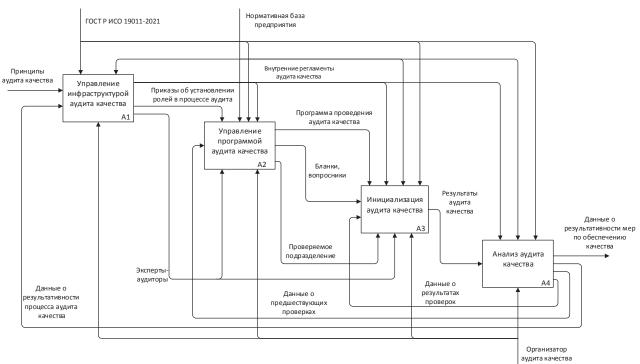


Рисунок 1 - Концептуальная функциональная модель процесса аудита качества на основе ГОСТ Р ИСО 19011-2021

Модель процесса аудита качества включает четыре основные функции:

- Управление инфраструктурой аудита качества включает деятельность по созданию команд экспертов-аудиторов, мониторинг и обеспечение компетентности, распределение ролей в командах в зависимости от способностей их и мотивации. Данная функция связана с уточнением внутренних процедур аудита качества, проводимых на основе анализа результативности аудита качества как процесса.
- *Управление программой* аудита качества. Данная функция увязывает цели аудита, команды экспертов-аудиторов, службы и подразделения организации и время проведения аудита. Эксперты-аудиторы изучают объект проверки и формируют нормативный базис проверки.
- Инициализация аудита качества подразумевает широкий спектр работ, включающих заочную и очную проверки подразделения, формирование обнаружений аудита (обычно это выявленные в подразделении несоответствия нормативному базису проверки), инициация формирования плана действий по результатам аудита (плана корректирующих действий), контроль за выполнением данного плана и формирование отчёта по результатам проверки.
- Анализ аудита качества выполняется в нескольких аспектах: в инфраструктурном, включающем сведения о результативности команд экспертов-аудиторов, об используемых методах аудита и конкретных правилах работы; в организационном, включающем сведения о результатах предыдущих аудитов для лучшего понимания рисков и угроз в деятельности проверяемого подразделения экспертами-аудиторами; в процедурном, включающем сведения о выявленных при последнем аудите качества несоответствий и их статусах для формирования плана действий по результатам аудита; в итоговом, включающем сведения обо всех предпринятых в аудите мерах, их результативности в сравнении с прошлыми периодами, выявленных несоответствиях, предпринятых для устранения их причин мерах, о результативности команд проверок, уровнях соответствия требованиям о проверенных подразделениях, об эффективности действующих методов и процедур аудита.

Каждая из рассмотренных функций требует отдельного анализа. На основе ситуационноонтологической методологии можно сформировать структуру СППР процесса аудита качества [5, 6]. Данная методология основана на использовании принципов ситуационного моделирования [7, 8]. Ситуационный аспект связан с понятием состояния ситуации в текущий момент времени, и процесс аудита качества можно представить как последовательность сменяющихся состояний. Онтологический аспект расширяет ситуационный и позволяет увязывать его с функциями, понятиями и обобщающими категориями. Он близок к понятию онтологии предметной области [9], но в данной методологии выступает не только как привязка к терминологической базе, но и как возможность показать взаимосвязь состояний описываемого процесса.

## 2 Онтологическая модель функции аудита качества

В управлении качеством рассматривается функция управления программой аудита. Данная функция характеризуется простым составом операций, достаточным для представления специфики подхода.

Особенность аудита, позволяющая называть его процессом, состоит в том, что это воспроизводимая, частично повторяющаяся деятельность. При этом любая проверка строится на уникальном нормативном базисе и выполняется отличающимся от предыдущих проверок составом экспертов-аудиторов. Стандартом предусматривается обеспечение независимости экспертов от проверяемой деятельности. Частота проверок должна быть увязана с важностью

проверяемой деятельности и тяжестью последствий дефектов, допущенных по вине подразделения. Эти особенности обусловливают построение такой модели процесса, при которой будет обеспечиваться экспертиза влияния подразделения на качество за последнее время (обычно используется период, включающий четыре полных квартала, предшествующих текущему), состав экспертов-аудиторов и нормативный базис, который они будут использовать при проведении аудита качества в подразделении. От организатора процесса требуется принятия управленческого решения, основанного на анализе базы данных дефектов, базы данных аудитов качества и банка данных нормативных документов. Вопросы онтологического моделирования рассмотрены в работах многих авторов (например, [9, 10]). В данной работе для оформления онтологической модели использован стандарт *IDEF5* [11] (см. рисунок 2).

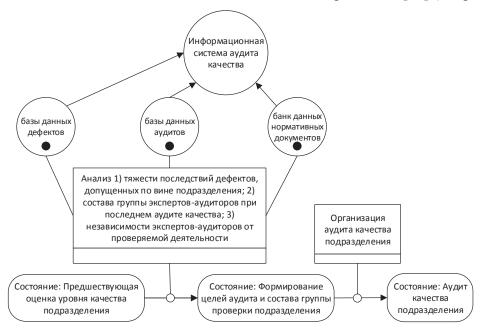


Рисунок 2 - Фрагмент онтологической модели аудита качества для функции по управлению программой аудита по стандарту IDEF5

Онтологическая модель рассмотренной функции позволяет наглядно продемонстрировать переходы между её состояниями, в рамках которых можно выделить точки принятия решений. Например, на рисунке 2 показана связь с элементами информационной системы, предназначенными для хранения информации, необходимой для принятия решений.

Хранение информации о процессе аудита качества осуществляется в базе данных, построенной на основе следующих таблиц.

- «Требования» нормативные документы, действие которых распространяется на проверяемый процесс или подразделение.
- «Проверки» сведения о времени и месте проведения проверок.
- «Несоответствия» данные о выявленных при проверках несоответствиях.
- «Мероприятия» описание мероприятий для устранения причин конкретного несоответствия.

Однако для принятия решений только учётной информационной системы недостаточно, необходима СППР.

## 3 Пример настройки решателя СППР

Интеллектуализация процесса поддержки принятия решений рассматривается в многочисленных работах отечественных и зарубежных авторов (см. например [12-14]). Эффективность СППР можно повысить, используя методологию нечёткой оценки ситуации на основе теории нечётких множеств. Для этого необходимо осуществить классификацию причин несоответствий при формировании плана по их устранению. Можно выделить следующие категории причин несоответствий: производственная, технологическая причина\*, конструктивная, внешняя, субъективная и пр.

- производственная причина ошибки, связанные с износом, поломкой или плохой настройкой оборудования, плохой организацией производства, поломкой при транспортировке в цехе или на складе и т.д.;
- технологическая причина 1 ошибки, связанные с неправильно рассчитанными нормами расхода материалов, ошибки по причине неверно спроектированной оснастки, недоработки технологий и рабочих инструкций и т.д.;
- конструкторская причина ошибки, связанные с несовершенством конструкции или конструкторской документации;
- внешняя причина ошибки, связанные с причинами вне предприятия, а именно, дефектные материалы или электрические компоненты, некачественно выполненные услуги сторонними организациями, ошибки в эксплуатации и т.д.;
- субъективная причина ошибки должностных лиц и рабочих, связанные с недостаточной квалификацией, низкой исполнительской дисциплиной, небрежностью, халатностью и т.д.;
- прочая причина ошибки, которые не удалось отнести к одному из типов.

Каждая перечисленная категория — нечёткая, поскольку оценки дают эксперты, и они в определённой степени субъективны. Задача эксперта - определить категорию причины выявленного несоответствия. Эту задачу эксперты решают с использованием следующих экспертных критериев (признаков) для установления категории причин:

- стадия жизненного цикла (СЖЦ), на которой обнаружено несоответствие, часто определяет категорию и причину;
- сходство с аналогами (CcA) степень близости к описанию ранее выявленных несоответствий, под которые подходит выявленная ситуация;
- связь с материальным производством (СМП) определяется наличием/отсутствием дефекта в продукции;
- экспертное мнение (ЭМ) определяет дополнительные аспекты, указывающие на нестандартные характеристики наблюдаемой ситуации.

Формируемая оценка по одной из категорий может принимать значение из множества, как показано в таблице 1:

Таблица 1 - Возможные оценки категорий

Критерий	Интервал оценок	Элементы множества оценок
Стадия жизненного цикла	от 0 до 1	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1
Сходство с аналогами	от 0 до 1	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1
Связь с материальным производством	от 0 до 1	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1
Экспертное мнение	от 0 до 1	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Технологические причины иногда относят к конструктивным, но часто их принято разделять, поскольку конструкторские и технологические службы имеют различное административное подчинение.

