

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

УДК 004.8:001

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-136-157



Онтология проектирования научного направления: формирование, развитие, примеры

© 2022, Н.М. Боргест

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, Самара, Россия
Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара, Россия*

Аннотация

В статье представлен авторский взгляд на онтологию научного направления и онтологию проектирования научного направления, который обсуждался на научном семинаре «Онтология проектирования» в феврале 2021 года. Очередная смена классификации научных дисциплин, представленная Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, и последовавшая за этим перестройка квалификационной структуры российской науки определили актуальность темы, затрагиваемой в статье. Делается попытка проанализировать - что есть, что включают и из чего состоят научные: достижения, направления, дисциплины, проблемы, научно-обоснованные решения; являются ли эти термины понятиями, каковы их определения и атрибутированы ли они, есть ли согласие по их содержанию в научном сообществе. Основной целью исследования было определить понятие «научное направление», выявить и обосновать его атрибуты, привести примеры научных направлений. Показано, что эволюция научного знания включает в себя разные стадии жизненного цикла научных дисциплин, степень зрелости которых хорошо коррелирует с кривой Гартнера. Основными атрибутами понятия «научное направление», по мнению автора, являются его: истоки, ключевые термины, научный базис, границы, механизм формирования и ожидаемый эффект от его развития. Наличие этих атрибутов в разной степени разработанности позволяет утверждать о сформированном научном направлении, а отсутствие хотя бы одного атрибута говорит лишь о фрагментарном поиске своего пути в науке. Для квалификационной оценки разработчика научного направления требуется подтверждение участия в формировании научного направления, т.е. наличия у исследователя личностного опыта и вклада в это направление. В качестве примеров рассмотрены научные направления, сформированные в Самарском университете, в частности, «Компьютерная оптика» и «Онтология проектирования».

Ключевые слова: системный анализ, классификация науки, научная дисциплина, научное направление, научная специальность, онтология, онтология проектирования.

Цитирование: Боргест Н.М. Онтология проектирования научного направления: формирование, развитие, примеры // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №2(44). С.136-157. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-2-136-157.

Благодарности: автор выражает признательность членам редколлегии, читателям и авторам журнала «Онтология проектирования» за активное участие и поддержку в разработке научного направления «Онтология проектирования».

Финансирование: финансовую поддержку разработке научного направления «Онтология проектирования» на разных этапах его формирования оказывали: Самарский университет, ИПУСС РАН и ООО «Новая техника».

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

«Товарищи, бросим замашки торгашьи
 - моя, мол, поэзия - мой лабаз! -
 Всё, что я сделал, всё это ваше -
 рифмы, темы, дикция, бас!
 Что может быть капризной славы и пепельней?
 В гроб, что ли, брать, когда умру?
 Наплевать мне, товарищи, в высшей степени
 на деньги, на славу и на прочую муру!
 Чем нам делить поэтическую власть,
 сгрудим нежность слов и слова-бичи,
 и давайте без завистей и без фамилий класть
 в коммунову стройку слова-кирпичи...»

Маяковский В.В. Послание пролетарским поэтам, 1926 г.

«Люди не способны понять, что их личное счастье зависит от гармонии с окружающим миром. Они постоянно стремятся доказать свое превосходство над другими. Им необходимо соревнование. А в соревновании всегда есть победители и проигравшие»
 Бернар Вербер. Дыхание богов, 2005 г. [1]

Введение

Призыв В.В. Маяковского к поэтам близок и тем, кто бескорыстно трудится на поприще современной науки. Это было характерно для ранних философских школ [2], имеет место и в новых реалиях. Создание научной школы (НШ), научного направления (НН), пестование и выращивание учеников, продвижение и углубление знаний в выбранном направлении, актуализация и адаптация знаний к нуждам общества, формирование механизма перманентного обсуждения и фиксации накопленных знаний, и здесь же стоит вопрос о квалификационной оценке тех, кто сотворил используемое обществом ЗНАНИЕ!..

Стремление к знаниям, к обладанию ими, которое проявляется в констатации первенства в открытии новых законов природы, новых закономерностей, новых теорий, и, в итоге, признания приоритета в науке – врождённое чувство, характерное для *homo sapiens*, для творчески ориентированной, эволюционно развивающейся личности. Научное сообщество, состоящее из этих увлечённых своими идеями людей, рассматривает науку как деятельность, направленную на выработку объективных, системно организованных и обоснованных знаний о мире [3]. При этом свободное распространение добытых знаний не всегда возможно и не всегда оправданно. Одни его обладатели рассматривают его как товар, пытаясь извлечь выгоду, продавая знания, и здесь конкуренция знаний и их носителей типична для рыночной экономики. Другие щедро делятся знаниями (см. эпиграф В.В. Маяковского), получая удовлетворение от их продвижения и развития, соревнуясь в качестве его трансляции, в создании всегда лишь временно устойчивых научных связей и направлений.

«Мы должны признать очевидное: понимают лишь те, кто хочет понять» - именно этой фразой, приписываемой французскому философу Бернару Верберу [1], начинался совместный научный семинар «Онтология проектирования»¹, который проходил в феврале 2021 года в Самарском университете с участием коллег из ИПУСС РАН, Уфимского государственного авиационного технического университета и других организаций. На этом семинаре рассматривался вопрос об онтологии НН, где в качестве примера обсуждалась онтология проектирования, как научная дисциплина (НД). Данная статья – это развёрнутое изложение представ-

¹ Самарский университет и ИПУСС РАН приглашают на семинар "Онтология проектирования". 01.02.2021 - <https://ssau.ru/news/18814-samarskiy-universitet-i-ipuss-ran-priglasayut-na-seminar-ontologiya-proektirovaniya>. «Онтология научного направления: формирование, развитие, примерь». Докладчик: Боргест Н.М., профессор кафедры КиПЛА, с.н.с. ИПУСС РАН. <https://www.ontology-of-designing.ru/4-февраля-2021-года-16-00/>.

ленного доклада с учётом замечаний и пожеланий, которые поступили во время семинара, анализа новой номенклатуры научных специальностей (НС) в России, НН и НШ в Самарском университете, а также развитие опубликованного материала о личностном опыте автора в разрабатываемом НН [4].

1 Эволюция классификации научных дисциплин

Важным мотивом написания данной статьи явилась очередная смена классификации НД, представленная Высшей аттестационной комиссией (ВАК) при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации [5], и последовавшая за этим перестройка квалификационной структуры российской науки. Обновление номенклатуры НС – это *естественный и необходимый процесс*, устанавливающий на определённом временном отрезке вектор развития науки, появление новых, трансформацию уже сложившихся НД. В историческом смысле говорить об отмирании, устаревании знаний было бы неправильно, тем более по отношению к их авторам. На определённом этапе цивилизационного развития эти знания давали возможность представить, описать и объяснить наблюдаемые явления и процессы, были платформой для формирования новых теорий, которые показали свою состоятельность уже на следующем этапе познания мироздания. И крылатая фраза Исаака Ньютона: «Если я и видел дальше, то только стоя на плечах гигантов» [6], говорит именно об этом.

Важно учесть не только прошлый опыт, но и предыдущие классификации науки, попытаться по возможности сохранить преемственность (в т.ч. терминологическую, понятийную), не допускать дисциплинарных разрывов, и, расширяя горизонты науки, стремиться увязывать новые знания, новые взгляды с уже сложившимися представлениями. Рекомендации Президиума ВАК о сопряжении новых и прежних НС с небольшим опозданием и не в полной мере ликвидируют этот пробел [7]. Однако эволюция научного знания предполагает развитие т.н. «стыковых зон», где могут быть наиболее продуктивны результаты исследований и где появляются новые ветки развития наук, которые вбирают в себя знания из различных НН. Сопряжение в данном случае по определению не может полностью покрывать прежнюю классификацию наук. Поэтому требования ВАК к научным журналам, развивающим новые НН, по количеству групп НС и НС не всегда оправдано в силу дискуссионной дифференциации эволюционирующей науки. Здесь, думается, надо доверять научному сообществу, сформировавшему и развивающему в журнале своё НН, например, как это сделано для ведущих университетов, самостоятельно формирующих состав диссертационных советов и выносящих окончательное заключение о квалификации работ, представляемых соискателями в эти советы.

Развитие НН «Искусственный интеллект» (ИИ) наконец-то нашло отражение в российской официальной науке². Так, в группе НС «Компьютерные науки и информатика» появилась специальность «Искусственный интеллект и машинное обучение» [5]. Однако появление этой группы НС в естественных науках в данной номенклатуре во многом дублирует ряд групп НС в области технических наук, особенно в группе «Информационные технологии и телекоммуникации». С одной стороны, это говорит о расширении научного поиска в другие области, а, с другой стороны, об идущих интеграционных процессах научной мысли и пересечениях областей наук, в данном случае естественной и технической.

К сожалению, у некоторой части молодого поколения исследователей, занимающихся машинным обучением (МО), сложилось мнение, что МО и есть ИИ. Однако для специалистов, давно занимающихся ИИ, хорошо известно понятие символьного ИИ, который основан на формализации знаний человека о предметной области (ПрО), о терминах и понятиях, о

² В прежней номенклатуре научных специальностей ИИ отсутствовал. Приказ Минобрнауки РФ от 23.10.2017. N 1027.

