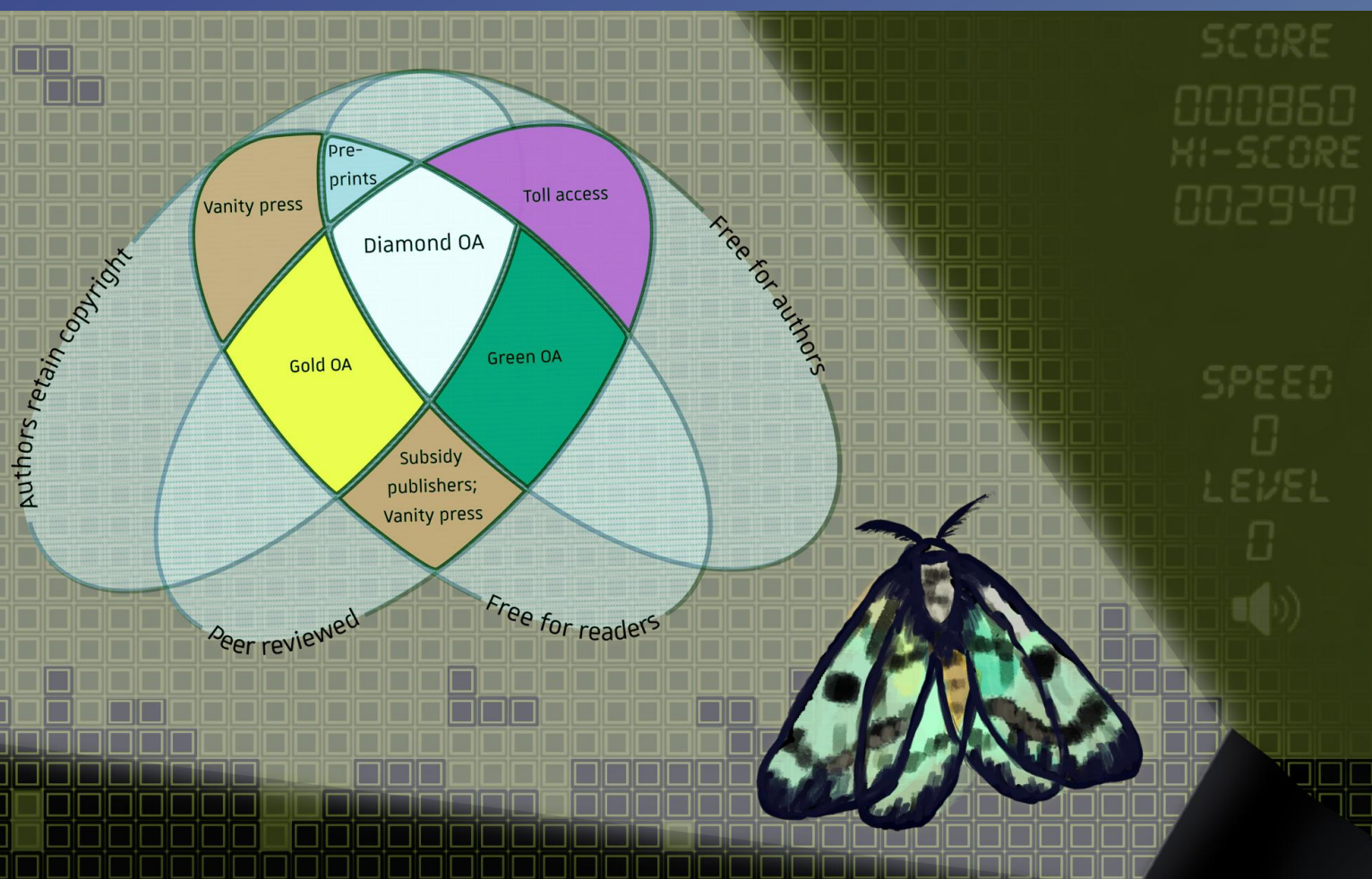


ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА



методы теории игр в цифровой экономике

Редакционный совет электронного журнала «Цифровая экономика»

- Агеев Александр Иванович – д.э.н., генеральный директор Института экономических стратегий, заведующий кафедрой НИЯУ «МИФИ», профессор, академик РАН.
- Афанасьев Михаил Юрьевич – д.э.н. Заведующий лабораторией прикладной эконометрики ЦЭМИ РАН
- Бабаян Евгений Борисович – Генеральный директор НП «Агентство научных и деловых коммуникаций»
- Бахтизин Альберт Рауфович – член-корреспондент РАН, д.э.н., профессор РАН, директор ЦЭМИ РАН
- Войниканис Елена Анатольевна – д.ю.н. Ведущий научный сотрудник Института права и развития ВШЭ — Сколково.
- Волынкина Марина Владимировна – д.ю.н. Ректор НОЧУ ВПО «Институт гуманитарного образования и информационных технологий.
- Гурдус Александр Оскарович – д.э.н., к.т.н., президент группы компаний «21Company».
- Димитров Илия Димитрович – исполнительный директор НКО «Ассоциации Электронных Торговых Площадок».
- Ерешко Феликс Иванович – д.т.н. профессор, заведующий отделом информационно-вычислительных систем (ИВС) ВЦ РАН.
- Засурский Иван Иванович – к.ф.н. президент Ассоциации интернет-издателей, заведующий кафедрой новых медиа и теории коммуникации факультета журналистики МГУ имени М.В. Ломоносова
- Калятин Виталий Олегович – к.ю.н., профессор Исследовательского центра частного права при Президенте РФ им. С.С. Алексеева
- Китова О.В. – д.э.н., к.ф.-м.н. зав. кафедрой Информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова.
- Козырь Юрий Васильевич – д.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН
- Ливадный Евгений Александрович – к.т.н., к.ю.н., Руководитель проектов по интеллектуальной собственности Государственной корпорации «Ростех».
- Макаров Валерий Леонидович – академик РАН, научный руководитель ЦЭМИ РАН
- Паринов Сергей Иванович – д.т.н., главный научный сотрудник ЦЭМИ РАН.
- Райков Александр Николаевич – д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Института проблем управления РАН, Генеральный директор ООО «Агентство новых стратегий»
- Семячкин Дмитрий Александрович – к.ф.-м.н., директор Ассоциации «Открытая наука»
- Серго Антон Геннадьевич – д.ю.н., Профессор кафедры авторского права, смежных прав и частоправовых дисциплин Российской государственной академии интеллектуальной собственности (РГАИС)
- Соловьев Владимир Игоревич – д.э.н. руководитель департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий Финансового университета при Правительстве РФ
- Фролов Владимир Николаевич, – д.э.н., профессор, научный руководитель проекта «Copernicus Gold».
- Хохлов Юрий Евгеньевич – к.ф.-м.н., доцент, председатель Совета директоров Института развития информационного общества, академик Российской инженерной академии
- Терелянский Павел Васильевич, – д.э.н., профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института "Управления цифровой трансформацией экономики", ФГБОУ ВО "Государственный университет управления".

Миссия журнала

Миссия журнала — поддерживать высокий научный уровень дискуссии о цифровой экономике, методах ее изучения и развития, вовлекая в этот процесс наиболее квалифицированных экспертов — исследователей и практиков; доносить научное знание о самых сложных ее аспектах до тех, кто реально принимает решения, и тех, кто их исполняет. Одновременно журнал направлен на обеспечение возможности для обмена мнениями между профессиональными исследователями.

Название и формат издания

Название «Цифровая экономика» подчеркивает междисциплинарный характер журнала, а также ориентацию на новые методы исследования и новые формы подачи материала, возникшие вместе с цифровой экономикой. В современном ее понимании цифровая экономика — не только новый сектор экономики, но и новые методы сбора информации на основе цифровых технологий, психометрия и компьютерное моделирование, а также иные методы экспериментальной экономики.

Тематика научных и научно-популярных статей

Основную тематику журнала представляют научные и научно-популярные статьи, находящиеся в предметной области цифровой экономики, информационной экономики, экономики знаний. Основное направление журнала — это статьи, освещающие применение подходов и методов естественных наук, математических моделей, теории игр и информационных технологий, а также использующие результаты и методы естественных наук, в том числе, биологии, антропологии, социологии, психологии.