-

Оценку всех критериев, представленную в таблице 2, можно показать в виде графика (см. рисунок 3).

Таблица 2 – Значения критериев				
I annuita / — Ruaueuug knutenueg	OHEUVIA DEMOGTUOCTIA	отпесения принин песоотр	етстрии и исц	ипетили изтегопии
таолица 2 — эначения критерись	о оценки вероліпости	отпессиих причин несооть	стствии к коп	KDCIHON KAICIODHN

Название критерия оценки вероятности	Интервал критериев	Элементы множества критериев
Очень низкая	от 0 до 0,3	0; 0,1 ;0,2; 0,3
Низкая	от 0,1 до 0,5	0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5
Средняя	от 0,3 до 0,7	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7
Высокая	от 0,5 до 0,9	0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9
Очень высокая	от 0,8 до 1	0,8; 0,9; 1

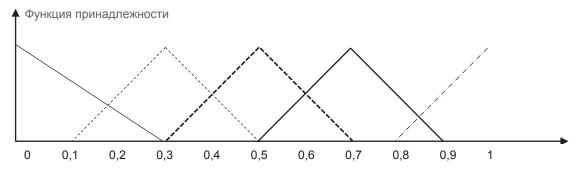


Рисунок 3 - Функция принадлежности оценки  $x_i$  множеству  $I^n$ 

Математическая модель формирования нечёткой оценки для отнесения несоответствия к конкретной категории может быть построена на следующих основаниях.

Если  $X \in I^n$  и  $I^n$  — полное множество, описывающее всю предметную область, то X — нечёткое множество, которое определяется через функцию принадлежности  $\mu_X(z)$ , где z — элемент множества  $I^m$ , а n, m — соответственно число критериев и категорий. Если для множеств  $I^n$  и  $I^m$ , где  $X \in I^n$ ,  $Y \in I^m$ , а  $X \to Y$  истинно и X истинно, Y также истинно, то можно построить следующее выражение для нечёткого отношения K из области  $I^n$  в  $I^m$ :

$$K = X \otimes Y = \mu_X(I^n) \wedge \mu_Y(I^m) = \min(\mu_X(I^n), \mu_Y(I^m)). \tag{1}$$

Известно, что подмножество X нечёткого множества  $I^n$  определяется как множество пар  $X = \{\mu_X(z)/z\}$ , где z — элемент множества  $I^n$ , т.е.  $z \in I^n$ . Вид функции принадлежности зависит от метода отнесения элемента к нечёткому множеству. В данном случае возможно использовать треугольную функцию принадлежности, которая будет определяться термом «среднее из значений» и соответственно определяться как среднее арифметическое [15]. Тогда функции принадлежности  $\mu_X(I^n)$ ,  $\mu_Y(I^m)$  можно вычислить по формулам:

$$\mu_{x}(I^{n}) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_{x}(I_{i}^{n})}{n}, \quad \mu_{y}(I^{m}) = \sum_{j=1}^{m} \frac{\mu_{y}(I_{j}^{m})}{m}.$$
 (2)

Если в роли множеств  $X \in I^n$  можно рассмотреть множества всех оценок по категориям (см. таблицу 1), где  $I^n$  — полное множество всех оценок по всем категориям, тогда  $\mu_X(I^n)$  — функция принадлежности каждой оценки  $x_i$  множеству  $I^n$  выражена категориями «очень низкая», «низкая», …, «очень высокая». Но при выборе категории причины несоответствия множеству всех возможных оценок  $I^n$  сопоставляется множество конкретных оценок наблюдаемой ситуации, т.е.  $Y \in I^m$ , где  $I^m$  — множество всех выполненных оценок по каждой категории каждой причины.

Пусть k — число экспертных оценок, тогда оценки для каждой причины по каждому критерию будут представлять собой интервал  $m_1^{d_1d_2} \dots m_k^{d_1d_2}$ , где  $d_1, d_2$  — индексы, соответствующие причинам и критериям (см. таблицу 3).

•	•	•		
Тип причины	СЖЦ	CcA	СМП	ЭМ
Производственная	$m_1^{11} \dots m_k^{11}$	$m_1^{21} \dots m_k^{21}$	$m_1^{31} \dots m_k^{31}$	$m_1^{41} \dots m_k^{41}$
Технологическая	$m_1^{12} \dots m_k^{12}$	$m_1^{22} \dots m_k^{22}$	$m_1^{32} \dots m_k^{32}$	$m_1^{42} \dots m_k^{42}$
Конструкторская	$m_1^{13} \dots m_k^{13}$	$m_1^{23} \dots m_k^{23}$	$m_1^{33} \dots m_k^{33}$	$m_1^{43} \dots m_k^{43}$
Внешняя	$m_1^{14} \dots m_k^{14}$	$m_1^{24} \dots m_k^{24}$	$m_1^{34} \dots m_k^{34}$	$m_1^{44} \dots m_k^{44}$
Субъективная	$m_1^{15} \dots m_k^{15}$	$m_1^{25} \dots m_k^{25}$	$m_1^{35} \dots m_k^{35}$	$m_1^{45} \dots m_k^{45}$
Прочая	$m_1^{16} \dots m_k^{16}$	$m_1^{26} \dots m_k^{26}$	$m_1^{36} \dots m_k^{36}$	$m_1^{46} \dots m_k^{46}$

Таблица 3 - Схема нечёткого оценивания причины несоответствия на основе данных, полученных от экспертов в конкретной ситуации

Для решения задачи выбора на основе формул (1) и (2) с учётом, что  $W_i$  – вес i-го показателя, можно записать:

$$K = \sum_{i=1}^{n} W_i \, \mu_{\mathcal{X}}(I_i^n) \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{\mu_{\mathcal{Y}}(I_j^m)}{m}}{n}$$
 (3)

и получить примерную оценку вероятности отнесения к категории причины несоответствия по каждому из них. После этого эксперт-аудитор в качестве лица, принимающего решение (ЛПР), выражает согласие с оценкой или аргументированно формирует иную.

Аналогичным образом можно формировать СППР для эксперта-аудитора на иных стадиях принятия решений в данном бизнес-процессе.

## 4 Структура СППР для аудита качества и способы её использования

На основе концептуальной модели процесса аудита качества на предприятии и метода оценки принятия решений по одной из точек принятия решений формируется модель взаимодействия интеллектуальной подсистемы СППР, акторов процесса и функций, связанных с принятием решений. Схема указанного взаимодействия приведена на рисунке 4.

Из рисунка видно, что практически все точки принятия решений увязаны с СППР. Основные этапы данного взаимодействия:

- 1-2. Выбор нормативного базиса для проверки и групп экспертов-аудиторов. При выборе нормативного базиса для проверки эксперт-аудитор должен проанализировать результаты прошлых аудитов и выявленные ранее проблемы, а также все новые требования, возникшие в отношении проверяемой деятельности. Для этого необходимы сведения из базы данных как о предыдущих проверках, так и об изменениях нормативных документов предприятия, законодательства и внешних регламентов.
- 3. *Выбор времени проверок*. Выбор частоты проверок определяется важностью проверяемой деятельности и оценкой уровня качества подразделения. Непосредственная дата очной проверки определяется исходя из особенностей циклов производства.
- 4. Классификация наблюдений. Выбор категории несоответствия определяет уровень контроля за его устранением и возможные дисциплинарные выводы в отношении работников проверяемого подразделения. Одно и то же наблюдение в разном окружении может быть классифицировано различно. Для классификации наблюдений необходимы сведения из базы данных (о требованиях, предыдущем опыте классификации) и из интеллектуальной подсистемы, учитывающие экспертные оценки влияния выявленных нарушений на качество конечной продукции или на возможность больших материальных потерь.
- 5. Решение о дополнительных вопросах. При выявлении нарушений в областях, которые не планировалось проверять изначально, эксперт-аудитор имеет право отклониться от плана и задать дополнительные вопросы. Для повышения эффективности целесообразно эксперту предлагать из базы данных уже готовые вопросы, которые использовались при проверке в предшествующие периоды времени.