сущностях и процессах в ней (см. например [8, 9]). К этому же символьному направлению ИИ можно отнести и работы по созданию систем автоматизации различных процессов, в т.ч. и системы автоматизации проектирования (см. например [10]). До появления МО именно специалисты по системам автоматизации шли в авангарде работ над системами с ИИ. Это работы академиков СССР В.М. Глушкова, Г.С. Поспелова, проф. Д.А. Поспелова и мн.др.

Символьный ИИ и МО - это два крыла ИИ, который «относится к автоматизированным машинным технологиям, обладающим хотя бы некоторой способностью к самоуправлению, которые могут для заданного набора целей, определённых человеком, делать прогнозы, рекомендации или решения, влияющие на реальную или виртуальную среду» [11]. В то время как «МО — это лишь подмножество ИИ. Системы МО получают входные данные в виде обучающих данных, а затем генерируют правила, которые создают выходные данные. Системы МО «учатся» на примерах, предоставленных в виде обучающих данных, а не получают явное программирование от людей. В последние годы растущая доступность очень больших наборов данных, развитие доступных вычислительных мощностей и другие технические достижения сделали МО полезным и многообещающим для различных приложений» [12].

Новая НС «Искусственный интеллект и машинное обучение» в группе НС «Компьютерные науки и информатика» в новой классификации расположена в области естественных наук между группами «Математика и механика» и «Физические науки». Следует полагать, что положение новой НС по ИИ и МО ориентирует отнесение к ней результатов исследований, получаемых с помощью математического моделирования, численных методов и машинной обработки данных. В то время как место символьного ИИ в новой классификации - в группе НС «Информационные технологии и телекоммуникации» в технических науках. Результаты исследований символьного ИИ могут быть представлены (отнесены) как и прежде в НС «Системный анализ, управление и обработка информации», а также в НС «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования», «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», «Информатика и информационные процессы».

Разработчики новой номенклатуры НС дальнейшее развитие НС «Системы автоматизации проектирования» нашли в уже упомянутой специальности «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования», а также в других тематических группах технических наук. Так, в группе НС «Строительство и архитектура» — в НС «Управление жизненным циклом объектов строительства», в группе «Машиностроение» — в НС «Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий», в группе «Транспортные системы» — в НС «Интеллектуальные транспортные системы» и «Логистические транспортные системы» [7].

В новой номенклатуре в социальных и гуманитарных науках отрадно появление новой группы НС «Когнитивные науки». В этой группе пересечение знаний в естественных, технических и социально-гуманитарных науках объединяет философов, психологов, биологов, медиков, филологов, математиков, физиков и инженеров. В этой группе новая НС «Когнитивное моделирование» связывает интересы учёных из отраслей философских, физико-математических и технических наук, что очень близко тем, кто работает в НН «Онтология проектирования».

Анализ новой номенклатуры НС показал доминирование технических и физико-математических специальностей, что отражает потребность в детализации и углублении знаний, необходимых для преобразования среды обитания, создания артефактов, описания действительности (см. рисунок 1). Следующими по количеству НС идут медицинские, биологические и химические специальности, что также свидетельствует о цивилизационной потребности углубления знаний в этих областях.

Стоит считать ошибочной появление уникальной отрасли наук «Культурологические», которая лишь однажды заявлена в группе НС «Исторические науки» в НС «Документалистика, документоведение, архивоведение». При том, что есть идентичная отрасль науки «Культурология», которая присутствует в группе НС «Искусствоведение и культурология». Думается, что и «Теология» могла бы органично войти в отрасль науки «Культурология», сократив чрезмерное количество научных отраслей в этой общей классификации.

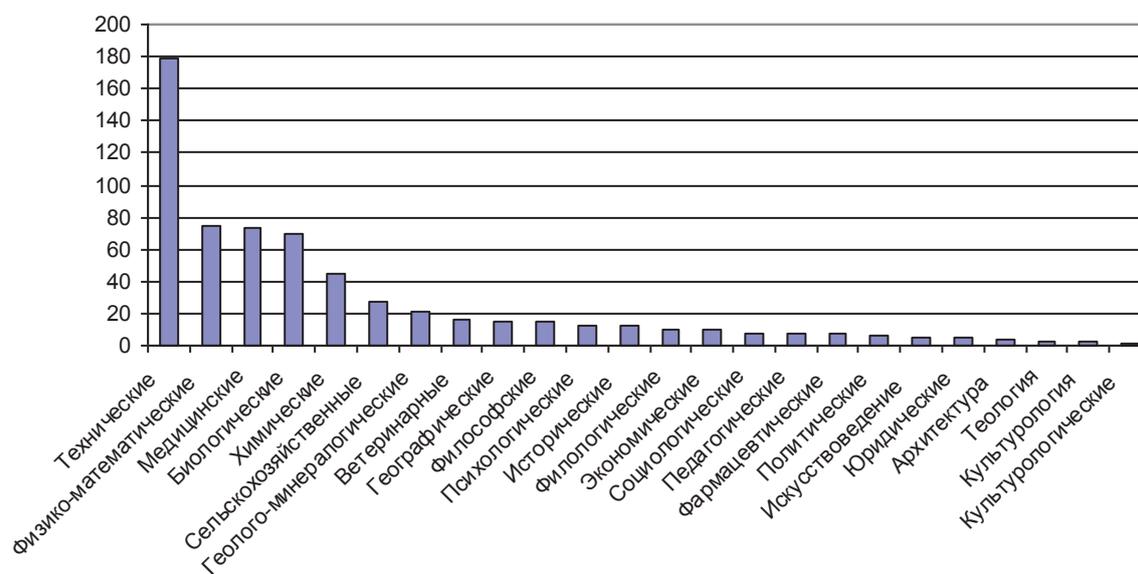


Рисунок 1 – Количество научных специальностей по научным отраслям (согласно [5])

Распределение НС по научным областям в новой классификации показано на рисунке 2. Здесь нет явного доминирования, но первенство остаётся за техническими и естественными науками. Медицинские НС при этом уступили социальным и гуманитарным НС. Замыкает картину по количеству НС область сельскохозяйственных наук.

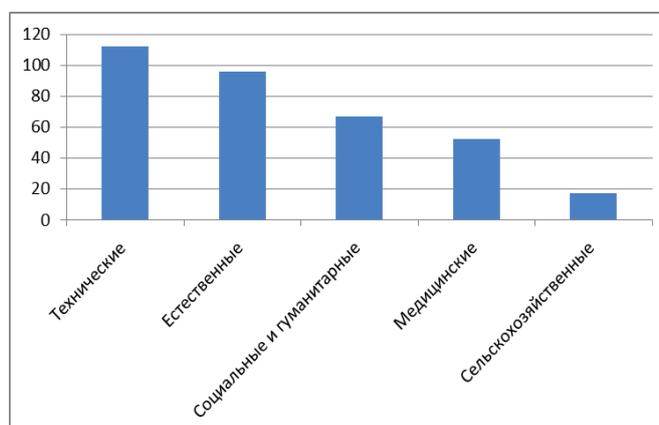


Рисунок 2 – Количество научных специальностей по областям науки (согласно [5])

При том, что количество НС в области сельскохозяйственных наук минимальное, удивительно, но НС сельскохозяйственной научной отрасли присутствуют во всех научных областях (см. таблицу 1). Также во всех областях науки присутствуют и НС биологической отрасли науки.

При этом доминирующие везде технические НС отсутствуют в медицинской области науки, в которой, казалось бы, развитие медицинской техники — явный тренд в современной медицинской научной сфере и в практической медицине. В новой номенклатуре минимальное количество групп НС в области сельскохозяйственных наук и максимальное в социальных и гуманитарных науках свидетельствует о несопоставимости объёма накопленного и выработанного знания в этих науках.

Таблица 1 – Распределение отраслей науки по областям науки (согласно [5])

Наименование области науки				
Естественные	Технические	Медицинские	Сельско- хозяйственные	Социальные и гуманитарные
Наименование отраслей науки				
<i>Биологические</i> Ветеринарные Географические Геолого- минералогические Медицинские Психологические <i>Сельско- хозяйственные</i> Технические Фармацевтические Физико- математические Химические Экономические	Архитектура <i>Биологические</i> Геолого- минералогические Искусствоведение <i>Сельско- хозяйственные</i> Технические Физико- математические Химические	<i>Биологические</i> Ветеринарные Медицинские <i>Сельско- хозяйственные</i> Фармацевтические Химические	<i>Биологические</i> Ветеринарные <i>Сельско- хозяйственные</i> Технические Химические	Архитектура <i>Биологические</i> Ветеринарные Географические Геолого- минералогические Искусствоведение Исторические Культурологические Культурология Медицинские Педагогические Политические Психологические <i>Сельско- хозяйственные</i> Социологические Теология Технические Физико- математические Филологические Философские Химические Экономические Юридические
Количество отраслей науки в области науки				
12	8	6	5	23

Краткий анализ новой классификации позволяет утверждать о наличии объективных трудностей «разделения» знаний, о различии опыта и взглядов разработчиков на соответствие и отнесение тех или иных результатов в науке в «прокрустово ложе», в жёсткие границы заданной номенклатуры. Тем не менее, эта работа очень важна и нужна науке, и онтология науки с учётом достижений современных информационных технологий может быть тем инструментом, который позволит актуализировать представления о границах научного поиска и взаимосвязи научного знания.