В журнале также публикуются статьи о цифровой экономике и на связанные с ней темы, в том числе, доступные для понимания людей, не изучающих предметную область и применяемые методы исследования на профессиональном уровне. Основная тема — создание и развитие единого экономического пространства России и стран АТР. Сюда можно отнести статьи по обсуждаемым вопросам оптимизации использования ресурсов и государственному регулированию, по стандартам в цифровой экономике. Сегодня или очень скоро это стандарты — умный город, умный дом, умный транспорт, интернет вещей, цифровые платформы, BIM-технологии, умные рынки, умные контракты, краудсорсинг и краудфандинг и многие другие.

Журнал «Цифровая экономика», № 24(3) (2023)

Выпуск № 3 2023 год

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации № ЭЛ № ФС77-70455 от 20 июля 2017 г.

Редакционная коллегия

Козырев А. Н. – главный редактор, д.э.н., к.ф.-м.н., руководитель научного направления – математическое моделирование, г.н.с. ЦЭМИ РАН

Ведута Е. Н. – д.э.н., профессор, зав. кафедрой стратегического планирования и экономической политики факультета государственного управления имени М. В. Ломоносова

Гатауллин Т.М. – д.э.н., к.ф.-м.н., зам. директора Центра цифровой экономики Государственного университета управления

Китов Владимир Анатольевич, к.т.н., зам. Зав. кафедрой Информатики по научной работе РЭУ им. Г.В. Плеханова

Лебедев В. В. – д.э.н., к.ф.-м.н., профессор кафедры высшей математики Государственного университета управления

Лугачев М.И. – д.э.н., заведующий кафедрой Экономической информатики Экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Макаров С.В. – к.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН.

Неволин И.В. – к.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

Ноак Н.В. – к.п.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

Скрипкин К.Г. – к.э.н., доцент кафедры Экономической информатики Экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Тевелева О.В. – к.э.н., старший научный сотрудник ЦЭМИ РАН

Писарева О.М. – к.э.н., заведующий кафедрой математических методов в экономике и управлении, Директор Института информационных систем ФГБОУ ВО "Государственный университет управления" (ГУУ)

Чесноков А.Н. – руководитель проекта АН2

Все работы опубликованы в авторской редакции.

Композиция на обложке составлена Елизаветой Вершининой.

Подписано к опубликованию в Интернете 28.08.2023, Авт. печ.л. 9,7

Сайт размещения публикаций: <http://digital-economy.ru/>

Адрес редакции: 117418 Москва, Нахимовский проспект, 47, комн. 520

При использовании материалов ссылка на журнал «Цифровая экономика» и на автора статьи обязательна (на условиях creative commons).

© Журнал «Цифровая экономика», 2023

I S S N 2 6 8 6 - 9 5 6 X



9 772686 956001 >

СОДЕРЖАНИЕ

Слово редактора.....	4
1. Научные статьи.....	5
1.1. Козырев А.Н. Синергия и каннибализм знаний в экономике и в науке.....	5
1.2. Костин А.В, Неволин И.В. Стоимость права использования товарного знака в составе группы средств индивидуализации	23
1.3. Неволин И.В. Разделение стоимости портфеля прав на средства индивидуализации между его компонентами.....	29
1.4. Ноакк Н.В., Волкова А.Д., Грачев И.Д., Костина Т.А. Психологическая, реальная и модельная динамика COVID-19	34
1.5. Ночевой Д.С., Бессмертный И.А., Клименков С.В. Специальные выражения для поиска в структурированном тексте с использованием грамматических свойств	41
1.6. Ночевой Д.С. Извлечение данных из текстов на естественном языке с помощью специального языка запросов и лингвистической онтологии	48
1.7. Овчинников С. А., Серпуховитин Д. А. Стандарты и технологии процессного управления на инновационных предприятиях.....	55
1.8. Попов Д.В., Ральникова К.В., Кутикова С.П. Оценка уровня цифровой трансформации организации на основе управленческой документации	65
1.9. Гейт Н.А., Эдер А.В.Роль цифровизации в переходе к устойчивому развитию российского АПК	76
1.10. Варнухов А.Ю., Зобнин Б.Б Метод построения модели технологического процесса	82
1.11. Балычев С. Ю., Братковский А. М., Банковский М. А., Белоусов Ф. А., Неволин И.В. Совместное использование ресурсов в индустрии 4.0	89

Слово редактора

Дорогие читатели, перед вами двадцать четвертый с начала выпуска и третий в 2023 году номер журнала «Цифровая экономика». Он выходит досрочно и целиком состоит из научных статей, что связано с возросшим потоком научных текстов по актуальным тематикам, с одной стороны, и предполагаемым переходам на другую техническую базу, с другой стороны. Мы стараемся не допустить задержки с публикацией научных текстов, успешно прошедших рецензирование. Вместе с тем, от авторов требуется готовить тексты сразу в том формате, в каком они могут быть опубликованы. Авторам настоятельно рекомендуется внимательно читать памятку, публикуемую на последней странице каждого выпуска журнала, и строго следовать рекомендациям. Это снимает часть забот и технической работы с команды, выпускающей журнал. Статьи, подготовленные в точном соответствии с требованиями, пользуются приоритетом при рассмотрении вопроса о включении в очередной выпуск.

Основная тематика данного выпуска – применение теории игр в решении практических задач, возникающих в экономике и технике, в том числе в связи с цифровизацией и возрастающей ролью знаний в экономике. Применение теории игр, прежде всего, решений по Шепли, позволяет подвести достаточно прочную научную основу под обсуждение вопросов, затрагивающих множество интересов отдельных лиц, организаций и даже стран. Этой теме посвящена редакционная статья, её основная цель – показать возможности придания экономической науке принятого в естественных науках уровня доказательности и препятствия для этого, имеющиеся в ней самой. Здесь игровая тема возникает в связи с дележом славы, внимания целевой аудитории и, как нетрудно догадаться, создаваемой стоимости.

Тема дележей по Шепли присутствует и в статьях, написанных ведущими сотрудниками лаборатории экспериментальной экономики ЦЭМИ РАН к.э.н. А.В. Костиным и к.э.н. И.В. Неволным. Речь идет о разделении стоимости портфеля интеллектуальных прав между отдельными компонентами, в данном случае – исключительными правами на средства индивидуализации продуктов. Такие задачи возникают при рассмотрении в суде дел о нарушении исключительных прав для определения размеров компенсации. В первой из этих статей значительное внимание уделено контексту использования товарных знаков, права на которые оказались нарушены, во второй – схеме расчета компенсации.

Игровая тема, также затрагивающая проблему дележей, присутствует и в завершающей выпуск статье четырех молодых авторов. В данном случае речь идет о распределении ограниченных вычислительных мощностей между различными задачами, за которыми стоят проектные команды. Важная особенность предлагаемого алгоритма – достижение оптимального по Парето распределения вычислительных ресурсов в условиях неполной информации и соблюдения мер информационной безопасности. Итеративный процесс начинается со сложившегося к его началу состояния и осуществляется таким образом, что участники на каждом шаге только отвечают на предложения, рассылаемые «маклером», показывая невыгодность предлагаемого изменения. В качестве «маклера» выступает алгоритм или, если пользоваться современным сленгом, искусственный интеллект. Важно то, что команды, стоящие за отдельными «игроками», не раскрывают информации ни о себе, ни о своих возможностях, ни о решаемой задаче за исключением абсолютно необходимого минимума.

Также в выпуске представлена ставшая традиционной для нас тематика извлечения данных и смыслов из текстов на естественном языке. В этом выпуске тема представлена двумя статьями авторов из Национального исследовательского университета ИТМО. В первой из них рассматривается применение специально разработанных регулярных выражений для извлечения словоформ, а также семантических отношений, полученных из структурированных и слабоструктурированных источников, рассматриваются основные элементы семантической сети (концепты, лексемы, словоформы, отношения и атрибуты), а также основные типы связей между элементами. Во второй статье рассматривается применение специального языка запросов для извлечения словоформ, полученных из слабоструктурированных источников, рассматриваются основные термины в области семантических сетей.

Остальные пять статей, вошедших в данный выпуск, посвящены различным прикладным вопросам, включая вопросы измерения и стандартизации. Среди них измерение психологической, реальной и модельной динамики COVID-19, стандарты и технологии процессного управления на инновационных предприятиях и другие актуальные темы.