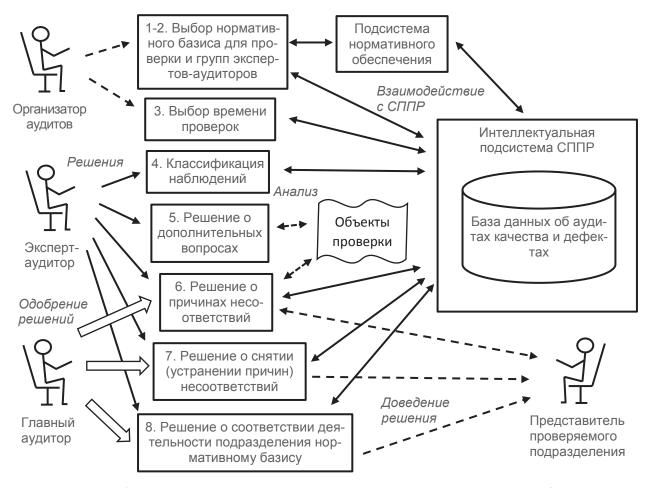


Рисунок 4 - Точки принятия решений в процессе аудита качества во взаимосвязи с СППР

- 6. *Решение о причинах несоответствий*. Пример построения и использования модели и процедуры с использованием СППР в этой точке принятия решений см. в разделе 3.
- 7. Решение о снятии (устранении причин) несоответствий. Устранение выявленных несоответствий связано с серьёзными финансовыми и временными затратами. В некоторых случаях предприятию выгоднее нести издержки от снижения качества, чем инвестировать в новые оборудование, технологии или в специалистов высокой квалификации. В этой связи для принятия решений в данной сфере необходимо привлечение экспертов из сферы финансов, технологического обеспечения и менеджмента. Формализованные мнения экспертов хранятся в интеллектуальной подсистеме СППР для снижения издержек при возникновении подобных ситуаций в будущем.
  - 8. Решение о соответствии деятельности подразделения нормативному базису.
  - Структура интеллектуальной СППР на концептуальном уровне показана на рисунке 5.
- В данной схеме в функции решателя используется автоматический расчёт значения К согласно (3) для каждой точки принятия решений.

## Заключение

Применение рассмотренного подхода для конкретного предприятия потребует формирования комплекса онтологических моделей, разработки методов настройки решателя на каждую точку принятия решения, внесения значительного объёма информации в базу данных. Такой подход содержит целый набор разнообразных точек принятия решений и позволяет

реализовать схему накопления и отчуждения у экспертов информации для процесса аудита качества предприятия.

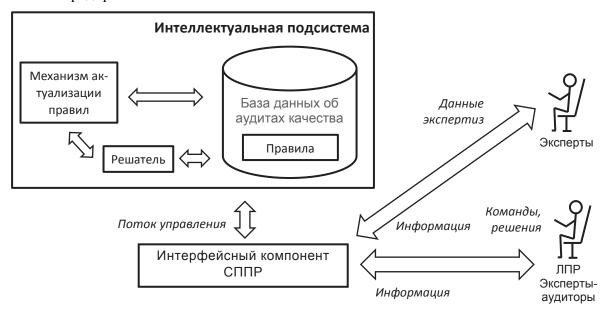


Рисунок 5 - Структура интеллектуальной подсистемы СППР в процессе аудита качества

#### Список источников

- [1] Недбайлюк Б.Е. Аудит качества. М.: КНОРУС, 2016. 200 с.
- [2] ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Система менеджмента качества. Основные положения словарь. М.: Стандартинформ, 2019.
- [3] ГОСТ Р ИСО 19011-2021. Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента. М.: Стандартинформ, 2021.
- [4] *Марка Д.А., МакГоуэн К.Л.* Методология структурного анализа и проектирования [Пер. с англ.]. М.: Фирма "Мета Технология", 1993. 240 с.
- [5] **Антонов В.В., Конев К.А**. Интеллектуальный метод поддержки принятия решений в типовой ситуации // Онтология проектирования. 2021. Т.11, №1(39). С.126-136. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-126-136.
- [6] **Антонов В.В., Конев К.А., Куликов Г.Г.** Трансформация модели системы поддержки принятия решений для типовых ситуаций с применением интеллектуальных и аналитических методов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2021. Т.21, №3. С.14–25.
- [7] Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.
- [8] Клыков Ю. И. Семиотические основы ситуационного управления. М.: МИФИ, 1974. 169 с.
- [9] *Сытник А.А., Шульга Т.Э., Данилов Н.А.* Онтология предметной области «Удобство использования программного обеспечения» // Труды ИСП РАН. 2018. Т.30, № 2. С.195-214.
- [10] **Богуславский И.М., Диконов В.Г., Тимошенко С.П.** Онтология для поддержки задач извлечения смысла из текста на естественном языке // Информационные технологии и системы. 2012. С.152–161.
- [11] KBSI (2006). IDEF5 Overview. http://www.idef.com/IDEF5.htm
- [12] Интеллектуальное ядро системы поддержки принятия решений / В.П. Осипов и др. // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2018, № 205. 23 с.
- [13] **Чечкин А.В.** Интеллектуальная система как целенаправленная система, оснащенная комплексом интеллектуального управления и развития на всех этапах жизненного цикла // Вестник пермского университета. 2018. № 2(41). С.80–82.
- [14] *Тарик А., Рафи Х.* Интеллектуальные системы поддержки принятия решений основа // Управление информацией и знаниями (онлайн): на англ. яз. 2012. Том 2, № 6. С.12-19.
- [15] Бернштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечёткие графы и гиперграфы. М.: Научный мир, 2005. 255 с.

## Сведения об авторах



Антонов Вячеслав Викторович, 1956 г. рождения. Окончил Башкирский государственный университет (1979), к.т.н. (2007), д.т.н. (2015). Заведующий кафедрой автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ), профессор кафедры управления в органах внутренних дел Уфимского юридиче-

ского института МВД России. В списке научных трудов более 130 работ в области построения интеллектуальных систем. AuthorID (РИНЦ): 530537. Author ID (Scopus): 57200254522; Researcher ID (WoS): AAH-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.

Конев Константин Анатольевич, 1977 г. рождения. Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ) (2000), к.т.н. (2004). Доцент кафедры автоматизированных систем управления УГАТУ. В списке научных трудов около 30 работ в области систем поддержки принятия решений. AuthorID (РИНЦ): 544899. sireo@rambler.ru. ⊠



Поступила в редакцию 14.03.2022, после рецензирования 24.03.2022. Принята к публикации 31.03.2022.

## Decision support system for the business process of internal audit of enterprise quality

© 2022, V.V. Antonov, K.A. Konev

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

#### **Abstract**

An approach to the application of a situational-ontological methodology for building a decision support system for the subject area of internal audit of enterprise quality is outlined. The problem associated with high requirements for the competence of specialists in this field is noted. For the subject area of internal quality audit, a conceptual model has been developed in the form of its functional diagram. Using the IDEF5 standard, an ontological model of one of the main functions of the quality audit business process has been developed, and an approach to organizing the storage of business process information in a database has been proposed. For the function of classifying the causes of inconsistencies in quality audit, an example of setting up a solver of an intelligent component of a decision support system is given. Significant decision-making points in the business process of quality audit are identified, and the structure of interaction of its participants with the intellectual subsystem of the decision support system is formed. The structure of the intellectual subsystem of the decision support system is proposed.

Key words: decision support system, ontological model, situational model, fuzzy assessment, quality audit, enterprise.

*Citation:* Antonov VV, Konev KA. Decision support system for the business process of internal audit of enterprise quality [In Russian]. Ontology of designing. 2022; 12(1): 106-116. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-106-116.