В область социальных и гуманитарных наук (таблица 1) отнесены все отрасли науки за исключением фармацевтической, которая присутствует лишь в областях естественных и медицинских наук. Наибольшая трудность для разработчиков номенклатуры НС проявилась при классификации в группах НС исторических и биологических наук. Здесь наибольшее количество отраслей наук в одной НС содержит специальность «История науки и техники» (12 отраслей); «Биотехнология» - 7 отраслей, по шесть отраслей у НС «Генетика» и «Экология», пять отраслей у НС «Биохимия», «Физиология человека и животных» и «Океанология» (см. таблицу 2). Остальные НС удалось классифицировать в меньшее количество отраслей наук.

Вызывает сомнения целесообразность предложенного в номенклатуре НС «смешения» областей и отраслей науки с НС. Возможно, что отсутствие выработанных атрибутов этих понятий является причиной их иерархической неопределённости, вложенности, включённости, нестрогой классификации.

Современный этап состояния науки характеризуется бурным развитием и непрерывным накоплением знания, вовлечением в его производство миллионов исследователей, бесконечным, разноплановым и разнородным информационным потоком – продуктом цифровизации всех процессов в обществе. Этими фактами, а также отсутствием целостной онтологии науки, её понятийного аппарата, модели её развития обусловлена проблема структурирования науки в форме классификации (или т.н. номенклатуры НС). Возможно, что создаваемые порталы знаний (например [13, 14]) могли бы послужить основой для создания компьютерной онтологии науки, удобной для коллективного обсуждения и фиксации согласованных позиций специалистами-предметниками. Думается, что введение новых стандартов по онтологиям высшего уровня и общей логике [15-17] будет способствовать созданию подобной онтологии.

Концептуально важно определить - что есть и из чего состоят научные: достижения, направления, дисциплины, проблемы, научно-обоснованные решения; являются ли эти термины понятиями, каковы их определения и атрибутированы ли они, есть ли согласие по их содержанию в научном сообществе, как они связаны с оценкой результатов научных исследований и оценкой квалификации учёных. Эти актуальные для науки вопросы стоят в центре внимания регулирующих органов, которые своими нормативными документами и актами формируют критерии и, в конечном итоге, вектор развития науки, стимулируя и направляя исследователей в актуальные для общества сферы.

Таблица 2 – Научные специальности, включающие наибольшее количество отраслей науки (согласно [5])

Группа научных специальностей	Научная специальность	Отрасль науки	Кол-во отраслей науки
Исторические науки	История науки и техники	Архитектура Биологические Ветеринарные Географические Геолого-минералогические Исторические Медицинские Сельскохозяйственные Технические Физико-математические Философские Химические	12
Биологические науки	Биотехнология	Биологические Ветеринарные Медицинские Сельскохозяйственные Технические Фармацевтические Химические	7
	Генетика	Биологические Ветеринарные Медицинские Психологические Сельскохозяйственные Химические	6
	Экология	Биологические Ветеринарные Медицинские Сельскохозяйственные Технические Химические	6
	Биохимия	Биологические Ветеринарные Медицинские Сельскохозяйственные Химические	5
	Физиология человека и животных	Биологические Ветеринарные Медицинские Сельскохозяйственные Химические	5
Науки о Земле и окружающей среде	Океанология	Биологические Географические Геолого-минералогические Технические Физико-математические	5

Интересен опыт США в близкой сфере по развитию ИИ, когда созданная структура (Национальный исследовательский ресурс в области ИИ, *National Artificial Intelligence Research Resource, NAIRR*³) формирует Целевую группу для подготовки соответствующего отчёта [18]. Целевая группа проводит консультации с экспертами и заинтересованными сторонами из разных секторов; получает информацию об использовании ресурсов облачных вычислений для поддержки исследований в области ИИ, финансируемых из федерального бюджета. Одновременно с публикацией промежуточного отчёта Целевая группа выпустила Запрос на информацию (*RFI*)⁴, чтобы собрать отзывы общественности о предварительных выводах, изложенных в отчёте. Кроме того, намечаются и публичные слушания. Целевая группа объединит эти отзывы общественности с другими предложениями и продолжит обсуждение, чтобы подготовить окончательный отчёт с изложением подробной дорожной карты и плана реализации *NAIRR*. Ожидается, что этот отчёт будет опубликован в декабре 2022 года.

Подобный механизм обсуждения важных в науке сущностей, вовлечение широкой общественности, экспертов в ПрО необходим для выработки согласованных понятий и действий.

Цель настоящего исследования - определить понятие «научное направление», выявить и обосновать его атрибуты, привести примеры НН. Автор надеется, что сделанная попытка в конкретизации понятия позволит внести ясность в его толкование, а предложенный атрибутивный формат понятия «НН» может служить оценочным инструментом НН.

2 Новое в науке: проблема определения

В соревновании за первенство в науке, в квалификационных оценках важно определить (дать определение), а лучше измерить (вычислить) — что есть научные достижения. Достижения при этом всегда трактуются как превышение уже достигнутого, известного, как новое обобщение, новый вывод, новый результат.

На государственном уровне, согласно Постановлению Правительства [19], критерии, по которым оцениваются полученные учёными результаты, в частности, для докторской диссертации, предполагают выполнение одной из трёх позиций:

- разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как **научное достижение**;
- **решение научной проблемы**, имеющей важное политическое, социально-экономическое, культурное или **хозяйственное значение**;
- изложение новых научно обоснованных технических, технологических или иных решений, внедрение которых вносит **значительный вклад** в развитие страны.

Отмечается, что в диссертации, имеющей прикладной характер, должны приводиться сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов, а в диссертации, имеющей теоретический характер, — рекомендации по использованию научных выводов. Отсюда важным аргументом квалификационной состоятельности соискателя является эффект, потенциально или действительно получаемый от использования новых знаний (методов, теорий, технологий). Диссертация должна содержать **новые научные результаты и положения** и свидетельствовать о личном вкладе автора диссертации в науку.

Следует отметить, что используемые в квалификационной оценке термины – **решение проблемы, научное достижение, хозяйственное и иное значение, вклад** – не имеют строгих определений, не атрибутированы, не являются однозначными и чёткими понятиями и находятся вне квалиметрической и вне атрибутивной оценок экспертного сообщества. Т.е. в зависимости от уровня знаний и понимания ПрО экспертами, от рассматриваемой ситуации, от личных предпочтений эти оценки могут быть произвольно истолкованы, переходя в итоге на

³ *NAIRR* вычислительная инфраструктура и инфраструктура данных, предоставляющая исследователям в области ИИ доступ к вычислительным ресурсам и высококачественным данным, а также к соответствующим образовательным инструментам. Цель этого национального ресурса — поддержка исследований и разработок в области ИИ, позволяя всем исследователям ИИ участвовать в изучении инновационных идей для продвижения ИИ. <https://www.ai.gov/nairrtf/>.

⁴ 31914 Federal Register / Vol. 87, No. 101 / Wednesday, May 25, 2022 / Notices. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2022-05-25/pdf/2022-11223.pdf>.

битовый уровень («0» и «1», «да» или «нет»). Есть достижение, имеется вклад, решена проблема, результат имеет значение – об этом экспертное сообщество судит исходя из своих убеждений и своей компетенции в конкретной области. Регламентные процедуры регулирующего органа (в данном случае ВАКа) настраиваются на возможность получения максимально объективной и адекватной оценки.

Прежний нормативный документ [20], формировавший требования к диссертациям, сохранил иную формулировку, которая для соискателей учёной степени доктора наук была более конкретной, но в то же время более весомой с точки зрения её достижения. В ней требовалось сформулировать и обосновать научные положения, совокупность которых можно было бы квалифицировать как *новое перспективное направление* в соответствующей отрасли науки. Либо должно быть осуществлено теоретическое обобщение и решение крупной научной проблемы, имеющей важное народнохозяйственное, политическое и социально-культурное значение.

Т.к. НН и НД являются понятиями, имеют определения и набор атрибутов (о которых речь пойдёт далее), то у экспертного сообщества должен быть соответствующий инструмент в виде атрибутивной оценки результата квалификационной работы. В этом случае интуитивно используется не интегральная оценка, не совокупность представлений эксперта, определяющая реализуемость понятия полученного достижения, а требуется выполнить анализ реализуемости и выполнимости всех атрибутов, из которых состоит это понятие. В данной работе на основе анализа определений сделана попытка обосновать, атрибутировать и на примерах показать содержание понятия НН.

3 Интерпретации понятия «научное направление»

Объектом исследования является понятие НН и как его производная - НД. В качестве методов исследования использовались методы системного и онтологического анализа.