Всем потенциальным читателям желаю, как всегда, увлекательного и не всегда легкого чтения.

Главный редактор журнала

д.э.н. А. Н. Козырев

1. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

УДК: 004.82, 621.13

1.1. СИНЕРГИЯ И КАННИБАЛИЗМ ЗНАНИЙ В ЭКОНОМИКЕ И В НАУКЕ

Козырев А. Н., ЦЭМИ РАН, г. Москва, Россия

«... здесь, как нигде, математик идет по тонкому льду экономической материи, связанной неисчислимым множеством зависимостей с реальными живыми людьми, коллективами, различными обстоятельствами.»

*Леонид Витальевич Канторович
"Смотреть на правду открытыми глазами..."
(Последнее интервью)¹*

«Настало время вновь объединить сильно обнищавшую область экономикс с самой экономикой.

*Рональд Гарри Коуз
Saving Economics from the Economists.²*

Показаны возможности придания экономической науке принятого в естественных науках уровня доказательности и препятствия для этого, имеющиеся в ней самой. К ним относятся в том числе эффекты отрицательной синергии. На конкретных примерах показано их наличие и возможность смягчения с применением математики.

1. Введение

Мы живем в эпоху, когда сбиты многие ориентиры. Ни экономика, ни наука не стали исключениями, а экономическая наука оказалась тем перекрестком, где проблемы науки и экономики сошлись и переплелись. Но даже здесь ещё что-то можно исправить, если «смотреть на правду открытыми глазами». Эта статья – продолжение серии работ [Козырев, 2022, 2023а, 2023б] и попытка объяснить более подробно и понятно отдельные вопросы, касающиеся применения математики и, прежде всего, теории де-лежей по Шепли в современной экономике. Также она о том, что можно и нужно исправить в области научных публикаций, экономических измерений и применения новой (для экономистов) математики.

1.1. О чем эта статья

Термин «каннибализм» применительно к знаниям представляется здесь уместным, так как, с одной стороны, несет в себе некоторый эмоциональный заряд, а с другой стороны, достаточно точно отражает суть обсуждаемых эффектов и проблем. В научной литературе его чаще всего используют как синоним термина «отрицательная синергия», причем это может означать обесценение чего-то или кого-то в самых разных смыслах, включая обесценение в деньгах, потерю полезности, понижение статуса или популярности. В литературе по инновациям его часто используют для обозначения ситуаций, когда одна инновация делает невозможной реализацию другой по причине их несовместимости или, напротив, взаимозаменяемости. Наконец, он может означать потерю знаний под напором навязываемой информации. Далее этот термин используется без кавычек в любом из перечисленных выше смыслов, поскольку смысл легко улавливается из контекста. Также без кавычек используется термин «знание», но скорее в узком, чем широком смысле. Речь идет в основном о результатах научной деятельности фундаментального и прикладного характера, но не только о них. Важную роль в экономике играют управленческие знания, причем не только формализованные в виде инструкций, регламентов и методик, но и неявные знания – управленческие ноу-хау. Положительная синергия возникает при соединении знаний разного типа, отрицательная синергия (каннибализм) – напротив, при наличии у них чего-то нематериального, но существенного, за что возможна конкуренция. Это может быть выполнение тех же функций, внимание той же аудитории или что-то еще. Самое главное здесь то, что все это не так уж плохо поддается формализации и изучению с применением математики. Именно это составляет основное содержание статьи. Однако вопрос о каннибализме знаний интересен не сам по себе, а в контексте актуальных экономических проблем, где знания играют решающую роль. А потому много внимания уделено кризису в экономической науке и смежных с ней областях.

¹ <http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/BIO/LVK/LVK03.HTM> ,

² <https://hbr.org/2012/12/saving-economics-from-the-economists>

1.2. Известность как знание, засекречивание ценных знаний и бегство от реальности

Если говорить о синергии и каннибализме знаний в науке, то важно иметь в виду не только знания реального или воображаемого субъекта, сообщества или коллектива единомышленников об изучаемой ими действительности, но и знания целевой аудитории о них самих, об их взглядах и достижениях. Если научный результат получен известным ученым и опубликован в престижном научном издании, то эффект от него кратен больше, чем от аналогичного результата, опубликованного в малоизвестном журнале или сборнике научных трудов. В первом приближении этот эффект пропорционален числу прочтений конкретной публикации или, как возможные варианты, числу читателей журнала, числу почитателей конкретного автора. Разумеется, это три разных параметра, но все они говорят примерно об одном.

Известность автора в научной среде и известность издания играют похожие роли и в чем-то дополняют друг друга, но то и другое представляют не только знание о них. Речь идет не только о знании как таковом, но и о доверии к автору и изданию, поклонении, если угодно. Тут лучше использовать отдельный термин. На эту роль в целом годится термин «авторский капитал» [Полтерович, 2023], но лучше подходит давно известный термин «капитал внимания», введенный Г. Франком [Frank, 1993, 1998]. Некоторые из нас к нему успели привыкнуть. Кроме того, внимание – ограниченный ресурс любого человека или сообщества. А потому тут есть обратная сторона. Отнимая время или отвлекая внимание целевой аудитории, каждая публикация отнимает его у других публикаций, возможно, более ценных с научной точки зрения, но опубликованных в менее престижных изданиях менее известными авторами.

Еще сложнее со знаниями (результатами научной деятельности), не попадающими в научные журналы по самым разным причинам, главная из них – практическая применимость и отнюдь не только в военной сфере. Причиной может быть перспектива патентования результата, сохранения в секрете как ноу-хау или, наоборот, возможность таких негативных последствий, как рост социальной, межэтнической или межконфессиональной напряженности. Наконец, еще одна причина – обязательства юридического или морального свойства, когда слишком точное, детальное и свежее знание сохраняется в секрете по договоренности с тем, кто это знание предоставил. Такими знаниями могут обладать, если говорить конкретно об экономике, консультанты по бизнесу, работники банков, следственных органов и некоторых других служб. Большинство из них не пишет научных статей, но некоторые совмещают научную деятельность с основной. Тут вряд ли уместно говорить о каннибализме, но потеря знаний имеет место, причем это знания, имеющие значительную ценность, в отличие от многого из публикуемого.

Если писать о знаниях, инновациях и научных коммуникациях, игнорируя изложенные выше аспекты, то вероятность написать что-то, не имеющее реального смысла, приближается к единице. Но это мало кого отпугивает из современных авторов, что лишь подтверждает неоднократно высказанную разными авторами мысль о превращении современной науки в ярмарку тщеславия.

1.3. Распределение материала по разделам

Главная цель статьи – показать имеющиеся возможности и сохраняющиеся препятствия для более широкого использования математики и придания экономической науке уровня доказательности, принятого в естественных науках. Соответственно этой цели выстроена структура статьи и расположения материала в ней. Статья включает настоящее введение, три относительно независимых раздела и заключение, где кратко сформулированы выводы.

В разделе 2, следующем непосредственно за настоящим введением, представлены разные точки зрения на кризис в общественных науках и, прежде всего, в экономической науке, а также возможные пути выхода из него. Выбор цитируемых авторов очень избирательный. В наибольшей степени замыслу данной статьи соответствуют идеи и оценки, высказанные А.А. Зиновьевым в сложной для прочтения и достаточно мрачной книге [Зиновьев, 2008], написанной в 1999 году еще до возвращения в Россию¹. Интеллектуальное бесстрашие этого автора вызывает не меньшее восхищение, чем отточенная еще в советский период логика [Зиновьев, 1971, 1972]. Он оптимистичен в том, что науки об обществе могут быть выстроены на том же уровне строгости, что и естественные науки, и показывает, как это может быть сделано. Но тут же и с той же убедительностью показывает, почему этому не суждено случиться. Противоположная точка зрения представлена серией работ В.М. Полтеровича, опубликованных в период с 1998 по 2023 год и широко обсуждавшихся в профессиональном сообществе. В них изложены популярные в среде академических экономистов точки зрения на перманентный кризис экономической теории, включая авторскую точку зрения на его причины [Полтерович, 1998, 2011] и перспективы выхода из кризиса [Полтерович, 1998, 2011] путем интеграции разных общественных наук и постепенного формирования общего социального анализа (ОСА) с единым набором методов и инструментов. Такая же реверсия имеет место и по поводу оптимизма/пессимизма во взглядах на будущее. В.М. Полтерович не видит перспективы построения экономической науки по образцу естественных наук, но с оптимизмом смотрит в будущее с коллаборацией вместо конкуренции и в целом положительно оценивает существующую систему научных коммуникаций [Полтерович, 2023]. Достаточно веские основания считать эту версию взглядом экономической науки на себя сама дает прежде всего количество цитирований, одобрение на различных мероприятиях, а также наличие более радикальных

¹ Издание 2008 года выбрано по причине его доступности на Литрес.