*Financial Support:* The research 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.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

## List of figures and tables

- Figure 1 Conceptual functional model of the quality audit process, built on the basis of GOST R ISO 19011-2021
- Figure 2 A fragment of the quality audit ontological model for the IDEF5 audit program management function
- Figure 3 Membership function of the estimate  $x_i$  to the set  $I^n$
- Figure 4 Decision points in the quality audit process in relation to the DSS
- Figure 5 DSS Intellectual Subsystem structure in the Quality Audit Process
- Table 1 Possible ratings of categories

- Table 2 Values of criteria for assessing the probability of assigning the causes of nonconformities to a specific category
- Table 3 Scheme of fuzzy estimation of the cause of nonconformity based on data received from experts in a particular situation

#### References

- [1] Nedbailyuk BE. Quality audit: textbook [In Russian]. Moscow: KNORUS, 2016: 200 p.
- [2] GOST R ISO 9000-2015. Quality Management System. Basic provisions of the dictionary [In Russian]. Moscow: Standartinform, 2019.
- [3] GOST R ISO 19011-2021. Conformity assessment. Guidelines for auditing management systems [In Russian]. Moscow: Standartinform, 2021. 36 p.
- [4] *Marka DA, McGowan CL*. Methodology of structural analysis and design: [Trans. from English]. Moscow: Firma "Meta Technology", 1993. 240 p.
- [5] Antonov VV, Konev KA. Intelligent decision support method in a typical situation [In Russian]. Ontology of designing. 2021; 11(1): 126-136. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-126-136.
- [6] Antonov VV, Konev KA, Kulikov GG. Transformation of the decision support system model for typical situations using intellectual and analytical methods [In Russian]. Bulletin of SUSU. Series "Computer technologies, control, radio electronics". 2021; 21(3): 14–25.
- [7] Pospelov DA. Situational management. Theory and practice [In Russian]. Moscow: Nauka, 1986. 288 p.
- [8] Klykov YI. Semiotic foundations of situational management [In Russian]. Moscow: MEPhI, 1974. 169 p.
- [9] Sytnik AA, Shulga TE, Danilov NA. Ontology of the subject area "Ease of use of software" [In Russian]. Proceedings of the ISP RAS. 2018; 30(2): 195-214.
- [10] *Boguslavsky IM, Dikonov VG, Timoshenko SP.* Ontology to support the tasks of extracting meaning from text in natural language [In Russian]. *Information technologies and systems*. 2012: 152–161.
- [11] KBSI (2006). IDEF5 Overview. http://www.idef.com/IDEF5.htm.
- [12] Intellectual core of the decision support system [In Russian]. V.P. Osipov et al. *Preprints of IPM im. M.V. Keldysh.* 2018; 205: 23.
- [13] *Chechkin AV*. Intellectual system as a purposeful system equipped with a complex of intellectual control and development at all stages of the life cycle [In Russian]. *Bulletin of the Perm University*. 2018; 2(41): 80-82.
- [14] *Tariq A, Rafi K.* Intelligent Decision Support Systems A Framework. *Information and Knowledge Management*. 2012; 2(6): 12-19.
- [15] *Bernstein LS, Bozhenyuk AB.* Fuzzy graphs and hypergraphs [In Russian]. Moscow: Scientific world, 2005. 255 p.

#### About the authors

Vyacheslav Viktorovich Antonov, (b. 1956) graduated from Bashkir State University (1979), Ph.D. (2007), D.Sc. (2015). Head of the Department of Automated Control Systems of the Ufa State Aviation Technical University (USATU), Professor of the Department of Management in Internal Affairs of the Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. The list of scientific works includes more than 130 works in the field of building intelligent systems. AuthorID (РИНЦ): 530537. Author ID (Scopus): 57200254522; Researcher ID (WoS): AAH-5121-2019. antonov.v@bashkortostan.ru.

Konstantin Anatolyevich Konev, (b. 1977) graduated from Ufa State Aviation Technical University (USATU) (2000), Ph.D. (2004). Associate Professor of the Department of Automated Control Systems, USATU. The list of scientific works includes about 30 works in the field of decision support systems. AuthorID (РИНЦ): 544899. sireo@rambler.ru. ⋈.

Received March 14, .2022. Revised March 24, 2022. Accepted March 31, .2022.

116

УДК 001.92

Редакторские заметки

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-117-128

# Инструкция по подготовке научных статей для журнала «Онтология проектирования»

© 2022, Н.М. Боргест<sup>1, 2</sup>, Д.М. Козлов<sup>1</sup>, С.В. Смирнов<sup>2</sup>

#### Аннотация

Описываются правила подготовки публикации в журнале «Онтология проектирования», конкретно – научной статьи (формат и правила подготовки публикаций в ином жанре, например, редакционной передовицы, открытого письма в редакцию, сообщения о научно-организационном событии и т.п. согласовываются с Исполнительной редакцией журнала в индивидуальном порядке). Инструкция разработана от имени и по поручению Редакционной коллегии журнала; её составители руководствовались двумя главными целями – уменьшить авторам трудоёмкость подготовки статей и сократить техническое редактирование представляемых материалов при вёрстке издания. Инструкция представляет собой шаблон- инструкцию для создания оригинальной научной статьи для журнала «Онтология проектирования». Использование предлагаемого шаблона обеспечит выполнение требований, предъявляемых к оформлению материалов статьи, и облегчит работу авторов, рецензентов и издателей. В качестве инструмента для подготовки текста статьи требуется использовать редактор MS Word версии не ниже 97-2003, а как основное средство форматирования текста применять ограниченный набор стилей, принятый для журнала «Онтология проектирования» и представленный в шаблоне-инструкции. Только эти принятые стили должны использоваться при подготовке текстов рукописей статей. Примеры стилей использованы при оформлении различных элементов данного шаблона-инструкции. Зафиксирована структура научной статьи. Новым для подобных шаблонов-инструкций является формулирование обязательных требований и технических ограничений к содержанию различных составляющих статей, подготавливаемых для публикации в журнале. Ряд требований определяется этикой научных публикаций. Инструкция предназначена для авторов статей, представленных на русском языке.

**Ключевые слова:** структура статьи, содержание, стиль, примеры форматирования, инструкция, шаблон-инструкция.

**Цитирование:** Боргест Н.М., Козлов Д.М., Смирнов С.В. Инструкция по подготовке статей для журнала «Онтология проектирования» // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №1. С.117-128. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-117-128.

**Благодарности:** работа поддержана Фондом научных исследований (проект 3-2022); авторы выражают признательность членам редколлегии журнала «Онтология проектирования» за замечания и рекомендации по усовершенствованию данной инструкции.

Финансирование: подготовка инструкции спонсирована издательством «Новая техника».

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Введение

Излишне разъяснять актуальность и мотивировать необходимость надлежащего публичного представления материалов научных исследований. Требования к оформлению статьи для журнала «Онтология проектирования» [1] по мере необходимости совершенствуются и публикуются на сайте журнала в разделе «Требования» 1, где в формате шаблона- инструкции

117

<sup>1</sup> Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия

http://agora.guru.ru/display.php?conf=scientific\_journal&page=item001&PHPSESSID=9c8ub514t4da0rmbmfs17ieur1

размещена Инструкция по подготовки статей. Обязанности авторов статей указаны также на сайте в разделе «Этика»<sup>2</sup>.

Излагаемые далее сведения являются инструкцией по подготовке научных статей для журнала «Онтология проектирования». В технических деталях требования к оформлению материалов ориентированы на стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 7.0.7-2021 [2] и правила подготовки материалов научных статей, выдвигаемые отечественными и международными индексами научного цитирования (РИНЦ, Scopus, WoS, Copernicus и т.д.).

При описании правил подготовки и форматирования статьи для журнала «Онтология проектирования» используется терминология *MS Word for Windows*, поскольку для опубликования текст рукописи должен быть представлен в формате этого процессора с использованием фиксированного набора стилей, определённых в данной инструкции.

В целом инструкция (с учётом примеров, в качестве которых нужно рассматривать оформление различных структурных элементов текста) содержит достаточный набор сведений для оформления рукописи статьи.

## 1 Общие положения

Статьи представляются авторами для опубликования в журнале либо на русском, либо на английском языке.

Данная инструкция *прямо* адресуется авторам, избравшим для публикации русский язык, и требует включения в текст *ограниченного числа фрагментов* на английском языке. Если в качестве основного языка публикации выбирается английский язык, то некоторые *фрагменты* статьи надлежит представить на *русском*.

Текст рукописи должен быть подготовлен в виде файла формата *MS Word* (версия не ниже 97-2003, форматы *doc*, *docx* или *rtf*) с именем, составленным из фамилий авторов, в форме, устанавливаемой следующим образцом: *Боргест\_Козлов\_Смирнов* (см. перечень авторов данной инструкции).

*Рекомендуемый* объём статьи — от 10 до 25 страниц. В тексте использовать шрифт *Times New Roman* (исключения допускаются лишь в рисунках). Вставку специальных символов и букв греческого алфавита осуществлять командой Вставка/Символ.

Рекомендуется не пренебрегать использованием буквы «ё», тем более в случаях возможного разночтения.

При необходимости могут использоваться выделения в тексте: *курсив* и, как исключение, *полужирный курсив*.

Устанавливаются одинарный межстрочный интервал абзацев и режим автоматической расстановки переносов. Номера страниц и какие-либо колонтитулы должны отсутствовать. Параметры страницы установлены в данном шаблоне-инструкции и не подлежат изменению.