Традиционно под НН понимается наука, комплекс наук или научных проблем, в области которых ведутся исследования, характеризующаяся принципиальной общностью исследуемой научной проблематики на протяжении определённого времени [21]. НН рассматривается также как совокупность научных работ, объединённых общностью объекта исследования, методами исследования, общностью тем и их взаимосвязанностью, принадлежностью к одной НШ [22]. Основой НН является конкретная наука или ряд наук, входящих в научную отрасль, а также соответствующие методы исследования и технические устройства.

НН также рассматривается и как сфера научных исследований коллектива, посвящённых решению крупных фундаментальных задач в определённой отрасли науки. При этом структурными единицами НН являются: *комплексные проблемы, темы и вопросы*, где *комплексная проблема* – это совокупность проблем, объединённых единой целью, а *проблема* – это сложная научная задача, которая включает проблемную ситуацию и охватывает значительную область исследования, имеет перспективное значение.

В области научного исторического знания НН сложились, по преимуществу, в рамках неклассической модели науки в связи с расширением предметного пространства исторического знания, модификацией исследовательских проблем, диверсификацией исследовательских стратегий. НН - одно из самых дискутируемых понятий, по поводу которого *нет единства мнений* в историографии и науковедении [23].

НД — базовая форма организации профессиональной науки, объединяющая на предметно-содержательном основании области научного знания, сообщество, занятое его производством, обработкой и трансляцией, а также *механизмы развития и воспроизводства* соответствующей отрасли **науки** как профессии. Центральное место занимает методологическая и логическая работа по организации дисциплинарного знания, его актуализации, превращению в набор инструментов для нового исследования [24].

В рассматриваемой классификации [5] НН может быть и область фундаментальных, технических, гуманитарных и др. наук, любая из входящих в неё групп – математика, физика, ... машиностроение, строительство, и др., а также конкретная НС – кибернетика, ИИ, автоматизация проектирования и др., что делает это понятие «плавающим», применимым к различным объёмам его содержания в зависимости от контекста. Это не всегда удобно, т.к. при употреблении этого термина приходится всегда сопровождать его контентом, его наполнением. Разработчики классификации [5] иерархически упорядочили терминологию, которая включает принятую последовательность: область науки – группа НС – НС (см. рисунок 3), где в данной работе НН рассматривается как развитие внутри выделенных (сформированных, обозначенных) НС. Очевидно, что принятые термины (область, отрасль, направление...), обобщающие содержание уровней в иерархии научных знаний и дальнейшую детализацию внутри этих уровней, условны, но необходимы для фиксации этих уровней, для адекватной научной коммуникации и построения онтологии науки.



Рисунок 3 – Фрагмент иерархии понятий в классификации наук

Историческое развитие конкретных научных знаний и науки в целом постоянно приводит к изменению представлений об их классификации⁵. Благодаря развитию научной деятельности происходит раскрытие взаимосвязей и взаимопроникновений наук на основании различных принципов (объективных, субъективных, координации, субординации и др.). Важное значение для понимания принципов классификации науки имеют способы её изображения (схемы, таблицы, графики и др.). Классификация науки является не только фактором, организующим познавательную деятельность, но и фактором, который определяет уровень систематизации объектов познания во всех науках [25, 26].

⁵ Два десятка различных классификаций наук от Платона и Марка Фабия Квинтилиана до наших дней с кратким описанием представлены на сайте *VIKENT.ru*. - <https://vikent.ru/enc-list/category/332/>.

4 Жизненный цикл научной дисциплины

Если у какого-нибудь процесса есть начало, то у него должен быть и конец. Отсюда появилось и понятие жизненного цикла (ЖЦ), в котором цикличность существования не всегда касается самих объектов в этом процессе, у них напротив, «билет в один конец». Так и с НН и НД, которые зарождаются, развиваются, дают новые «всходы» для новых дисциплин и направлений, «растворяясь» в них. В конкретном случае какого-либо НН, НД можно говорить лишь об этапах их жизненного пути.

Толкование «начала» и «конца» [27] в ЖЦ относительно несложных объектов и процессов существенно изменится при исследовании сложных систем и процессов, не имеющих чётких границ, т.н. нечётких систем и множеств, к каковым, безусловно, относятся НН. Описание таких систем связано с внутренней противоречивостью, неопределённостью и динамизмом их свойств и характеристик, наличием у них предшествующей истории, прямых и обратных, положительных и отрицательных связей и отношений, жёстких и нежёстких взаимодействий, вероятностных и жёстких структур, алгоритмов и программ поведения, а у человека – целей [28]. Определить начало и конец ЖЦ существования сложных объектов и систем, включая НН и НД, крайне затруднительно [29]. Однако благодаря возникновению паранепротиворечивой логики, теории нечётких систем, применению условных мер качества и свойств на основе методов статистики, экспертных оценок, контент-анализа и др. методов делаются попытки создания методологии описания таких объектов (см. например [28]).

В последние десятилетия понятие ЖЦ используется очень широко. Рассматривается ЖЦ организаций, проектов, инноваций, включая различные технологии.

ЖЦ НД — это последовательность взлётов и падений научной активности на протяжении времени существования данной дисциплины. В зависимости от продолжительности существования НД её ЖЦ может принимать различный вид: на коротком историческом промежутке меньше подъёмов и спадов, на длинном — больше. Чем дольше существует НД, тем сложнее описание динамики её жизненного пути. Для этого необходимо определить, например: как учитывать количество публикаций в данной отрасли по годам; что считать относящимся к данной НД: работы, целиком посвящённые избранной тематике, или работы, в которых данная тематика изучается наряду с другими НД; учитываются только опубликованные исследования и т.д. [30]. Оценивая ЖЦ и атрибуты НД можно заключить, что во многих случаях это понятие можно рассматривать как синоним НН.

Наиболее близким графическим интерпретатором для ЖЦ НД мог бы быть широко используемый цикл Гартнера или оценка ажиотажа вокруг технологий⁶. *Gartner Hype Cycles* - графическое представление зрелости и внедрения технологий (приложений), которое показывает развитие технологии с течением времени, предоставляя источник информации для управления их развёртыванием в контексте конкретных бизнес- или иных целей.

Каждый цикл ажиотажа включает пять этапов ЖЦ технологии.

Инновационный триггер. Запуск технологий и подтверждение концепции порождает интерес средств массовой информации, которые вызывают значительную огласку.

Пик завышенных ожиданий. Ранняя огласка порождает ряд историй успеха, часто сопровождаемых десятками неудач. Некоторые компании принимают меры, многие этого не делают.

Корыто разочарования. Интерес ослабевает по мере того, как эксперименты и реализации не приносят результатов. Производители технологии терпят неудачу.

Наклон просветления. Всё больше примеров того, как технология может принести пользу и становится более понятной. Больше предприятий финансируют пилотные проекты.

Плато продуктивности. Начинается массовое внедрение, более чётко определены критерии оценки жизнеспособности. Широкая рыночная применимость и актуальность технологии окупаются.

⁶ *Gartner Hype Cycle. Interpreting technology hype.* <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>.

Никто «корыто» не минует, в т.ч. и онтологии. На рисунке 4 видно, как в 2020 году онтологии и графы знаний приближались к ним по оценке масс медиа...



Рисунок 4 – Цикл ажиотажа новых технологий 2020 года. Gartner.com

5 Инфраструктура НН

Управление, проектирование, прогнозирование и планирование на онтологическом, физическом уровне отличаются как виды деятельности (см. рисунок 5). Например, известно, что управлять можно тем, что существует, а проектируют то, чего ещё нет.



Рисунок 5 – Виды деятельности на онтологическом уровне

Любая деятельность, в т.ч. функционирование (формирование, развитие...) НН, предполагает наличие поддерживающей её инфраструктуры. Инфраструктура включает в себя комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и обеспечивающих основу функционирования системы.

Инфраструктура научной, научно-технической и инновационной деятельности – совокупность субъектов и инструментов, обеспечивающих материально-техническое, финансовое, организационно-методическое, информационное, консультационное и иное сопровождение научной, научно-технической, инновационной деятельности, и объектов, используемых для указанного обеспечения [31].

Инфраструктура знаний фактически представляет собой механизм формирования и развития, верификации и аккумуляции знаний (см. рисунок 6). Атрибуты механизма формирования и развития НИ включают атрибуты добычи, фиксации, апробации и трансляции знаний. Среди фиксирующих атрибутов на сегодняшний день в науке наиболее ценными остаются научные журналы со своим механизмом верификации знаний. Спектр атрибутов апробации знаний широк, в него входят различные формы обсуждения добытых знаний, обмен ими, дискуссии на разных форумах, в кулуарах, на семинарах, конференциях, квалификационных советах и др. Для НИ не менее важен атрибут оперативной трансляции знаний в виде учебных дисциплин для новых «носителей» знаний – студентов и аспирантов.



Рисунок 6 – Инфраструктура знаний научного направления и её атрибуты

6 Онтология НИ

Авторское понимание онтологии НИ и её важнейших атрибутов приведено на рисунке 7.