точек зрения, представленных в том числе нобелевскими лауреатами по экономике разных лет. В таком окружении версия В.М. Полтеровича выглядит умеренно оптимистичной и взвешенной. Именно это обстоятельство дает возможность дискутировать с ней как с точкой зрения на экономическую науку изнутри, противопоставляя ей точку зрения со стороны, причем существенно менее лестную в части состояния общественных наук, но более оптимистичную в отношении принципиальной возможности придания общественным наукам уровня науки (science). В этом плане очень хорошим подспорьем оказывается уже упоминавшаяся книга [Зиновьев, 2008], а также последнее интервью Л.В. Канторовича, записанное в 1996 году уже в больнице и опубликованное в [Канторович, 2002].

Раздел 3 – демонстрация возможностей по использованию теории полиномиальных мер в качестве дополнения к теории дележей, позволяющего на порядок повысить потенциал ее применимости при дележах разного типа с относительно большим числом участников. Основная идея этой теории – возможность разложения неаддитивных функций множеств на функции специального вида по аналогии с разложением аналитической функции в ряд – остается за кадром. Речь идет о простейшем случае, когда неаддитивная функция определена на подмножествах конечного множества. Но именно этот простейший случай имеет реальное приложение в теории дележей. Игра в форме характеристической функции разлагается в ряд очень просто устроенных игр. Для них аксиомы Шепли становятся очень простыми и понятными, решения находятся легко, а потом складываются в решение исходной игры.

В разделе 4 представлены конкретные примеры синергии и каннибализма знаний, причем все сюжеты взяты из реальной практики, упрощены до возможного предела с сохранением смысла. На этих примерах показано, как работает описанный в предыдущем разделе математический аппарат.

В заключение представлены основные выводы.

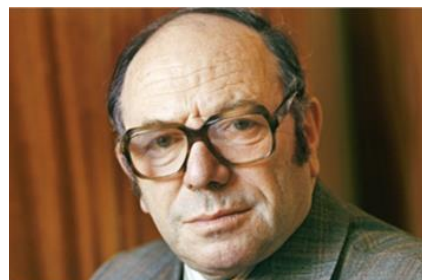
2. Каннибализм знаний в контексте кризиса системы научных коммуникаций

Речь пойдет в основном о кризисе в экономической теории, но развивается он в контексте общего кризиса науки, связанного с превращением системы научных коммуникаций в ярмарку тщеславия¹.

2.1. Что не так с применением математики в экономике

Поскольку главная цель статьи – показать имеющиеся возможности и сохраняющиеся препятствия для более широкого использования математики, представляется уместным процитировать высказывание на эту тему из последнего интервью своего учителя [Канторович, 2002], надиктованного им уже в больнице. Говоря о сложности работы математика с экономической материей, Л. В. Канторович, сравнил ее с тонким льдом и обратил внимание на задеваемые интересы «едва ли не всех». Цитирую дословно.

В естественных науках и в технике математические модели существовали давно – с их помощью производились расчеты, их результатами руководствовались на практике. В экономике это оказалось по разным причинам гораздо сложнее. В свое время Ленин прозорливо заметил, что, если бы геометрические аксиомы задевали интересы людей, то они, наверное, опровергались бы. Наши модели как раз и затронули интересы множества, едва ли не всех. Именно этим объясняется трудная многолетняя борьба за внедрение математических методов в реальную экономику, борьба, которая, увы, еще далека от полной победы.



VIVOS VOXO: Л.В. Канторович, "Смотреть на правду открытым..."

Среди этих «едва ли не всех» можно увидеть (при желании) тогдашних руководителей страны или социалистических предприятий, что не лишено оснований, но они составляют очень небольшую долю от всех, чьи интересы были задеты. Более того, эти интересы объективно состояли в том, чтобы математические методы в экономике применялись и повышали эффективность управления экономикой. Разумеется, были и опасения, связанные с непониманием того, как это работает, опасения за свою карьеру. Но те же опасения были и у людей попроще, а главное, у экономистов, владевших математикой на уровне арифметики и не желавших пускать математиков в «свою науку». Это очень ярко проявилось на Всесоюзных совещаниях по применению математики в экономике 1960 и 1964 годов. Оба они казались переломными, математикам удавалось показать свою правоту и получить поддержку от высшего руководства страны. Но на практике все оказалось не совсем так или совсем не так. И дело было совсем не в качестве полученных научных результатов. Вот фрагмент из того же интервью.

О фундаментальности наших работ может свидетельствовать и тот, в общем, печальный факт, что, родившись в социалистической стране, на советском материале, для советского народного хозяйства, они впервые были практически использованы на Западе. Они оказались инвариантны в смысле понимания пружин хозяйственного механизма, взаимодействия составляющих производства.

¹ <https://www.forbes.ru/mneniya/334021-yarmarka-tshcheslaviya-kak-rabotaet-sovremennyy-rynok-nauki>

В этих двух цитатах нет ни слова об экономической теории, но есть слова о практическом использовании математических моделей в реальной экономике, а также о том, что они «оказались *инвариантны в смысле понимания пружин хозяйственного механизма*». Экономическая теория слишком идеологизирована, как бы ни отрицали этот факт сколь угодно авторитетные экономисты, политики и журналисты. Даже математические модели наполняются идеологией, если смотреть на них не с точки зрения возможных приложений, а в контексте господствующей идеологии. Так, Канторовичу вменяли в вину сходство некоторых его идей с идеями Вильфредо Парето, о существовании которого он даже не подозревал, зато знали борцы идеологического фронта. То же самое, но с другим идеологическим подтекстом произошло с моделью экономического равновесия Эрроу-Дебрё-Маккензи. По сути, это модель распределения ресурсов. Достаточно поменять знак в бюджетных ограничениях на противоположный и ввести требование оптимальности распределения ресурсов по Парето. Тогда исчезнет повод говорить о том, что экономический агент действует в рамках своего бюджетного ограничения. Ограничение остается, но означает, что потребляемый каждым агентом продуктовый набор, стоит не меньше, чем его же вклад в «общий котел». Тут нет полной аналогии с «потреблением по труду», но лишь потому, что труд в модели не фигурирует. Но и в модели равновесия нет рационального поведения агентов, есть лишь ограничение на потребление, которое можно выворачивать наизнанку. Решение, бывшее до перемены знаков рыночным равновесием, существует и оптимально по Парето, а доказательство его существования становится проще и даже изящнее.

Не менее забавна ситуация с условиями единственности или, как минимум, конечности числа равновесных состояний в той же модели. Экономисты-теоретики могут петь дифирамбы Дебрё и Смейлу за теорему о конечности числа равновесий для «почти всех экономик», но отсюда не следует, что они понимают её смысл, как и то, что она не имеет какого-либо отношения к вычислимости равновесия вопреки утверждению Дебрё в его нобелевской лекции. Выпускник кафедры вычислительной математики, созданной и руководимой Л.В. Канторовичем в НГУ, видит это сразу, а экономисту тут надо перепрыгнуть не только через идеологию, но и через свой уровень понимания математики. Проблема имеет, как минимум, две стороны, а считаться надо с ними обеими, иначе трудно рассчитывать на понимание.

Такие экономисты, как Альфред Маршал, осознавали проблему доступности текста для понимания и рекомендовали использовать математику только в предварительных рассуждениях, а из публикаций ее полностью убирать. Сегодня такой номер не пройдет. Экономика изменилась под влиянием цифровых технологий, увеличилась роль знаний различного типа, наиболее дефицитным ресурсом стало внимание, а возникающие эффекты уже невозможно объяснить «на пальцах».

Еще одной проблемой стал кризис системы научных коммуникаций – превращение её в ярмарку тщеславия [Franck, 1999]. Этот кризис затронул практически всю академическую науку, включая математику, но в общественных науках он проявил себя много острее, причем не только в силу их идеологизации, но и потому, что в них разбираются «едва ли не все», а в математике лишь немногие.