## 2 Структура статьи

Структурными элементами статьи являются:

- 1) титульная часть, которая включает:
- *индексы* УДК, *тип статьи* (различают научные, обзорные, редакционные, дискуссионные статьи, персоналии, редакторские заметки, рецензии и т.п.) и DOI,
- название статьи,
- знак охраны авторского права и перечень авторов,

\_

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> http://agora.guru.ru/display.php?conf=scientific\_journal&page=item009&PHPSESSID=h7k85u7igh88ik1s22ra3eqet6

- перечень организаций, представляемых авторами (*аффиляции* авторов),
- аннотацию статьи,
- ключевые слова,
- образец ссылки на статью для цитирования,
- благодарности и/или указание источника финансирования (необязательные элементы);
- 2) содержательная часть, включающая введение, основную часть статьи и заключение;
- 3) список источников;
- 4) сведения об авторах;
- 5) даты поступления и принятия статьи к публикации.

На английском языке представляют:

- 1) титульную часть без УДК и DOI;
- 2) списки подписей к рисункам и/или заголовков таблиц (если в статье таковые имеются);
- 3) список источников;
- 4) сведения об авторах:
- 5) даты поступления и принятия статьи к публикации.

Обязательным элементом статьи должно быть *предложение авторов о тематическом разделе журнала*, к которому, по их мнению, относится статья.

Далее рассматриваются требования и рекомендации по содержанию и оформлению каждого структурного элемента статьи. Разъяснение представления структурного элемента статьи сопровождается указанием (в угловых скобках) наименования стиля форматирования, который устанавливается для этого элемента шаблоном<sup>3</sup>.

## 3 Требования к содержанию и оформлению структурных элементов статьи на русском языке

## 3.1 Титульная часть

Для составляющих титульной части *Аннотация, Ключевые слова, Цитирование, Благо-* дарности и Финансирование делается отступ справа на 2 см.

## 3.1.1 УДК, тип статьи и DOI

Открывает статью строка с указанием индекса УДК, типа статьи и DOI (Т1 УДК-Тип статьи-DOI). Обязанность определения индекса УДК возлагается на авторов. DOI - цифровой идентификатор статьи - следует привести в виде, использованном в данном шаблоне.

#### 3.1.2 Название

Название статьи  $\langle T2$  Название статьи $\rangle$  должно содержать по возможности малое количество слов (рекомендуется  $7\pm 2$ ), описывающих содержание статьи, и определять основную из рассматриваемых в статье проблем или характеризовать предмет работы.

## 3.1.3 Знак охраны авторского права и перечень авторов

Строка начинается знаком копирайта ©, годом опубликования статьи в журнале и продолжается перечнем инициалов и фамилий авторов статьи  $\langle T3 \text{ Aвтор}(\mathbf{b}) \rangle$ . Автор, ответственный за переписку, отмечается условным изображением *конверта*  $\boxtimes$ .

.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Например, для дополнительного структурного элемента статьи «Сноска» этот стиль - (Текст сноски).

## 3.1.4 Аффиляции

Указываются наименования организаций (в именительном падеже без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т. п.), представляемых авторами (Т4 Аффиляция).

Организация упоминается в перечне *однократно*. Когда авторы представляют *разные* организации, то связь между перечнями авторов и организаций устанавливается с помощью нумерации арабскими цифрами *верхним индексом* по образцу титульной части данной инструкции.

## 3.1.5 Аннотация

Этот элемент статьи открывается заголовком (Т5 Аннотация (заголовок)), после которого следует собственно текст аннотации (Т5 Аннотация (текст)). Объём аннотации — 200-250 слов. Аннотация — это фактически реклама статьи, поэтому должна быть точной и конкретной, интересной и простой для понимания, так как она прямо влияет на то, будет ли статья прочитана в дальнейшем. В аннотации рекомендуется очертить область, предмет и задачи исследования, методы решения задач, основные гипотезы, главные результаты, их научное и практическое значение.

**Обязательным элементом** содержания аннотации является отражение оригинальности работы и новизны приведённых в статье научных результатов. Рекомендуется использование оборотов вида «впервые получено», «новизна заключается в ...», «новым является ...» и т.п.

## 3.1.6 Ключевые слова

Абзац в стиле (Т6 Ключевые слова) начинается выделяемой полужирным курсивом заставкой «*Ключевые слова*:», после которой помещается перечень ключевых слов статьи (5-10 слов или словосочетаний, состоящих не более чем из трёх слов), разделённых запятыми.

Ключевые слова являются метками статьи, которые используются не только читателем, но также индексирующими и реферирующими сервисами и базами данных. Не рекомендуется использовать слова слишком широкого значения, многословные термины; допустимы только общепринятые сокращения.

## 3.1.7 Образец для цитирования статьи

Абзац в стиле  $\langle T7$  Для цитирования $\rangle$  начинается выделяемой полужирным курсивом заставкой «*Цитирование:*», после которой помещается библиографическое описание статьи по образцу в данной инструкции.

## 3.1.8 Благодарности и/или финансирование

Абзац для каждой из этих *необязательных* составляющих оформляется в стиле (Т8 Благодарности) и начинается соответственно заставкой «*Благодарности:*» и/или «*Финансирование:*». Слова благодарности могут адресоваться организациям (учреждениям), научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи; сведения об источниках финансирования работ, подготовки и публикации статьи.

## 3.2 Содержательная часть

Редакция ориентируется на отечественный стандарт представления научноисследовательских материалов (ГОСТ 7.32-2001), приветствует и *IMRAD*-структурирование статьи. В содержательной части должны присутствовать: чёткая постановка задачи, описание сущности и методов исследования, изложение полученных результатов и указание на область их применения. Рекомендуется придерживаться стиля повествования от третьего лица.

Текст должен состоять из относительно самостоятельных, законченных частей (разделов, подразделов), удобных для осваивания читателем. Структурированный текст - это признак глубокой работы автора, свидетельство уважения к читателю и заботы о нём. Именно для читателя предназначена статья, именно ему предстоит разобраться в написанном и принять решение об использовании материала статьи. Неудачно структурированная статья затрудняет её прочтение и понимание. Мысль не должна «растекаться» на несколько страниц (это не литературное произведение), а быть содержательной, конкретной и понятной читателю.

#### 3.2.1 Введение и заключение

Заголовки этих составляющих содержательной части статьи оформляются в стиле (Заголовок ненумерованный).

Во введении (рекомендуемый объём - не более двух страниц) разъясняются мотивы, которые побудили авторов к выполнению исследования и написанию статьи, суть рассматриваемой проблемы, имеющиеся подходы к её решению, полезность работы. Цель исследования формулируется исходя из тематики и направленности журнала.

В заключении (до одной страницы) оценивается степень достижения поставленных целей работы, кратко формулируются её результаты и выводы.

#### 3.2.2 Основная часть

Количество структурных единиц основной части статьи – *разделов*, должно быть *не менее двух*. Разделы – это развернутые описания разработанных подходов, концепций, моделей, методов и полученных с их помощью результатов. Рекомендуемый объём раздела (подраздела) – не более трёх страниц.

Разделы должны иметь заголовки, выдержанные в стиле (Заголовок раздела).

Допускается введение *подразделов*, заголовки которых формируются в стиле  $\langle 3$ аголовок подраздела $\rangle$ ; возможно использование и *пунктов*, для заголовков которых используется стиль  $\langle 3$ аголовок 3, $\Pi$ ункт $\rangle$ .

Дальнейшее структурирование статьи ограничивается абзацной структурой текста, а также возможностью строить  $cnuc\kappa u$  (перечисления) двух видов –  $\langle 1 \rangle$  Список с нумерацией  $\rangle$  и  $\langle \blacksquare$  Список с буллитами $\rangle$ .

Текстовые абзацы следует оформлять, используя либо стиль  $\langle$  Абзац с отступом $\rangle$ , либо стиль  $\langle$  Абзац без отступа $\rangle$  (последний может потребоваться, например, для продолжения текста после формулы).

## 3.3 Список источников

Список использованных источников должен начинаться заголовком *Список источников* (Заголовок ненумерованный) и включать пронумерованный список источников (Источник).

Сведения об источниках следует располагать в списке в порядке появления ссылок на источники в тексте статьи. Требования к оформлению библиографических ссылок в целом ориентированы на правила *e-Library* и ГОСТ 7.0.5-2008, ГОСТ 7.1-2003, ГОСТ 7.80-2000. Примеры даны в списке источников данного шаблона-инструкции.

*Не рекомендуется излишнее самоцитирование* (не следует переходить 20-ти процентный предел для ссылок на свои работы).