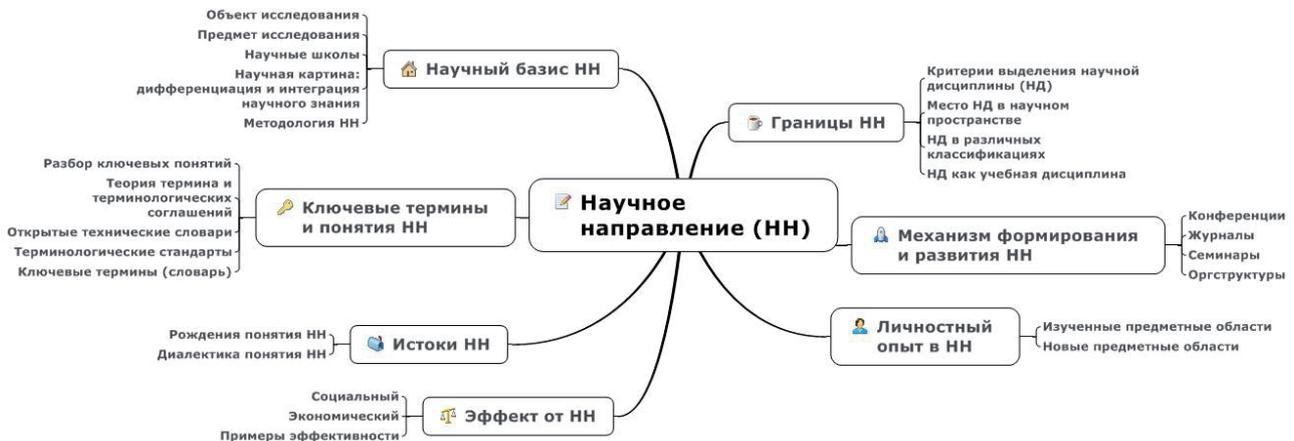


Рисунок 7 – Онтология научного направления

Оно получено благодаря изучению и исследованию НИ «Онтология проектирования» [4, 29, 32]. Это: истоки, научный базис, границы, ключевые термины и рассмотренный в разделе 5 механизм формирования и развития, верификации и аккумуляции знаний. Автор убеждён, что без ненулевых значений любого из приведённых атрибутов о сформированности НИ говорить не приходится. Приведённый на рисунке «личный опыт» [4] является важным атрибутом НИ и характеризует принадлежность этого НИ к сформировавшейся НИ. Эффект от НИ не менее важен для развития НИ, т.к. формирует ресурсы, способные поддержать исследования в выбранном направлении [32].

Сетевая модель НН – модель, в которой НН формируется различными НШ, дополняющими и развивающими свои аспекты НН.

Централизованная модель НН – модель, в которой основу получаемых результатов в НН составляет одна ведущая НШ, т.е. НН практически полностью совпадает с тематикой НШ.

7 Терминология в научной школе «Информатизация образования»

НШ академика Российской академии образования (РАО), д.пед.н., профессора И.В. Роберт, созданная в Институте стратегии развития образования РАО, является наглядным примером разработанного НН «Информатизация образования». Содержание сайта этой НШ в полной мере соответствует предложенным атрибутам, характеризующим понятие НН⁷. Здесь и истоки НН (История развития НШ), и научный базис НН (Общая информация, Публикации НШ, Защищенные диссертации), и границы (Сертификационная деятельность, Архив изданий, Архив НИР, Информационные фонды), и инфраструктура развития (Научные конференции, Сотрудничество), и ключевые термины и понятия (Словарь понятийного аппарата информатизации образования – толкование терминов), и личностный опыт основателя и последователей НШ и НН.

Разрабатываемое НН и данная НШ показательны также тем, что в них значительное внимание уделяется терминам и понятиям в исследуемой Про. Так, в настоящее время готовится к изданию обновленная и расширенная версия «Толкового словаря терминологического аппарата информатизации образования», в котором тщательно отбираются термины, обосновывая их определения, исключая «нелегитимные», употребление которых искажает смысл понятий. Например, словосочетания «цифровизация педагогики», «цифровая педагогика», «цифровая дидактика» разработчики нового словаря считают лишёнными смысла. При этом вполне допускают и легитимируют, например, следующие словосочетания [33-35]:

- цифровизация информационного взаимодействия субъектов образовательного процесса;
- цифровизация информационно-методического обеспечения образовательного процесса;
- цифровизация организационного управления образовательной организацией;
- цифровизация обеспечения информационной безопасности личности обучающегося;
- цифровизация образовательных услуг.

При этом *цифровая информационно-образовательная среда* – совокупность условий осуществления информационного взаимодействия между субъектами образовательного процесса с интерактивным информационным ресурсом с помощью средств информационных и коммуникационных технологий, взаимодействующих с ним как с субъектом информационного взаимодействия и личностью.

Формирование НН «Информатизация образования» во многом схоже с формированием НН «Символьный ИИ», когда одновременно навстречу друг другу идут исследования в академических и прикладных лабораториях («теоретики» и «предметники»). Специалисты, занимаясь автоматизацией проектирования артефактов, создавая системы автоматизированного проектирования (САПР), «попутно» разрабатывали и т.н. учебные САПР.

Значительные достижения в этой области были получены в Самарском университете под руководством профессора А.В. Соловова [36].

8 Примеры научных направлений в Самарском университете

В качестве примеров рассмотрены НН, сформированные в Самарском университете. Различные Про, уровень их проработки, имеющиеся ресурсы и возможности (материальные, административные, финансовые, кадровые и др.), научно-технический задел и мн. др. факто-

⁷ Научная школа Роберт И.В. "Информатизация образования". - <http://robert-school.ru/>.

ры осложняют сравнительный анализ степени зрелости и разработанности различных НН. Однако без атрибутов, отмеченных в разделе 6 и характеризующих сформированное НН, можно говорить лишь о фрагментарном поиске своего пути в науке, о начальной или уже завершающей стадии ЖЦ НН.

На портале Самарского университета представлено 30 основных НН⁸ и более 30-ти НШ и ведущих научных коллективов⁹ университета, которые возглавляют академики РАН и доктора наук. Сопоставительный анализ заявленных НН и существующих НШ показал их далеко не полное соответствие. Это вполне объяснимо, с одной стороны, тем, что НН в большей степени декларативные и показывают вектор научных интересов, вектор желаний и потенциальных возможностей, который формируется руководством университета и не в полной мере реализуется имеющимися НШ и коллективами. С другой стороны, сформированные НШ чаще более узко формулируют и формируют свои направления деятельности, более чётко видят своё место в разрабатываемой научной области.

8.1 «Компьютерная оптика»

Наиболее ярким примером сформированного НН в Самарском университете является НШ академика РАН В.А. Сойфера. Новое НН под названием «Компьютерная оптика» было создано под руководством Нобелевского лауреата, академика РАН А.М. Прохорова в 1978 году¹⁰. В 1987 году по инициативе академиков Е.П. Велихова и А.М. Прохорова и профессора И.Н. Сисакяна начал издаваться журнал¹¹ «Компьютерная оптика», о котором академик В.А. Сойфер говорил, что «это направление в науке, научный бренд, и он — наш, российский, хотя сегодня речь идёт уже о фотонике, как о более широком понятии»⁸.

Исследования в области компьютерной оптики и обработки изображений были начаты в Самарском университете (тогда КуАИ) на рубеже 70-80 гг. прошлого века. Эти работы сформировали основу *нового НН*, которое получило название «компьютерная оптика»¹². «Всё это — большое достижение нашего научного коллектива. Но надо понимать, что мы действовали не сами по себе. Мы стояли и *стоим на плечах гигантов науки*¹⁰». Ключевая фраза академика РАН В.А. Сойфера о преемственности, об уважении отцам-основателям науки формирует новую плеяду учеников, которые продолжат исследования в выбранной области, продлят жизнь НН, дадут новые всходы для новых продуктивных идей.

Оптика на основе дифракционных линз нашла своё применение в самых различных сферах — космосе, медицине, сельском хозяйстве [37, 38]. В университете разработана сверхлёгкая оптическая система для дистанционного зондирования Земли¹³, которая упростит и удешевит создание массовых группировок наноспутников для постоянного мониторинга земной поверхности. Миниатюрные устройства найдут своё применение в качестве камер на беспилотных летательных аппаратах. Добиться таких практических результатов удалось благодаря современной лабораторно-экспериментальной базе и сотрудничеству с зарубежными научными учреждениями.

Школа В.А. Сойфера демонстрирует пример широкой эволюции знаний и даже экспансии в другие смежные области, когда «сопутствующие» результаты «неожиданно» превращаются в научные достижения, которые конкурируют с другими коллективами, традиционно занимающимися схожими вопросами. Большие данные, получаемые в исследованиях, выведе-

⁸ Основные научные направления. <https://ssau.ru/science/nid/directions>.

⁹ Научные школы и ведущие научные коллективы. <https://ssau.ru/science/nid/schools>.

¹⁰ Школа Сойфера: наука и жизнь. 16.06.2017. <https://ssau.ru/news/14141-shkola-soyfera-nauka-i-zhizn>.

¹¹ Официальный сайт журнала "Компьютерная оптика". <http://www.computeroptics.ru/>.