Математика может предложить достаточно много новых инструментов и выразительных средств в том числе для описания знаний разного типа, эффектов синергии и каннибализма. Разумеется, речь не идет о том, что можно выстроить экономическую науку по образцу физики Ньютона, что, кстати, и не нужно. Современная физика выстроена отнюдь не по этому образцу. Только в 20-м веке в физике произошло две революции, одна из которых связана с появлением теории относительности, вторая – с появлением квантовой механики. И оба раза происходило обновление используемого математического аппарата, а математика развивалась в значительной мере под потребности физики. С экономической наукой все не так. Тут тоже были свои «революции», но заканчивались они неудачами [Полтерович, 1998, 2011].

О причинах неудач, как и предложениях по выходу из перманентного кризиса экономической науки [Полтерович, 2022a, 2022b, 2023], можно поспорить. Более того, можно посмотреть на те же вопросы несколько шире и опереться на мнения Л. В. Канторовича и А. А. Зиновьева. В первую очередь речь о возможности придания общественным наукам уровня доказательности, принятого в науках (science), и препятствиях на этом пути. Несовпадения точек зрения здесь имеют достаточно принципиальный характер. Это касается не только упомянутых выше авторов, но и дискуссии внутри самой экономической науки.

2.2. О разных взглядах на кризис экономической науки

О перманентном кризисе в экономической теории, об ее отрыве от практики и необходимости исправлять ситуацию написано очень много разными авторами, что делает практически невозможным даже простое упоминание в одной статье всех точек зрения. Приходится делать выбор, исходя как из принятых на сегодняшний день критериев, так и из собственных предпочтений, совпадения взглядов и доверия к доводам конкретных авторов. В первую очередь естественно обратиться к точке зрения нобелевских лауреатов по экономике, а среди них к тем, чья позиция сформулирована наиболее ясно. Радикальную позицию занял Рональд Коуз, призвавший спасти экономическую науку (economics) от экономистов, которых стало слишком много [Coase, 2012], а пишут они в основном друг для друга, не считаясь с реальностью и потребностями бизнеса. Несколько мягче о том же высказался Пауль Ромер [Romer, 2016], отметив попутно, что «последние 30 лет макроэкономика только деградирует». Если учесть, что написано это в 2016 году, то начало деградации надо отнести к 1986 году (время последнего интервью Л. В. Канторовича). То есть противоречия

между их суждениями нет. Серию «комплиментов» в адрес экономической науки можно продолжить, но в этом нет необходимости. Обзор точек зрения, высказанных известными экономистами, есть в публикациях [Полтерович, 1998, 2011]. Сам Полтерович видит причину кризиса не в методологии экономической науки, как о том пишут многие цитируемые им авторы, а в особенностях экономической материи.

О возможности построения экономической науки по образцу «точных» наук (science)

Основной тезис статьи [Полтерович, 2011] – о том, что «...поставленная в ряде классических работ задача построения экономической теории по образцу физики, видимо, невыполнима». В пользу этого тезиса автором выдвинуты четыре основных аргумента. Первый из них – в ходе эмпирических исследований не удалось обнаружить «фундаментальные экономические зависимости между экономическими переменными», второй – появление теорем о невозможности. Оба аргумента очень неоднозначны, первый вполне может свидетельствовать о том, что изначально были выбраны неудачные модели, не связанные с реальностью, это и подтвердилось. А теоремы о невозможности [Arrow, 1951], как и теоремы противоположного вида [Debreu, 1974], свидетельствуют как раз о том, что точные методы тут работают, второй аргумент скорее говорит о возможности построения экономики как науки.

В качестве третьего по порядку аргумента была названа такая подвижность экономической действительности, «что скорость ее изменения опережает темпы ее изучения». Однако погода меняется еще быстрее, чем ситуация в экономике, а повторить условия прогноза ничуть не проще. И все же синоптикам доверяют больше, чем экономистам, причем не только лица, принимающие решения в бизнесе и на государственном уровне, но и простые граждане США [Banerjee and Duflo, 2019]. Кстати, оценка деятельности синоптиков не строится на количестве ссылок друг на друга, возможно, отсюда и больше доверия.

Также стоит заметить, что Ньютон формулировал свои законы применительно к простым ситуациям типа движения бильярдного шара по столу, а не военной колесницы по пересеченной местности. Иначе у него получилась бы физика Аристотеля, где тело движется с постоянной скоростью под воздействием силы. Стоит также отметить, что пример с законом Ньютона подробно разобран в [Зиновьев, 2008, с. 48], где отмечается, что закон Ньютона выведен не по правилам простой индукции, а по правилам мысленного эксперимента. Наблюдать тело, на которое не действуют никакие силы, никому не удавалось, можно только приближать реальные условия к идеальным; как это было тогда, так и в современной физике.

Четвертый аргумент – «выводы из экономических теорий довольно быстро становятся достоянием массы экономических агентов и влияют на формирование ожиданий» – не вызывает возражений. Действительно, в этом заключается особенность наук об обществе, осложняющая исследования. Но следует отсюда лишь то, что смотреть на решаемую задачу надо более широко. Принцип неопределенности Гейзенберга не сделал физику подобием общественных наук, а был интегрирован в общую теорию.

Совсем иначе на перспективе социальных наук, включая экономику и социологию, смотрел А.А. Зиновьев. Он не отрицал принципиальной возможности придать им уровень строгости, принятый в физике и других естественных науках, но видел три очень серьезных препятствия для этого. Лишь первое из них отчасти связано с тем, что сформулировано выше в виде четвертого тезиса В.М. Полтеровича. Суть отличий социальных объектов от физических Зиновьев определяет следующим образом [Зиновьев, 2008, с. 11].

Особенность социальных объектов состоит прежде всего в том, что люди сами суть объекты такого рода, постоянно живут среди них и в них, постоянно имеют с ними дело. Они должны уметь жить в качестве социальных объектов и в их среде. Для этого они должны как-то познавать их, что-то знать о них. ...

Тут хочется подчеркнуть «познавать» и «знать». Если вспомнить, что своим основным достижением в области экономики Л.В. Канторович считал не открытие линейного программирования, а понимание цен как двойственных переменных или, иначе говоря, как элементов сопряженного пространства, то есть двойственного к пространству продуктов и ресурсов, то можно увидеть тут перекличку идей. В данном случае сказанное выше означает, что нужно расширить пространство переменных, включив в него знания. Операции со знаниями по Канторовичу подчиняются иным алгебраическим правилам, нежели обычные продукты [Макаров, 1973]. Сопряженное пространство для такого пространства продуктов тоже будет отличаться от привычного «едва ли не всем» евклидова пространства. С такими конструкциями и надо работать.

Далее А.А. Зиновьев называет и комментирует три серьезных препятствия на пути научного познания социальных явлений. Первое препятствие – своего рода коктейль из амбиций и глупости власть имущих.

«... те из них, кто занимает высокое положение в обществе, известен и имеет возможность публичных выступлений, считают себя и признаются другими за высших экспертов в сфере социальных явлений.

Не легче и с целевой аудиторией.

Люди верят президентам, министрам, королям, знаменитым актерам и даже спортсменам больше, чем профессионалам ... в исследовании социальных явлений, хотя эти высокопоставленные личности и знаменитости обычно несут несусветный вздор, а он больше соответствует обывательским представлениям, чем суждения профессионалов.

Последним верят тогда, когда они занимают высокое положение, признаются и поощряются властью имущими и погружают свои профессиональные достижения в трясины обывательского сознания и идеологии. Таково первое серьезное препятствие на пути научного познания социальных явлений.

И снова переключка с идеями Л.В. Канторовича, писавшего про интересы «едва ли не всех». Со вторым препятствием чуть проще, речь об идеологии. Тут достаточно привести последний абзац.

В настоящее время идеологическое очернение коммунизма и приукрашивание западнизма приняло неслыханные ранее размеры как на Западе, так и в бывших коммунистических странах. Так что теперь о научном понимании как коммунизма, так и западнизма и речи быть не может.

Но самая суть заключается в том, что Зиновьев называет третьим препятствием.