## 3.4 Сведения об авторах

Сведения открываются заголовком *Сведения об авторе* (или *авторах*) в стиле (Заголовок ненумерованный) и оформляются в стиле (Абзац без отступа 10).

Сведения представляются обо всех соавторах статьи (по порядку следования в перечне авторов в титульной части, одним абзацем для каждого соавтора) с указанием для каждого автора идентификационных индексов в реферативных базах публикаций и контактного адреса электронной почты. Адрес автора, ответственного за переписку, отмечается условным изображением конверта  $\bowtie$ .

Краткая научно-биографическая справка об авторе *начинается* с указания *фамилии*, *имени*, *отчества* (полностью), года рождения, даты окончания учебных заведений, содержит сведения об учёной степени, должности, месте работы и области научных интересов.

Обязательна портретная фотография автора (размер 2,5×3 см, разрешением не ниже 300 dpi). Рекомендуется, чтобы лицо занимало не менее половины площади изображения.

## 3.5 Сведения о поступлении и подготовке статьи к публикации

Эти сведения следует отделить от предшествующего текста строкой, целиком заполненной символом подчеркивания « » в стиле (Абзац без отступа).

Окончательно сведения будут сформированы исполнительной редакцией. При подготовке статьи достаточно ограничиться здесь вставкой пустой строки в стиле (Поступление\_Рецензирование\_Принятие к публикации) и закрыть эту часть строкой, целиком заполненной символом подчеркивания «\_» в стиле (Абзац без отступа).

## 4 Требования к содержанию и оформлению структурных элементов статьи на английском языке

#### 4.1 Титульная часть

Формат англоязычной *титульной части* совпадает с её русскоязычным вариантом, но строка с УДК, стилем статьи и DOI не приводится и отступ справа не используется (см. подраздел 3.1). Формат описания статьи для цитирования включает указание языка оригинала [In Russian]. Важно обеспечить высокое качество перевода титульной части статьи, т.к. она обрабатывается международными базами данных и становится доступной для международного научного сообщества.

## 4.2 Список подписей к рисункам и заголовков таблиц

Вслед за описанными выше структурными элементами помещается список под заголовком *List of figures and tables* (Заголовок ненумерованный). В список включают сначала подписи к рисункам, имеющимся в статье, а затем - заголовки таблиц. Каждый элемент списка представляет собой отдельный абзац в стиле (Figure/Table).

## 4.3 Список источников

После списка подписей размещается *References* (Заголовок ненумерованный) - список источников на английском языке, элементы которого оформляются в том же стиле, что и список источников на русском языке. Однако формат описания источников изменяется для соответствия оформлению библиографических ссылок, принятому в зарубежных изданиях.

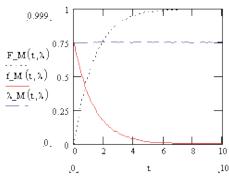
Для источников, опубликованных *не на английском языке*, библиографическое описание приводится в *переводе* на английский язык. При этом язык источника указывается в скобках, например [In Russian] или [In Germany]. Образцы оформления описания источников приведены в *References* данной инструкции.

## 4.4 Сведения об авторах и о поступлении и подготовке статьи к публикации

См. подраздел 3.4 (фотографии авторов не приводятся) и подраздел 3.5.

## 5 Иллюстрации и таблицы

На все помещаемые в статью иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки и т.п., далее рисунки) и таблицы в её тексте должны присутствовать ссылки (см. раздел 7), которые в тексте должны предварять появление иллюстрации или таблицы. Рисунок или таблица размещается на той странице, где на них впервые встречается ссылка, в крайнем случае - на следующей странице. Объект центрируется по ширине страницы, если занимает более половины её ширины, иначе - располагается у левого поля страницы, а пространство справа от него заполняется текстом (см. рисунок 1).



 $F_M(t, \lambda)$  и  $f_M(t, \lambda)$  — функция и плотность распределения интервала времени между событиями в потоке;  $\lambda M(t, \lambda)$  — интенсивность событий в потоке;  $\lambda = 0.75$ .

Рисунок 1 — Функциональные характеристики простейшего потока событий

Рисунки и таблицы должны иметь названия и номера. Используется *сквозная нумерация* (арабскими цифрами) в пределах статьи *отдельно* для иллюстраций и таблиц.

Подрисуночная подпись (Подпись к рисунку) включает слово «Рисунок», за которым помещается порядковый номер, и через тире — название иллюстрации. Точка в конце подписи к рисунку не ставится.

Между иллюстрацией и подрисуночной подписью может размещаться специальная тестовая вставка - *пояснительные данные* (Пояснительные данные к рисунку).

Рисунки 1-2 дают примеры оформления иллюстраций.

Заголовок таблицы (Заголовок таблицы) помещается над таблицей и включает слово «Таблица», номер таблицы и через тире –название таблицы (см. например, таблицу 1).

## 6 Формулы

Формулы, которые могут потребоваться при изложении, можно разделить на два класса: простые и сложные.

Простые формулы содержат обычно символы с индексами (подстрочными и/или надстрочными), а также обозначения, маркируемые специальными символами. Например:  $\lambda(t) = \delta_+(t-\xi), \ p \in (0,1), \ [\lambda_0^2 + (k-1)\lambda_1^2]/(\lambda_0\lambda_1)^2, \ \mathbf{e}^{-\lambda t}, \ k \geq \mathbf{int}[V^*(X)^{-2}] + 1.$  Следует придерживаться общепринятой для математических текстов практики использования *курсива* для строчных букв различных алфавитов, *обычного* шрифта для цифр, скобок, операций и т.п., *полужирного* шрифта для обозначения специальных функций и констант типа  $\mathbf{max}$ ,  $\mathbf{sin}$ ,  $\mathbf{\pi}$  и т.п.

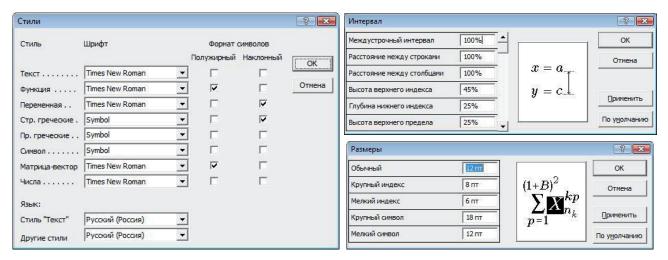


Рисунок 2 – Настройка стилей, интервалов и размеров редактора уравнений

Таблица 1 - Стили форматирования статьи для журнала «Онтология проектирования»

Структурные элементы статьи	Используемые стили оформления
Титульная часть	(Т1 УДК-Тип статьи-DOI),
	(Т2 Название статьи), (Т3 Автор(ы)), (Т4 Аффиляция),
	⟨Т5 Аннотация (заголовок)⟩, ⟨Т5 Аннотация (текст)⟩,
	⟨Т6 Ключевые слова⟩, ⟨Т7 Для цитирования⟩, ⟨Т8 Благодарности⟩
Содержательная часть	(Заголовок ненумерованный),
	(Заголовок раздела), (Заголовок подраздела), (Заголовок 3,Пункт),
	(Абзац с отступом), (Абзац без отступа),
	⟨1) Список с нумерацией⟩, ⟨■ Список с буллитами⟩,
	⟨Подпись к рисунку⟩, ⟨Пояснительные данные к рисунку⟩,
	⟨Заголовок таблицы⟩, ⟨Формула⟩, ⟨Текст сноски⟩
Список источников	⟨Заголовок ненумерованный⟩, ⟨Источник⟩
Сведения об авторах	⟨Заголовок ненумерованный⟩, ⟨Абзац без отступа 10⟩
Сведения о поступлении и	⟨Поступление_Рецензирование_Принятие к публикации⟩
подготовке статьи к публикации	
Титульная часть	(Т2 Название статьи), (Т3 Автор(ы)), (Т4 Аффиляция),
на английском языке	⟨Т5 Аннотация (заголовок)⟩, ⟨Т5 Аннотация (текст)⟩,
	⟨Т6 Ключевые слова⟩, ⟨Т7 Для цитирования⟩,
	⟨Т8 Благодарности⟩
Списки подписей	(Заголовок ненумерованный), (Figure/Table)
к рисункам и заголовков таблиц	
на английском языке	
Список источников	(Заголовок ненумерованный), (Источник)
на английском языке	
Сведения об авторах	⟨Заголовок ненумерованный⟩, ⟨Абзац без отступа 10⟩
на английском языке	
Сведения о поступлении и	⟨Поступление_Рецензирование_Принятие к публикации⟩
подготовке статьи к публикации	
на английском языке	

При наборе сложных формул следует использовать специальный *редактор уравнений* — *MS Equation*, входящий в комплект поставки *MS Word*. Редактор уравнений необходимо *настроить* для соответствия стилю фрагмента текста (*настройка сохраняется впредь до следующего её изменения*). На рисунке 2 показаны настройки редактора уравнений, обеспечивающие соответствие его работы формату абзаца содержательной части статьи.