¹² Научная школа "Компьютерная оптика, обработка изображений и геоинформатика". 13.07.2021.

https://ssau.ru/events_news/ref/33-nauchnaya-shkola-kompyuternaya-optika-obrabotka-izobrazheniy-i-geoinformatika.

¹³ Научная школа в области обработки данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). 28.06.2021.

https://ssau.ru/events_news/ref/28-nauchnaya-shkola-v-oblasti-obrabotki-dannykh-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli-dzz.

ли на технологии их обработки, технологии МО, технологии ИИ [37]. В Самарском университете создаётся Центр ИИ, затем Институт ИИ, а сейчас уже готовят специалистов по ИИ. В рамках VII Международной конференции и молодёжной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2021) состоялись заседания круглых столов «Научные проблемы ИИ» и «Технологии ИИ в промышленности и бизнесе».¹⁴ Человеческий фактор также в кругу научных интересов, которые формирует и развивает академик В.А. Соيفер [39].

«НШ - это явление в большей степени российское. Оно подразумевает совместную работу учёных разных поколений. Например, в США такого понятия не существует, там учёные меняют место работы, переезжают из университета в университет каждые 5-7 лет. В России НШ возникли ещё до революции, и появились они благодаря выдающимся учёным. Что касается нашего коллектива — кафедр и лабораторий Самарского университета, входящих в Институт информатики, математики и электроники, то это, без сомнения, школа. Более полутора десятков моих учеников — доктора наук, самостоятельно работающие исследователи, заведующие кафедрами. Их собственные ученики уже защитили докторские диссертации. Это - школа», - говорит академик В.А. Соифер¹³.

8.2 «Онтология проектирования»

НН «Онтология проектирования» имеет давнюю историю [29] и подробно описана в статье [4]. Члены редколлегии и авторы журнала продолжают вносить свой вклад в её развитие.

9 Пирамида знаниевых ценностей в университете

Образный инструмент пирамиды широко используется на практике при иерархической классификации исследуемой ПрО. Известны пирамиды: классов К. Маркса, потребностей А. Маслоу, а также ценностей организации Н.М. Абдикеева¹⁵ [40], где на вершине последней располагаются ЗНАНИЯ (идеи и информация).

Для ведущих университетов стратегической целью является не использование ЗНАНИЯ, что характерно для бизнес-организаций, а **«генерация новых ЗНАНИЙ**, рынков, бизнесов и навигация человека в мире информации, обеспечивающая баланс физической и виртуальной реальностей»¹⁶.

Пирамида знаниевых ценностей в университете видится в следующей иерархии (см. рисунок 8). В этой пирамиде сущностями являются:

студенты – потребители знаний,
преподаватели – носители и трансляторы знаний,
профессора, НШ – генераторы знаний,

кафедры, лаборатории – тематические подразделения в конкретной области знаний (общекультурных и профессиональных дисциплин),

институты, факультеты – организующие структуры, формирующие план и осуществляющие его реализацию по превращению (интеграции) дифференцированных (отдельных,

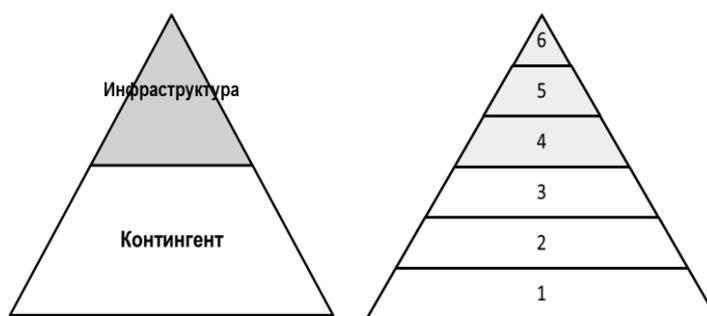


Рисунок 8 - Пирамида знаниевых ценностей в университете (1 – студенты; 2 – преподаватели; 3 – профессора; 4 – кафедры, лаборатории; 5 – институты, факультеты; 6 - ?)

¹⁴ Международная конференция «Информационные технологии и нанотехнологии». <http://itnt-conf.org/>.

¹⁵ Абдикеев Н.М. Создание системы управления знаниями в организации. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. <http://lc.kubagro.ru/uz.pdf>.

¹⁶ Стратегия развития Университета ИТМО до 2027 года. https://itmo.ru/file/pages/171/Presentation_2027.pdf.

конкретных) знаний, транслируемых студентам в тематических подразделениях, в профессиональные компетенции выпускников.

В любой университетской пирамиде ректорат видит себя на вершине пирамиды и по факту располагается там, но только не в ЗНАНИЕВОЙ пирамиде. Здесь знаковым в инфраструктуре университета являются научные журналы. Ни в какой мере не умаляя важности организующей функции руководства университета, стоит подчеркнуть, что новые знания создаются не в кабинетах управленцев.

Научные журналы – аккумуляторы знаний в Про по профилю университета – верифицируют теории, методы, модели, готовят основу для формирования и развития новых направлений в науке, являются базой знаний для новых учебных дисциплин. Именно журналы формируют научную базу знаний и картину мира, из которых впоследствии вырастают новые теории, концепции, НД, а затем и учебные курсы и специальности.

Университет, не имеющий своих собственных журналов, не способен формировать «воронку знаний» и не может претендовать на статус научно-исследовательского, на статус мирового уровня. Тем более по направлениям, которые находятся на гребне научного поиска.

О сложности и трудоёмкости «производства» журналов говорит тот факт, что институтов и факультетов в университетах всегда больше, чем журналов, а кафедр и иных научных подразделений больше на порядки. Сотни профессоров не имеют своих журналов, и лишь немногие, обладающие НШ и соответствующими ресурсами, способны регулярно выпускать продукцию мирового уровня...

Журналы формируют научную повестку дня, работают на престиж университетов, демонстрируют научный, научно-организационный уровень и высокие компетенции научно-педагогического состава ВУЗа. Именно этим журналам учёные из других университетов и академических институтов, из разных городов и стран доверяют верифицировать свои научные результаты.

Выводы

В работе сделана попытка атрибутировать понятие НН на основе анализа новой официальной номенклатуры научных специальностей в Российской Федерации и анализа различных подходов к классификации наук. Предложено упорядочить соотношения и включённость понятий: область науки – группы НС – НС – НН. Понятие «отрасль науки» надлежит доопределить. Возможным решением может быть встраивание понятия «отрасль науки» в иерархию классификации наук между понятиями «область науки» и «группы НС». Понятие НД может рассматриваться как синоним НН.

Наличие рассмотренных атрибутов НН в разной степени разработанности позволяет утверждать о сформированном НН, а отсутствие хотя бы одного атрибута свидетельствует лишь о фрагментарном поиске своего пути в науке. Для квалификационной оценки разработчика НН требуется подтверждение участия в формировании НН, т.е. наличия у исследователя личностного опыта и вклада в это направление.

Предложено соотношение НН и НШ, в котором рассматриваются две модели: *сетевая*, включающая в НН различные НШ и частные исследования, выполняемые в различных, не связанных обязательствами организаций, и *централизованная*, базирующаяся на ведущей НШ, разрабатывающей НН.