И третье препятствие на пути научного познания социальных объектов – гигантская армия людей, профессионально занятых в сфере науки. Дело в том, что надо различать науку как сферу жизнедеятельности множества людей, добывающих себе жизненные блага и добывающихся жизненного успеха (известности, степеней, званий, наград) за счет профессионального изучения социальных объектов, и научный подход к этим объектам. Лишь для ничтожной части этих профессионалов научное познание есть самоцель. Научный подход к социальным объектам составляет лишь ничтожную долю в колоссальной продукции сферы профессиональных социальных исследований.

Тут самое время «налить чернил и плакать». Однако, если данное утверждение полностью совпадает с собственным пониманием сложившейся ситуации, то оно как-то даже успокаивает. Стоит сразу заметить, что речь идет о ситуации не в какой-то одной стране, где всё не так, а во всём мире.

ОСА и два канона

После вывода о невозможности построения экономической теории по образцу физики Ньютона, в чем, строго говоря, нет и необходимости, В.М. Полтерович переходит к обсуждению перспектив интеграции всех общественных наук в рамках общего социального анализа (ОСА) или, как минимум, двух канонов экономической науки [Полтерович, 2011, 2022b]. Эти задачи лучше рассмотреть по порядку.

Фундаментом для ОСА согласно [Полтерович, 2022b] должны стать:

- ▶ общий объект исследования: функционирование и развитие общественных институтов, поведение человеческих коллективов в рамках этих институтов;
- ▶ единая эмпирическая база (социально-экономические индикаторы) и единая методология её пополнения (опросы, «полевые» исследования, институциональные и «лабораторные» эксперименты);
- ▶ единый аналитический аппарат: эконометрика и теория игр.

Все три пункта уязвимы для критики. В наименьшей степени это касается первого из них. Но и тут есть проблемы. Например, представления об институтах у экономистов и юристов, ведущих исследование в конкретных областях типа авторского права и смежных прав, различаются так сильно, что не включенному в эту тематику наблюдателю трудно себе это представить. Рассуждения видных экономистов, включая нобелевских лауреатов, об институтах права могут показаться нормальному цивилисту просто инфантильным бредом. Если лауреат поговорит о конкретной проблеме с главой отделения общественных наук РАН, то его выслушают с уважением, специалист в конкретной проблематике либо не будет вмешиваться, либо вообще не будет допущен к дискуссии. И все останутся на своих местах, включая проблему.

Пункт «единая эмпирическая база» прописан более подробно в работе [Полтерович, 2011]. Он включает: а) социально-экономические индикаторы; б) опросы, анкетирование; в) «полевые» исследования, «case studies»; г) институциональные эксперименты; д) лабораторные эксперименты. Этот список отдает архаикой, но в более поздних работах ничего к этому не добавлено о новых способах сбора информации, огромных базах данных, создаваемых такими структурами, как Сбер-Аналитика или Яндекс. Ситуация характерна не только для России. Крупные корпорации во всем мире собирают и анализируют огромные массивы информации о своих клиентах, отслеживают в режиме реального времени информацию о финансах, продажах и покупках. Их прогнозы становятся все точнее, тогда как прогнозы академических экономистов становятся все хуже [Lev, 2019]. Социально-экономические индикаторы во многом идеологизированы, а люди при опросах слишком часто лгут (не всегда сознательно). Такова эмпирическая база ОСА.

Набор инструментов ОСА из эконометрики и теории игр при всем уважении к этим двум математическим дисциплинам слишком убог по сравнению с имеющимися уже сегодня возможностями. Теория игр сама по себе скорее язык для описания отношений между объектами социальных исследований, чем полноценный инструмент. В каждой конкретной ситуации нужно что-то ещё, чтобы он стал эффективным. Например, для применения дележей по Шепли нужно знать значения функции выигрыша для всех возможных коалиций. Реально это возможно только при очень небольшом числе игроков или при очень специаль-

ном наборе возможных коалиций. А потому применять этот инструмент «в лоб» можно очень редко, для его более широкого и эффективного применения нужны дополнительные умения в области математики.

В итоге с задачей максимум о построении ОСА все очень проблематично, а потому можно перейти к задаче минимум об объединении двух канонов. Первое, что здесь вызывает сомнение, – это заинтересованность представителей того и другого канонов в объединении. Не для того они разделялись.

В первом приближении первый канон – это теория конкурентного равновесия со всеми её моделями, теоремами существования, оптимальности и невозможности или, наоборот, об их избытке. Подробно об этом лучше прочесть в [Полтерович, 2022b]. Но и без знания подробностей можно догадаться, что представителям этого канона не с руки погружаться в практику. Гораздо удобнее писать статьи, ориентируясь друг на друга и политическую конъюнктуру. Второй канон – наследие и продолжение исторической школы, но суть не в этом. Его отличия от первого канона – связь с практикой при отсутствии формальных моделей, строгих формулировок и доказательств. Об этом тоже лучше читать в [Полтерович, 2022b]. Там же приведено замечательное высказывание очень известного экономиста Ариэля Рубинштейна: «За сорок лет моей профессиональной деятельности я не встретил ни одной модели, которая убедила бы меня в том, что экономическая теория может иметь прямое практическое применение». Примечательно то, что Ариэль Рубинштейн – одна из знаковых фигур сетевого сообщества Value Based Management.net¹. В это сообщество входит несколько очень известных в своей конкретной области экономистов, ориентированных на решение конкретных задач. Среди них есть специалисты в области финансов, оценки нематериальных активов и в ряде других областей, где важно знать детали решаемых проблем. У большинства из них просто нет времени на изучение собрания экономических анекдотов, переведенных на математический язык.

Формулы-образы

Более глубокие проблемы связаны с тем, как описывается экономическая действительность, в данном случае, как описываются знания. Экономисты-теоретики (представители первого канона) могут поговорить о том, что знания обладают обычными для общественных благ свойствами неконкурентности в потреблении и неисключаемости, которые никогда не выполняются абсолютно, что вполне естественно. Но им вряд ли придет в голову переписать уравнение Самуэльсона с применением операции идемпотентного сложения, найти квазидифференциал [Demuynov, Rubinov, 1995], а потом выписать условие оптимальности в более общем виде, чем в их учебниках. А то, как реально продаются ноу-хау, передаются управленческие навыки и другие подробности – не их поле деятельности. Они здесь чужие и чувствуют это нутром. А потому предпочитают либо простые формулы, с которыми легче работать, либо простые образы.

Не лучше ситуация и с практиками – представителями второго канона. Им тоже не хватает выразительных математических средств. В специальной литературе по управлению знаниями (knowledge management), управлению на основе стоимости (value based management) управленческие знания двух разных типов обычно относят к структурному и человеческому капиталу, соответственно. Синергетический эффект от объединения знаний того и другого типа Лейф Эдвинссон в [Edvinsson, 2002, Эдвинссон, 2005] выразил с помощью формул-метафор, которые не следует понимать буквально. Одна из них

$$\text{HUMAN CAPITAL} \times \text{STRUCTURAL CAPITAL} = \text{INTELLECTUAL CAPITAL}$$

стала легендой еще до появления самой книги, вторая

$$1+1=11$$

после. Сегодня она причудливым образом рифмуется с формулами

$$2+2=22 \text{ и } 2 \times 2=22$$

из популярного ролика «Альтернативная математика»², повествующего в юмористическом ключе о деградации американской общеобразовательной школы. Однако автор – такая же, как и Ариэль Рубинштейн, знаковая личность в сетевом сообществе Value Based Management.net не собиравший шутилки. Ему были нужны яркие образы или метафоры для демонстрации своих революционных идей, он их нашел. Проблемы с математикой у него, разумеется, были и есть, как и у большинства экономистов, но не на уровне арифметики, как у героя видеоролика. Скорее это недостаток выразительных средств – математических операций и соответствующих им символов.

Вторая формула Эдвинссона хороша тем, что понять ее буквально может лишь персонаж из видеоролика. Первая из формул таким достоинством не обладает, зато в ней все переменные имеют хоть какую-то связь с реальностью. Даже знак $\times$ несет определенный смысл, показывая, что знания теряют ценность, если не умеешь ими пользоваться, а умение ими пользоваться обесценивается, если нет такой возможности или полномочий. Так бывает, если руководство фирмы не способно делегировать полномочия тем подчиненным, кто обладает нужными специальными знаниями и компетенциями. Обе формулы показывают эффект положительной синергии при объединении знаний двух типов. Тот же самый эффект можно (и приходится) наблюдать в науке. Для описания таких эффектов на языке

¹ <https://www.valuebasedmanagement.net/>

² <https://yandex.ru/video/preview/9558659027506759545>

математики подходят неаддитивные функции множеств, включая кооперативные игры в форме характеристической функции, а также полиномиальные меры [Козырев, 2021] и конструкции из них. В принципе эта техника подходит и для описания ситуаций каннибализма знаний.