Формулы могут быть помещены в отдельный абзац стиля (Формула):

$$Ps(c_i) = Pr(c_i) \cup \left(\bigcup_{c_j \in \mathbb{R}^* \ x(c_i)} Pr(c_j)\right).$$

После формулы должен стоять знак пунктуации (запятая, точка).

Формулы, на *которые имеются ссылки в тексте* (см. раздел 7), нумеруются. Такие формулы *обязательно* помещаются в отдельные абзацы стиля  $\langle \Phi$ ормула $\rangle$  и нумеруются *вручную справа*. Следует придерживаться сквозной нумерации формул для всей статьи. Например,

$$\forall i, k \ i \neq k \to \exists j \ b_{ij} \neq b_{ki}, \tag{1}$$

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } a_{ij} \neq \text{None;} \\ 0 \text{ в противоположном случае.} \end{cases}$$
 (2)

#### 7 Ссылки

Рекомендации по оформлению прямых ссылок между различными структурными единицами статьи сводятся к следующему.

- Для ссылок на *введение*, *заключение*, *раздел*, *подраздел*, *пункт* используются выражения вида «… во введении», «… см. раздел 3», «… из подраздела 3.4», «… как в пункте 3.4.1».
- При ссылке на *рисунок* и *таблицу* обязательно используются слова «рисунок» и «таблица», например, «... на рисунке 1», «... в соответствии с рисунком 3», «... в таблице 1».
- Ссылка на формулу должна содержать её номер в скобках, например, «... в формуле (1)», «... правило (2)», «... на основании (3)».
- Ссылка на *источник* указывает номер его описания в списке источников, заключённый в квадратные скобки, например [4].

При *одновременной ссылке на несколько однородных* структурных единиц статьи следует придерживаться следующих правил: перечислять номера структурных единиц в возрастающем порядке; использовать запятые и союз «и» для перечисления номеров, дефис - в обозначении их диапазона.

Примеры таких ссылок: «... в разделах 1 и 3-5», «... на рисунках 1 и 2», «... согласно (1)-(3)», [1, 2, 4], [3-5, 12], [8-10].

#### Заключение

Ориентируясь на лучшие отечественные и мировые практики $^{4,5,6}$ , редакция считает своим долгом ещё раз напомнить основные требования к нашим потенциальным авторам.

Авторам также необходимо убедиться в том, что статья соответствует тематике журнала, и определить, к какому разделу журнала относятся результаты выполненных исследований: общие вопросы формализации проектирования; прикладные онтологии проектирования; инжиниринг онтологий; методы и технологии принятия решений.

125

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Guide for Authors. - https://www.elsevier.com/journals/engineering-fracture-mechanics/0013-7944/guide-for-authors; - http://health.elsevier.ru/for-authors/.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Рекомендации авторам ПТЭ по подготовке статей к печати. - http://www.maik.ru/journals/p/pribory/rus/recom.pdf.

 $<sup>^6</sup>$  Якшонок  $\Gamma$ .П. Рекомендации авторам по подготовке публикации в международном рейтинговом журнале с использованием доступных информационных ресурсов Elsevier. - http://lib.ifmo.ru/file/news/92/2.pdf.

## Список источников

- [1] Онтология проектирования. Научный журнал. Официальный сайт. http://agora.guru.ru/scientific journal/.
- [2] ГОСТ Р 7.0.7-2021. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Статьи в журналах и сборниках. Издательское оформление. М.: Стандартинформ, 2021. 22 с.
- [3] Formal Concept Analysis Homepage. http://www.upriss.org.uk/fca/fca.html.
- [4] **Боргест Н.М.** Автоматизация предварительного проектирования самолета. Учеб. пособие. Самара: Самарский авиационный институт, 1992. 92 с.
- [5] *Боргест Н.М., Данилин А.И., Комаров В.А.* Краткий словарь авиационных терминов. М.: Изд-во МАИ, 1992. 224 с.
- [6] Wille R, Ganter B. Formale Begriffsanalyse. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1996. 290 p.
- [7] *Ganter B., Wille R.* Conceptual scaling // In: F. Roberts (ed.): Applications of Combinatorics and Graph Theory to the Biological and Social Sciences. New York: Springer-Verlag, 1989. P.139-167.
- [8] **Виноградов И.Д., Виттих В.А., Карпов В.М., Москалюк А.Н, Смирнов. С.В.** Изучение автомобильного рынка на основе онтологий потребительских предпочтений // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2005. № 1. С.2-7.
- [9] *Guarino N.* Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation // Int. J. of Human Computer Studies. 1995. Vol. 43(5/6). P.625-640.
- [10] **Нитипанова Г.П., Смирнов С.В.** Онтологический анализ предметной области задачи базирования детали // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIII международной конф. (15-17 июня 2011 г., Самара, Россия). Самара: СамНЦ РАН, 2011. С.85-94.
- [11] *Sertkaya B.* A survey on how description logic ontologies benefit from FCA // In: Proc. of the 7th Int. Conf. on Concept Lattices and Their Applications (Sevilla, Spain, October 19-21, 2010). University of Sevilla, 2010. P.2-21.
- [12] Lammari N., du Mouza C., Metais E. POEM: an Ontology Manager based on Existence Constraints // In: S.S. Bhowmick, J. Küng, R. Wagner (eds.): Database and Expert Systems Applications. Proc. 19th Int. Conf. DEXA 2008 (Turin, Italy, September 1-5, 2008). Lecture Notes in Computer Science, vol. 5181. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. P.81-88.

#### Сведения об авторах



**Боргест Николай Михайлович**, 1954 г. рождения. Окончил Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королёва (КуАИ) в 1978 г., к.т.н. (1985). Профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского университета, с.н.с. ИПУСС РАН. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта (РАИИ), Международной ассоциации по онтологиям и их приложениям (IAOA). В списке научных трудов более 200 работ в области САПР и ИИ. Author ID (РИНЦ): 9142; Author ID (Scopus): 6603474810; Researcher ID (WoS): B-4793-2014. *borgest@yandex.ru*. ⋈.

**Козлов Дмитрий Михайлович**, 1943 г. рождения. Окончил КуАИ в 1967 г., к.т.н. (1974). Доцент кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского университета. В списке научных трудов около 100 работ. Author ID (РИНЦ): 176166; Author ID (Scopus): 57194559630. kozlov@ssau.ru.



**Смирнов Сергей Викторович**, 1952 г. рождения. Окончил КуАИ в 1975 г., д.т.н. (2002). Главный научный сотрудник Института проблем управления сложными системами Самарского федерального исследова-

тельского центра РАН, профессор Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Член РАИИ, IAOA. В списке научных трудов более 170 работ в области прикладной математики, компьютерного моделирования, создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений. ORCID: 0000-0002-3332-5261; Author ID (PИНЦ): 17628; Author ID (Scopus): 57205017287. smirnov@iccs.ru.

Поступила в редакцию 01.02.2022, после рецензирования 24.02.2022. Принята к публикации 11.03.2022.

## Article preparation guidelines for the «Ontology of Designing» journal

© 2022, N.M. Borgest<sup>1,2</sup>, D.M. Kozlov<sup>1</sup>, S.V. Smirnov<sup>2</sup>

Institute for the Control of Complex Systems of the Russian Academy of Science, Samara, Russia

#### **Abstract**

This article describes the requirements for a scientific article for the Ontology of designing journal. Other type of publications such as a leading article, an open letter to the editor, a message about a scientific event, etc. are to be agreed with the Executive Editorial Board of the journal on an individual basis). The instructions were prepared by the Editorial Board of the journal, who were guided by two main goals: first, to reduce the complexity of the preparation of articles for the authors and, second, if possible, to reduce the technical editing of the submitted materials. In fact, it is a template for preparing an article, the use of which will ensure that all the requirements for the materials are met, and significantly facilitate the work of authors and publishers. For text preparation it is proposed to use a MS Word editor 97-2003 version or later, and for text formatting to use a fixed set of styles approved for the «Ontology of Designing» journal and shown in this guide. Only the styles provided in this document should be used for preparing the articles. The examples of styles are presented in this article. The structure of the scientific article is fixed. The novelty for such instructions is the formulation of mandatory requirements and technical restrictions to the content of various part of articles prepared for publication in the journal. A number of requirements are determined by the ethics of scientific publications. The instruction template is intended for authors of articles submitted in Russian.