Проблема классификации науки обусловлена отсутствием целостной онтологии науки, её понятийного аппарата, модели её развития. Возможно, что создаваемые порталы знаний могли бы послужить основой для создания компьютерной онтологии науки, удобной для коллективного обсуждения и фиксации согласованных позиций специалистами-предметниками.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] **Вербер Б.** Дыхание богов. Пер. с фр. М.: Издательский дом «Гелеос». 2007. 592 с.
- [2] **Диллон Джон.** Наследники Платона. Исследование истории Древней Академии (347–274 В.С.). Перевод с английского Е.В. Афонасина. СПб., Издательство СПбГУ, 2005. 281 с.
- [3] **Философия: Энциклопедический словарь.** М.: Гардарики. Под редакцией А.А. Ивина. 2004. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/НАУКА.
- [4] **Боргест Н.М.** Формирование и развитие научной дисциплины «онтология проектирования»: краткая история личностного опыта // *Онтология проектирования*. 2020. Т.10, №4(38). С.415-448. DOI:10.18287/2223-9537-2020-10-4-415-448.
- [5] Приказ Минобрнауки России от 24.02.2021 № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утверждённое приказом Минобрнауки России от 10 ноября 2017 г. № 1093» (Зарег. 06.04.2021 № 62998).
- [6] **Newton Isaac.** Letter from Sir Isaac Newton to Robert Hooke, 1675. *Historical Society of Pennsylvania*. Retrieved 7 June 2018.
- [7] Рекомендация Президиума ВАК Минобрнауки России от 10.12.2021 N 32/1-НС «О сопряжении научных специальностей номенклатуры, утверждённой приказом Минобрнауки России от 24 февраля 2021 г. N118, научных специальностей номенклатуры, утверждённой приказом Минобрнауки России от 23 октября 2017 г. N 1027».
- [8] **Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И.** Инженерия знаний. Модели и методы. СПб, Лань, 2016. 324 с.
- [9] **Gavrilova T., Kokoulina L.** Using Ontology Engineering to Design Artificial Intelligence Course // In Smart Education and e-Learning SEEL, Smart Innovation, Systems and Technologies series 144, in: Uskov V.L. et al., (eds.), Springer, 2019. P.201-207. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8260-4_19.
- [10] **Borgest N., Korovin M., Gromov A., Gromov A.** The concept of automation in conventional systems creation applied to the preliminary aircraft design // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2015, vol.342, p.147-156.
- [11] S&T Artificial Intelligence & Machine Learning. Strategic Plan. U.S. Department of Homeland Security (DHS) Science and Technology Directorate (S&T). August 1, 2021. 24 p. https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/21_0730_st_ai_ml_strategic_plan_2021.pdf.
- [12] Artificial Intelligence Strategy. U.S. Department of Homeland Security. December 3, 2020. 18 p. https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/dhs_ai_strategy.pdf.
- [13] **Загоруйко Г.Б.** Разработка онтологии для Интернет-ресурса поддержки принятия решений в слабоформализованных областях // *Онтология проектирования*. 2016. Т.6, №4(22): 485-500. DOI:10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500.
- [14] **Загоруйко Ю.А.** Семантическая технология разработки интеллектуальных систем, ориентированная на экспертов предметной области // *Онтология проектирования*. 2015. Т.5, №1(15): 30-46.
- [15] ГОСТ Р ИСО/МЭК 21838-1-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационные технологии. Онтологии высшего уровня (TLO). Часть 1. Требования. Information technology. Top-level ontologies (TLO). Part 1. Requirements. Дата введения 2022-04-30.
- [16] ГОСТ Р 59798-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационные технологии. Онтологии высшего уровня (TLO). Часть 2. Базисная формальная онтология (BFO). Information technology. Top-level ontologies (TLO). Part 1. Basic Formal Ontology (BFO). Дата введения 2022-04-30.
- [17] ГОСТ Р 59791-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационные технологии. Общая логика (CL). Основы семейства языков, основанных на логике. (ISO/IEC 24707:2018, NEQ). Дата введения 2021-10-25.
- [18] Envisioning a National Artificial Intelligence Research Resource (NAIRR): Preliminary Findings and Recommendations. An Interim Report by the NAIRR Task Force. *Tess de Blanc-Knowles, Emily Grumblin, Matthew Ishimaru, Morgan Livingston, Lisa Van Pay, Taylor White*, May 2022. 72 p. <https://www.ai.gov/wp-content/uploads/2022/05/NAIRR-TF-Interim-Report-2022.pdf>.
- [19] Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 11.09.2021) «О порядке присуждения учебных степеней» (вместе с "Положением о присуждении ученых степеней").
- [20] Совет Министров СССР. Постановление от 29 Декабря 1975 Г. N 1067. О Положении о порядке присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий.
- [21] **Сарыбеков М.Н., Сыдыкназаров М.К.** Словарь науки. Общенаучные термины и определения, науковедческие понятия и категории. Издание 2-ое, доп. и перераб. Алматы: ТРИ-УМФ-Т, 2008. 504 с.

- [22] Толковый словарь «Инновационная деятельность». Термины инновационного менеджмента и смежных областей. 2-е изд., доп. Новосибирск: Сибирское научное издательство. Отв. ред. В.И. Суслов. 2008.
- [23] Теория и методология исторической науки. Терминологический словарь. Отв. ред. А.О. Чубарьян. М.: Аквилон, 2016.
- [24] Новая философская энциклопедия: В 4 т. М.: Мысль. Под редакцией В.С. Стёпина. 2001.
- [25] **Бармин А.В.** К проблеме классификации науки // История науки и техники в системе современных знаний: материалы научной конференции. УПИ, Екатеринбург, 14 декабря 2009 г. С.41-46.
- [26] **Разеев Д.Н.** Проблема классификации наук (феноменологический подход к решению). Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 6, 2010. №2, с.28-32.
- [27] Толковый словарь русского языка: 72500 слов и 7500 фразеологических выражений / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова; РАН, Ин-т рус. яз., Российский фонд культуры. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: Азъ, 1994. 907 с.
- [28] Прикладные нечёткие системы / Под ред. Тэрано Т., Асаи К., Сугэно М. Перев. с яп. яз. - М.: Мир, 1993. 368 с.
- [29] **Боргест Н.М.** Онтологии проектирования от Витрувия до Виттиха // Онтология проектирования. 2018. Т.8. №4(30). С.487-522. DOI:10.18287/2223-9537-2018-8-4-487-522.
- [30] **Добренёв В.И., Кравченко А.И.** Фундаментальная социология: В 15 т. Т.1. Теория и методология. М.: ИНФРА-М, 2003. 908 с.
- [31] **Тодосийчук А.В.** О совершенствовании законодательного обеспечения научной, научно-технической и инновационной деятельности // Управление наукой и наукометрия. 2017. №4 (26). С.66-87.
- [32] **Боргест Н.М.** Социально-экономический эффект онтологического анализа при создании информационных систем // Онтология проектирования. 2021. Т.11, №1(39). С.35-50. DOI:10.18287/2223-9537-2021-11-1-35-50.
- [33] **Роберт И.В.** Развитие информатизации образования в условиях цифровой трансформации // Педагогика. 2022. Т.86. №1. С.40-50.
- [34] **Robert I.V.** Formation and development of digital transformation of domestic education on the basis of systemic convergence of pedagogical science and technology. 03017 Published online: 26 April, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110103017>.
- [35] **Robert I.V.** Development of education during digitalization in the context of the axiological approach. In A.A. Arinushkina (Ed.), *Advances in Education Research and Practice*. Cham, Switzerland: Springer. 2021.
- [36] **Соловов А.В.** Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. Самара: Новая техника, 2006. 464 с.
- [37] **Головастиков Н.В., Дорожкин П.С., Сойфер В.А.** Интеллектуальные технические системы на основе фотоники // Онтология проектирования. 2021. Т.11, №4(42). С.422-436. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-4-422-436.
- [38] **Ткаченко И.С.** Анализ ключевых технологий создания многоспутниковых орбитальных группировок малых космических аппаратов // Онтология проектирования. 2021. Т.11, №4(42). С.478-499. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-4-478-499.
- [39] **Сойфер В.А.** Human fActor // Онтология проектирования. 2021. Т.11, №1(39). С.8-19. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-8-19.
- [40] **Абдикеев Н.М., Киселёв А.Д.** Управление знаниями корпорации и реинжиниринг бизнеса. М.: ИНФРА-М, 2011. 382 с.
-

Сведения об авторе

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



Поступила в редакцию 10.06.2022, после рецензирования 27.06.2022. Принята к публикации 30.06.2022.



Ontology of designing a scientific direction: formation, development, examples

© 2022, N.M. Borgest

Samara University (Samara National Research University named after academician S.P. Korolev), Samara, Russia
Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Science,
Institute for the Control of Complex Systems of the Russian Academy of Science, Samara, Russia

Abstract

The article presents the author's view of the ontology of scientific direction and the ontology of designing a scientific direction, which was discussed at the scientific seminar "Ontology of Designing" in February 2021. Another change in the classification of scientific disciplines, presented by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, and the subsequent restructuring of the qualification structure of Russian science determined the relevance of the topic addressed in the article. An attempt is made to analyze what the scientific achievements, directions, disciplines, problems, and scientifically based solutions are and what they consist of; whether these terms are concepts, what are their definitions and whether they are attributed, and whether there is an agreement on their content in the scientific community. The purpose of the study was to define the concept of "scientific direction", to identify its attributes, and to give examples of scientific directions. It is shown that the evolution of scientific knowledge includes different stages of the life cycle of scientific disciplines, the degree of maturity of which correlates well with the Gartner curve. According to the author, the main attributes of the concept of "scientific direction" are its origins, key terms, scientific basis, boundaries, mechanism of formation and expected effect from the development of a scientific direction. The presence of these attributes in varying degrees of development allows us to assert a formed scientific direction, and the absence of at least one attribute speaks only of a fragmentary search for one's own path in science. For the qualification assessment of the developer of a scientific direction, confirmation of participation in the formation of a scientific direction is required, i.e. the researcher's personal experience and contribution to this direction. As an example, the scientific directions formed at the Samara University are considered, in particular, "Computer Optics" and "Ontology of Designing".

Key words: *system analysis, classification of science, scientific discipline, scientific direction, ontology, ontology of designing.*

For citation: *Borgest NM. Ontology of designing a scientific direction: formation, development, examples [In Russian]. Ontology of designing. 2022; 12(2): 136-157. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-2-136-157.*

Acknowledgment: The author expresses his gratitude to the members of the editorial board, readers and authors of the journal "Ontology of Designing" for their active participation and support in the development of the scientific direction "Ontology of Designing".

Financial Support: financial support for the development of the scientific direction "ontology of design" at different stages of its formation was provided by: Samara University, IPUSS RAS and "New Engineering" LLC.