2.3. Ярмарка тщеславия

Эффект каннибализма в истории с первой формулой Эдвинсона – появление «культурного слоя» из малоценных публикаций, под которым оказываются погребены яркие идеи и образы, созданные первопроходцами. Формула со знаком умножения вместо сложения была воспринята буквально очень многими авторами статей об интеллектуальном капитале за последующие годы. По запросу «интеллектуальный капитал» в НЭБ высвечивается 22114 названий. Их невозможно просмотреть, не говоря уже об оценке содержания самих публикаций. Выборочный просмотр вызывает когнитивный диссонанс при каждом столкновении с буквальным пониманием « $\times$ », а конца им нет. Тут явный каннибализм: новые «знания», полученные за последние 20 лет, погребены под собой некогда живую мысль. В данном случае мы имеем конкретное проявление эффекта, названного Зиновьевым третьим серьезным препятствием на пути научного познания социальной сферы. Если даже он прав не на все 100%, а доля ученых, реально стремящихся к познанию в этой области, не «ничтожна», а просто мала, то теряют смысл многие или все благие пожелания, связанные с ОСА. Но дело не только в этом. Профессиональное исследование сферы научных коммуникаций показывает неблагополучие в этой сфере. Так, в [Угринович, Мун, Попета, 2016] приводятся убийственные факты научных фальсификаций, часть из которых была вскрыта самими авторами, желающими показать неэффективность системы. А в [Бобров, 2022] дан анализ ситуации с недостоверными ссылками, показывающий особую остроту проблемы в области экономики. Тут есть повод поговорить о системе научных коммуникаций с её критериями оценки публикаций, наукометрией, рейтингованием изданий и двойным слепым рецензированием как о ярмарке тщеславия,

Термин «ярмарка тщеславия» применительно к системе научных коммуникаций ввел в научный оборот Георг Франк [Frank 1999], опубликовав статью под названием «Scientific communication: a vanity fair?» Знак вопроса, разумеется, несколько смягчает смысл его высказывания. Впрочем, Франк вообще не видел в этом сравнении ничего зазорного. Если бы наукой занимались только настоящие исследователи, они платили бы ссылками за знакомство с полезным для их исследования результатом и соблюдали все другие правила научной этики. Но и тогда все равно формировался бы «капитал внимания» со многими признаками того самого капитала, где деньги порождают деньги, богатые богатеют, а бедные беднеют. Здесь действуют положительные обратные связи, а потому система не стремится к равновесию в том смысле, когда «невидимая рука» рынка (ярмарки) приводит к оптимальному по Парето состоянию. К тому же надо учитывать тот факт, что знания как таковые не обладают свойством редкости или, иными словами, обладают свойством неконкурентности в потреблении. В итоге эффект положительной синергии до какого-то момента заведомо перевешивает отрицательную синергию.

Ситуация радикально меняется, когда участников ярмарки становится много, дефицит внимания как ограниченного ресурса проявляется все больше, перевешивая положительные сетевые эффекты уже потому, что сетевой эффект гаснет с увеличением числа участников сети (физически можно коммуницировать лишь с ограниченным числом контрагентов). Это так даже в случае, когда в сети или сообществе все ведут себя по правилам, большинство составляют нормальные экономические агенты – искатели материальных благ и ученых степеней, безразличные, вообще говоря, к поискам истины. В нормальной модели экономического равновесия нет блага под псевдонимом «истина», искать её нет смысла. Рациональное поведение достаточно легко прогнозируется и полностью соответствует тому, что мы можем наблюдать в реальности, если хотим «смотреть на правду открытыми глазами». И это печально.

Есть столь знаменитые авторы и публикации, что их нельзя не упомянуть в своем обзоре без риска прослыть невеждой, причем это правило действует даже в случае, если заявленные в такой публикации результаты были получены раньше кем-то менее известным или не подтвердились при проверке. Об этом мало кто прочтет в статье менее известного автора. Если речь идет о научной статье по достаточно популярной теме, то таких авторов может набраться не один десяток, а упоминание их результатов, хоть и в негативном ключе, отнимает место в списке. Тут тоже имеет место своего рода каннибализм. Наука все больше становится в этом смысле похожа на медиа-сферу, где действуют свои законы и даже есть понятие медийный капитал [Фомичева, 2017]

Еще одна проблема, если мы говорим о математике в экономике, заключается в том, что у математиков и экономистов очень сильно отличаются критерии оценки результатов. В математический журнал статья с практически ценным результатом может не пройти в силу простоты применяемого математического аппарата, а в экономический – в силу его сложности для рецензентов. В отдельных случаях они могут не понять даже терминов. Слепое рецензирование в ситуации, когда большую часть потенциальных авторов составляют нормальные экономические агенты, вынуждает рецензента изначально смотреть на текст, поступивший ему на рецензию, с некоторым подозрением на отсутствие в нем чего-то ценного. Это ставит в сложное положение прежде всего авторов статей по экономике, чья квалификация выше квалификации рецензента, например, он на голову лучше владеет математикой.

Разумеется, квалифицированный рецензент сразу увидит слабости в статье по его специальности, но что он сделает, если ему на рецензию попадет статья, где результат опирается на недоступ-

ную ему математическую технику или факты, которые надо проверять? Из сказанного не следует, что у статей с выдающимися результатами вообще нет шансов на публикацию в престижных рецензируемых журналах, но у «середнячков» шансов больше, а при знании правил их больше на порядок.

Возможно, с этим связано и то, что наиболее сильные математики, работающие в области теории игр [Васильев, 2022. 2023], межотраслевого баланса [Шананин, 2021. 2023] или управления инвестициями [Обросова, Шананин, 2023], публикуют свои статьи в математических журналах с названиями без намека на возможное отношение к экономике. Экономисты эти статьи никогда не прочтут, не будут на них ссылаться или использовать как-то еще. А потому двойное слепое рецензирование может быть очень полезно для математических статей, так как есть шанс на то, что хотя бы один из рецензентов прочтет и проверит доказательства, но для экономических журналов ситуация принципиально иная.

При слепом рецензировании нормальному рецензенту даже в голову не придет, что автор рецензируемой статьи владеет математикой лучше его самого (рецензента), как следствие рецензент либо не увидит связи между утверждениями и приводимыми формулами, если они есть в рецензируемой статье, либо не поверит, что автор получил результат с помощью математики, если формулы, приводящие к результату, не выписаны явно. Такой опыт есть.

Стоит также отметить, что Франк опубликовал свою первую статью об экономике внимания на немецком языке [Franc, 1993], а потому она долго не попадала в «научный оборот». Все ведь «знают», что «язык науки – это английский», но точно не немецкий и не русский. И тут возникает вполне логичный вопрос о цели публикации. Если ты пишешь о проблеме, которую надо решать, и предлагаешь решение, то надо писать на языке тех, кто будет её решать на практике. Если цель – количество ссылок, то надо писать на международном языке конкретной отрасли науки. Так, языком математики долгое время был французский, а потому математики (в том числе в СССР) писали на французском. Теперь английский.

3. Как делить стоимость, славу и внимание

Смысл этого раздела в том, чтобы показать на доступном уровне возможности работы с неаддитивными функциями множеств или (на языке экономики) с эффектами синергии и канибализма.