Key words: article structure, content, style, formatting examples, instruction, sample template.

*For citation: Borgest NM, Kozlov DM, Smirnov SV.* Article preparation guidelines for the «Ontology of Designing» journal [In Russian]. *Ontology of designing*. 2022; 12(1): 117-128. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-117-128.

**Acknowledgment:** This work was supported by the Scientific Research Foundation (project 3-2022). We express our gratitude to the members of the Editorial Board who made comments and recommendations for improving this manual.

Financial Support: The preparation of the instruction was sponsored by "New Engineering" LLC (publishing house).

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

## List of figures and tables

- Figure 1 The functional characteristics of the simplest flow of events
- Figure 2 Customizing Equation Editor Styles, Spacing, and Sizing
- Table 1 Formatting styles of articles for the journal "Ontology of designing"

#### References

- [1] Ontology of designing. Scientific journal. http://agora.guru.ru/scientific\_journal.
- [2] GOST 7.32-2001. System of standards on information, librarianship and publishing. The research report. Structure and rules of presentation. [In Russian]. Minsk: Interstate council on standardization, metrology and certification; 2001.
- [3] Formal Concept Analysis Homepage. Source: http://www.upriss.org.uk/fca/fca.html.
- [4] Borgest NM. Aircraft preliminary design automation [In Russian]. Samara: Samara aviation institute; 1992. 92 p.
- [5] *Borgest NM, Danilin AI, Komarov VA.* Short dictionary of aviation terms [In Russian]. Moscow: MAI publ.; 1992. 224 p.
- [6] Wille R, Ganter B. Formal Concept Analysis [In Germany]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1996. 290 p.
- [7] *Ganter B, Wille R.* Conceptual scaling. In: F Roberts (ed.): Applications of Combinatorics and Graph Theory to the Biological and Social Sciences. New York: Springer-Verlag, 1989: 139-167.
- [8] Vinogradov ID, Vittikh VA, Karpov VM, Moskaluk AN, Smirnov SV. The Development of Knowledge Integration System for CE Support at an Automobile Enterprise [In Russian]. Bulletin of Computer and Information Technology. 2005; 1: 2-7.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Samara University (Samara National Research University named after academician S.P. Korolev), Samara, Russia

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Science,

- [9] *Guarino N.* Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation. Int. J. of Human Computer Studies. 1995; 43(5/6): 625-640.
- [10] *Nitipanova GP, Smirnov SV*. Ontological analysis of the parts positioning domain [In Russian]. In: Complex Systems: Control and Modeling Problem, proc. of the XIII Int. Conf. (Samara, Russia, 2011, June 15-17). Samara: Samara Scientific Center of RAS; 2011: 85-94.
- [11] *Sertkaya B.* A survey on how description logic ontologies benefit from FCA. In: Concept Lattices and Their Applications: Proc. of the 7th Int. Conf. (Sevilla, Spain, 2010, October 19-21). University of Sevilla, 2010: 2-21.
- [12] Lammari N, du Mouza C, Metais E. POEM: an Ontology Manager based on Existence Constraints. In: S.S. Bhowmick, J. Küng, R. Wagner (eds.): Database and Expert Systems Applications. Proc. 19th Int. Conf. DEXA 2008 (Turin, Italy, September 1-5, 2008). Lecture Notes in Computer Science, vol. 5181. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008: 81-88.

#### About the authors

Nikolay Mikhailovich Borgest (b. 1954) graduated from the Korolyov Aviation Institute (Kuibyshev, USSR) in 1978, PhD (1985). He is a Professor at Samara University (Department of construction and design of aircraft). He is a member of Russian Association of Artificial Intelligence and International Association for Ontology and its Applications. He is a co-author of about 200 scientific articles and abstracts in the field of CAD and AI. Author ID (RSCI): 9142; Author ID (Scopus): 6603474810; Researcher ID (WoS): B-4793-2014. borgest@yandex.ru.

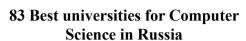
**Dmitry Mikhailovich Kozlov** (b. 1943) graduated from the Korolyov Aviation Institute (Kuibyshev, USSR) in 1967, PhD (1974). He is a Professor at Samara University (Department of construction and design of aircraft). He is a coauthor of about 100 scientific articles and abstracts. Author ID (RSCI): 176166; Author ID (Scopus): 57194559630. *kozlov@ssau.ru*.

Sergey Victorovich Smirnov (b. 1952) graduated from the Korolyov Aviation Institute (Kuibyshev, USSR) in 1975, D. Sc. Eng. (2002). Chief Researcher at Institute for the Control of Complex Systems of Russian Academy of Sciences, professor at Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics. He is a member of Russian Association of Artificial Intelligence and International Association for Ontology and its Applications. He is a co-author of more than 170 publications in the field of applied mathematics, complex systems simulation and development knowledge based decision support systems in control and management. ORCID: 0000-0002-3332-5261; Author ID (RSCI): 17628; Author ID (Scopus): 57205017287. smirnov@iccs.ru.

Received February 1, 2022. Revised February 24, 2022. Accepted March 11, 2022.

## Rankings of 14160 universities in 183 countries for 246 topics

https://edurank.org/



https://edurank.org/cs/ru/

St. Petersburg State University #1 in Russia, #147 in Europe, #394 in the World

Moscow State University

#2 in Russia, #233 in Europe, #586 in the World

National Research University Higher School of Economics

#3 in Russia, #296 in Europe, #743 in the World

ITMO University

#4 in Russia, #425 in Europe, #1179 in the World

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

#5 in Russia, #475 in Europe, #1402 in the World

Moscow Institute of Physics and Technology #6 in Russia, #487 in Europe, #1479 in the World

National Research Nuclear University MEPI #7 in Russia, #517 in Europe, #1596 in the World

Southern Federal University

#8 in Russia, #520 in Europe, #1626 in the World

Kazan Federal University

#9 in Russia, #543 in Europe, #1725 in the World

Novosibirsk State University

#10 in Russia, #558 in Europe, #1811 in the World

Tomsk Polytechnic University

#11 in Russia, #571 in Europe, #1896 in the World

Bauman Moscow State Technical University #12 in Russia, #572 in Europe, #1898 in the World

Tomsk State University

#13 in Russia, #583 in Europe, #1937 in the World

Petersburg State Electrotechnical University

#14 in Russia, #610 in Europe, #2121 in the World

Ural Federal University

#15 in Russia, #614 in Europe, #2138 in the World

**RUDN** University

#16 in Russia, #625 in Europe, #2190 in the World

Samara National Research University

#17 in Russia, #657 in Europe, #2315 in the World

Saratov State University



## 37 Best universities for Artificial Intelligence in Russia

https://edurank.org/cs/ai/ru/

Moscow State University

#1 in Russia, #194 in Europe, #547 in the World

St. Petersburg State University

#2 in Russia, #195 in Europe, #548 in the World

National Research University Higher School of Economics

#3 in Russia, #250 in Europe, #667 in the World

Moscow Institute of Physics and Technology #4 in Russia, #374 in Europe, #1046 in the World

ITMO University

#5 in Russia, #385 in Europe, #1075 in the World

Southern Federal University

#6 in Russia, #465 in Europe, #1422 in the World

Bauman Moscow State Technical University #7 in Russia, #486 in Europe, #1524 in the World

National Research Nuclear University MEPI #8 in Russia, #494 in Europe, #1569 in the World

Samara National Research University

#9 in Russia, #501 in Europe, #1597 in the World

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

#10 in Russia, #528 in Europe, #1720 in the World

Kazan Federal University

#11 in Russia, #533 in Europe, #1736 in the World

Tomsk Polytechnic University

#12 in Russia, #559 in Europe, #1894 in the World

Saint Petersburg State Electrotechnical University

#13 in Russia, #579 in Europe, #1984 in the World

Saratov State University

#14 in Russia, #586 in Europe, #2012 in the World

Ural Federal University

#15 in Russia, #593 in Europe, #2047 in the World

Siberian State Aerospace University

#16 in Russia, #597 in Europe, #2068 in the World

Novosibirsk State University

#17 in Russia, #605 in Europe, #2128 in the World

Novosibirsk State Technical University

#18 in Russia, #675 in Europe, #2430 in the World  $\mid$  #18 in Russia, #614 in Europe, #2189 in the World