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

List of figures and tables

Figure 1 - Number of scientific specialties by scientific branches (according to [5])

Figure 2 - Number of scientific specialties by field of science (according to [5])

Figure 3 - Hierarchy of concepts in the classification of sciences

Figure 4 - The 2020 technology hype cycle. Gartner.com

Figure 5 - Activities at the ontological level

Figure 6 - Research infrastructure and its attributes

Figure 7 - Ontology of scientific direction

Figure 8 - Pyramid of knowledge values at the university (1 - students; 2 - teachers; 3 - professors; 4 - departments, laboratories; 5 - institutes, faculties; 6-?)

Table 1 - Distribution of branches of science by fields of science (according to [5])

Table 2 - Scientific specialties, including the largest number of branches of science (according to [5])

References

- [1] **Werber B.** Breath of the Gods [In Russian]. Transl. from Fr. Moscow: Publishing house "Geleos". 2007. 592 p.
- [2] **Dillon J.** The Heirs of Plato. A Study of the Old Academy (347–274 B.C.). Clarendon Press, Oxford, 2003.
- [3] Philosophy: Encyclopedic Dictionary [In Russian]. Moscow: Gardariki. Edited by A.A. Ivin. 2004. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/HAYKA.
- [4] **Borgest NM.** Formation and development of Ontology of designing as a scientific discipline: a brief history of personal experience [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(4): 415-448. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-415-448.
- [5] Order of the Ministry of Education and Science of Russia dated February 24, 2021 No. 118 [In Russian]. "On approval of the nomenclature of scientific specialties in which academic degrees are awarded, and amendments to the Regulations on the Council for defending dissertations for the degree of Candidate of Science, for the degree of Doctor of Science, approved by order of the Ministry of Education and Science of Russia dated November 10, 2017 No. 1093" (Registered on April 6, 2021 No. 62998).
- [6] **Newton Isaac.** Letter from Sir Isaac Newton to Robert Hooke, 1675. *Historical Society of Pennsylvania*. Retrieved 7 June 2018.
- [7] Recommendation of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia dated December 10, 2021 N 32 / 1-NS [In Russian]. "On the conjugation of scientific specialties of the nomenclature approved by order of the Ministry of Education and Science of Russia of February 24, 2021 N118, scientific specialties of the nomenclature approved by order of the Ministry of Education and Science of Russia of October 23, 2017 N 1027".
- [8] **Gavrilova TA, Kudryavtsev DV, Muromtsev DI.** Knowledge engineering. Models and methods [In Russian]. St. Petersburg, Lan, 2016. 324 p.
- [9] **Gavrilova T, Kokoulina L.** Using Ontology Engineering to Design Artificial Intelligence Course // In Smart Education and e-Learning SEEL, Smart Innovation, Systems and Technologies series 144, in: Uskov V.L. et al., (eds.), Springer, 2019. P.201-207. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8260-4_19.
- [10] **Borgest N, Korovin M, Gromov A, Gromov A.** The concept of automation in conventional systems creation applied to the preliminary aircraft design. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2015, vol.342, p.147-156.
- [11] S&T Artificial Intelligence & Machine Learning. Strategic Plan. U.S. Department of Homeland Security (DHS) Science and Technology Directorate (S&T). August 1, 2021. 24 p. https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/21_0730_st_ai_ml_strategic_plan_2021.pdf.
- [12] Artificial Intelligence Strategy. U.S. Department of Homeland Security. December 3, 2020. 18 p. https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/dhs_ai_strategy.pdf.
- [13] **Zagorulko GB.** Development of ontology for intelligent scientific internet resource decision-making support in weakly formalized domains [In Russian]. *Ontology of designing*. 2016; 6(4): 485-500. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-4-485-500.
- [14] **Zagorulko GB.** Semantic technology for development of intelligent systems oriented on experts in subject domain [In Russian]. *Ontology of designing*. 2015; 5(1): 30-46.
- [15] GOST R ISO/IEC 21838-1-2021. National standard of the Russian Federation. Information Technology. Top-level ontologies (TLO) [In Russian]. Part 1. Requirements. Information technology. Top-level ontologies (TLOs). Part 1. Requirements. Effective date 2022-04-30.
- [16] GOST R 59798-2021. National standard of the Russian Federation. Information Technology. Top-level ontologies (TLO) [In Russian]. Part 2. Basic formal ontology (BFO). Information technology. Top-level ontologies (TLOs). Part 1. Basic Formal Ontology (BFO). Effective date 2022-04-30.
- [17] GOST R 59791-2021. National standard of the Russian Federation. Information Technology [In Russian]. General logic (CL). Fundamentals of a family of languages based on logic. (ISO/IEC 24707:2018, NEQ). Effective date 2021-10-25.
- [18] Envisioning a National Artificial Intelligence Research Resource (NAIRR): Preliminary Findings and Recommendations. An Interim Report by the NAIRR Task Force. *Tess de Blanc-Knowles, Emily Grumbling, Matthew Ishimaru, Morgan Livingston, Lisa Van Pay, Taylor White*, May 2022. 72 p. <https://www.ai.gov/wp-content/uploads/2022/05/NAIRR-TF-Interim-Report-2022.pdf>.
- [19] Decree of the Government of the Russian Federation of September 24, 2013 N 842 (as amended on September 11, 2021). "On the procedure for awarding academic degrees" (together with the "Regulations on the award of academic degrees") [In Russian].

- [20] Council of Ministers of the USSR. Decree of December 29, 1975 N 1067. On the Regulations on the procedure for awarding academic degrees and conferring academic titles [In Russian].
- [21] **Sarybekov MN, Sydyknazarov MK.** Dictionary of science. General scientific terms and definitions, scientific concepts and categories [In Russian]. 2nd edition, add. and reworked. Almaty: TRI-UMF-T, 2008. 504 p.
- [22] "Innovative activity", explanatory dictionary [In Russian]. Terms of innovation management and related fields. 2nd ed., add. Novosibirsk: Siberian scientific publishing house. Rep. ed. IN AND. Suslov. 2008.
- [23] Theory and methodology of historical science [In Russian]. Terminological dictionary. Rep. ed. A.O. Chubaryan. Moscow: Akvilon, 2016.
- [24] New Philosophical Encyclopedia: In 4 vols. [In Russian]. Moscow: Thought. Edited by V.S. Stepin. 2001.
- [25] **Barmine AV.** On the problem of classification of science [In Russian]. History of science and technology in the system of modern knowledge: materials of a scientific conference. UPI, Yekaterinburg, Dec. 14, 2009, p.41-46.
- [26] **Razeev DN.** The problem of classification of sciences (phenomenological approach to the solution). Bulletin of St. Petersburg University. Series 6, 2010. No. 2, pp. 28-32.
- [27] Explanatory dictionary of the Russian language: 72,500 words and 7,500 phraseological expressions [In Russian]. S.I. Ozhegov, N.Yu. Shvedova; Russian Academy of Sciences, Institute of Rus. lang., Russian Cultural Foundation. - 2nd ed., corrected. and additional. Moscow: Az, 1994. 907 p.
- [28] Applied fuzzy systems [In Russian]. Ed. Tarano T, Asai K, Sugeno M. Transl. from Japanese lang. Moscow: Mir, 1993. 368 p.
- [29] **Borgest NM.** The ontologies of designing from Vitruvia to Vittikh [In Russian]. *Ontology of designing*. 2018; 8(4): 487-522. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-487-522.
- [30] **Dobrenkov VI, Kravchenko AI.** Fundamental sociology [In Russian]. In 15 volumes. V.1. Theory and methodology. Moscow: INFRA-M, 2003. 908 p.
- [31] **Todosiychuk AV.** On improving the legislative support of scientific, scientific, technical and innovative activities [In Russian]. Management of science and scientometrics. 2017; 4(26): 66-87.
- [32] **Borgest NM.** Socio-economic effect of ontological analysis when creating information systems [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(1): 35-50. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-35-50..
- [33] **Robert IV.** Development of informatization of education in the conditions of digital transformation [In Russian]. Pedagogy. 2022. V.86. No. 1. P.40-50.
- [34] **Robert IV.** Formation and development of digital transformation of domestic education on the basis of systemic convergence of pedagogical science and technology. 03017 Published online: 26 April, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110103017>.
- [35] **Robert IV.** Development of education during digitalization in the context of the axiological approach. In A.A. Arinushkina (Ed.), Advances in Education Research and Practice. Cham, Switzerland: Springer. 2021.
- [36] **Solovov AV.** E-learning: problems, didactics, technology [In Russian]. Samara: New Engineering, 2006. 464 p.
- [37] **Golovastikov NV, Dorozhkin PS, Soifer VA.** Intelligent systems based on photonics [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(4): 422-436. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-4-422-436.
- [38] **Tkachenko IS.** Analysis of key technologies for creating multisatellite orbital constellations of small spacecraft [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(4): 478-499. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-4-478-499.
- [39] **Soifer VA.** Human fActor [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2020; 11(1): 8-19. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-8-19.
- [40] **Abdikeyev NM, Kiselev AD.** Corporate knowledge management and business reengineering [In Russian]. Moscow: INFRA-M, 2011. 382 p.

About the author

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

Received June 10, 2022. Revised June 27, 2022. Accepted June 30, 2022.