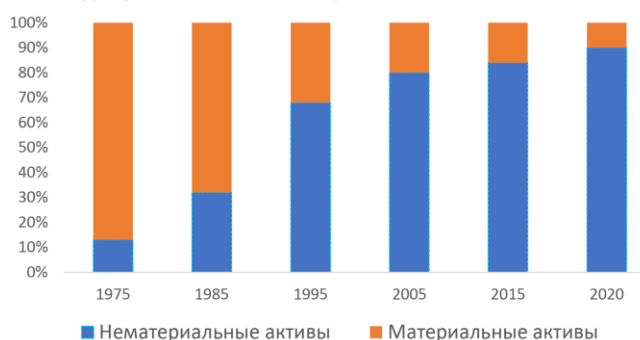
3.1. От формул Эдвинсона к неаддитивным функциям множеств

Если вернуться к формулам Эдвинсона из подраздела 2.2., то следует напомнить, что за словами HUMAN CAPITAL, STRUCTURAL CAPITAL, INTELLECTUAL CAPITAL скрываются какие-то «нематериальные активы» в широком смысле этого слова. Это не те нематериальные активы, которые отражаются в финансовой отчетности с указанием суммы, потраченной на их приобретение, а некие ценности, оказывающие влияние на рыночную капитализацию компании и отражаемые либо в специальной части финансового отчета, либо в отдельном документе, именуемом отчетом об интеллектуальном капитале. О том, сколь это разные активы, свидетельствует диаграмма 1. Нематериальные активы компаний, отражаемые у них на балансе, составляют относительно небольшую долю. В этом легко убедиться, если посмотреть отчетность крупнейших компаний-триллионников (посмотреть все отчеты S&P 500 тяжело).

У некоторых из них в отчетах нет даже такой строки. О причинах подробнее сказано в [Козырев, 2023b]. Сейчас речь не об этом, а о том, что у компаний есть некие «активы», очень существенно влияющие на рыночную капитализацию в совокупности. Часть из этих «активов» значится по списку «человеческий капитал», а часть по списку «структурный капитал». Вместе они составляют список «интеллектуальный капитал». Кстати говоря, Барух Лев [Лев, 2002] не делает различия между понятиями «нематериальные активы» и «интеллектуальный капитал», а считает, что американские фирмы должны отражать на балансе все эти активы. Вот тут и спрятана та «изюминка», на которую указывает Эдвинсон своими формулами-образами. Он показывает наивность точки зрения финансистов старой закалки. По Баруху Леву правильный учет затрат на создание нематериальных ценностей, прежде всего на R&D, а также на обучение персонала, на рекламу и так далее позволит привести отчетность в соответствие с тем, что показывает рыночная капитализация. Но это подразумевает, что на балансе должны стоять активы с указанием затрат на их создание, а в сумме это всё должно примерно совпадать с рыночной капитализацией. На профессиональном жаргоне это называется совпадением рыночной и балансовой стоимости, что когда-то было нормой. Сейчас это так и до такой степени, что появляется формула-образ «1+1=11».

Чтобы записать эту идею корректно, лучше всего использовать неаддитивные функции, определенные на множестве «активов», составляющих интеллектуальный капитал. В простейшем случае таких «активов» всего два, их можно пронумеровать цифрами 1, 2. Получим множество {1,2} из двух эле-

Диаграмма 1. Компоненты рыночной стоимости S&P 500



Источник: Ocean Tomo Intangible Asset Market Value Study 28.03.2022

ментов. Их ценность в сочетании можно обозначить через $v(\{1,2\})$, если рассматривать их ценность по отдельности, то логично обозначить ее через $v(\{1\})$ и $v(\{2\})$, соответственно. Тогда можно положить

$$v(\{1\}) = 1; \quad v(\{2\}) = 1; \quad v(\{1,2\}) = 11; \quad v(\{\emptyset\}) = 0,$$

где $\emptyset$ – пустое множество. Синергетический эффект от объединения «активов» равен $11 - 1 - 1 = 9$. Но ту же идею можно изобразить и несколько иначе

$$v(\{1\}) = 0; \quad v(\{2\}) = 0; \quad v(\{1,2\}) = 11; \quad v(\{\emptyset\}) = 0,$$

тогда синергия равна 11.

В первой формуле Эдвинсона заложено чуть больше смысла, а потому нужно чуточку больше изобразительных средств. Будем предполагать, что у нас много «активов» с номерами от 1 до n . Множество всех активов обозначим $N = \{1, \dots, n\}$. Произвольное подмножество множества N обозначим через S . Этот факт можно записать в виде $S \subset N$. Чтобы теперь передать идею Эдвинсона, которую он пытался донести знаком $\times$, можно считать, что $v(S) = 0$, если S состоит только из четных или только из нечетных номеров, а для S из номеров двух типов значение $v(S)$ определяется более сложным образом, например, это может быть произведение количества нечетных на количество четных номеров. В реальности с каждым «нематериальным активом» связан какой-то показатель. Например, в отчетах о человеческом капитале часто фигурируют цифры, отражающие количество специалистов той или иной квалификации, часто экономисты используют такие показатели как количество патентов [Griliches, 2000] или чего-то ещё, что отражается в отчетах не всегда с денежной оценкой или она не отражает ценности актива. Например, патенты на результаты своих R&D в США ставятся на баланс с символической оценкой 1 доллар или по затратам на патентование. Ни то, ни другое не отражает их ценности. Но главное здесь даже не это, а то, что патент ценен не сам по себе. Его ценность зависит от многих обстоятельств, включая наличие реальных и потенциальных конкурентов, размеры компании, обладающей этим патентом, и многое другое. Помимо всего этого ценность любого патента компании зависит от наличия или отсутствия у нее других патентов, ноу-хау разного типа, включая технические и управленческие ноу-хау. Также принято различать ноу-хау, отделяемые, вообще говоря, от компании, неотделимые от компании и неотделимые от конкретных физических лиц. Все это создает много сложностей в оценке не только патентов, но и других нематериальных активов. Для них, как правило, нет активного рынка, где бы они продавались по отдельности. Обычно это какие-то наборы или «портфели» интеллектуальной собственности или «патентные портфели». Иногда бывает надо разделить стоимость «портфеля» между его компонентами. В каких-то случаях это рутинно, но часто эта задача оказывается очень сложной для оценщиков интеллектуальной собственности, поскольку их математическая подготовка не включает адекватный этим задачам аппарат. Далее он будет показан сначала на простых примерах, а потом в общем случае.

3.2. Миф о швейной машинке Зингера и её реальная история

В среде изобретателей и патентных работников большой популярностью пользуется миф о том, что формула патента на швейную машинку Зингера состояла из одного признака, а именно, «нить продевается в острие иглы». Обойти такой патент невозможно. В этот миф хочется верить и рассказывать его студентам в качестве красивой иллюстрации к скучному изложению правил патентования. Однако повторение мифа в научной статье даже с благими целями не есть хорошо. А потому приходится проверять достоверность факта по разным источникам. Один из них – «История швейной машины Зингер»¹, размещенная на сайте антикварного магазина АНТИКЗОН. Эта история не укладывается в две строки, но главное в ней то, что основные инновации Исаака Зингера касаются способов ведения бизнеса, хотя патенты, связанные со швейной машинкой, у него были, но это были патенты не на иглу с



Рисунок 1. Марка Франции с портретом Тимонье

Источник: <https://za.pinterest.com/pin/491033165621631258/>

ушком у острия. При этом патенты на швейные машинки в Европе выдавались и 18 веке (Англия, Германия), и в начале 19 века (Австрия, Франция). Про иглу с ушком у острия было прекрасно известно тогдашним изобретателям швейных машин, но удача улыбнулась лишь одному из них – французцу Бартелеми Тимонье. Примечательно, что она была связана не с патентом на изобретение, а с получением заказа на массовый пошив одежды для вооруженных сил. Завершилось всё разгромом, который учинили рабочие соседних швейных мануфактур, потерявшие выгодный армейский заказ. Они сожгли не только предприятие, но также все швейные машины и чертежи. Позже Тимонье не раз патентовал новые модели машин,

¹ <https://antikzone.ru/antique-singer-history-01>

его агрегаты три раза получали медали всемирных выставок, но удача в бизнесе его оставила навсегда. Примечательно, что у всех предшественников она и не ночевала.

Вторая часть истории, рассказанной на сайте магазина АНТИКЗОН, разворачивается в США, но и тут Исаак Зингер отнюдь не первый, но самый удачливый благодаря пониманию не только технической стороны дела, но и бизнеса. Он не только совершенствует существующую конструкцию машинки, делая её более удобной, но также находит новые ниши для сбыта и придумывает новые формы продажи (например, в рассрочку), советуясь с более опытными и образованными людьми.

Еще один интересный источник информации о патентах на швейную машинку – итоги расследования [Марков, 2007] на основе собственно патентной информации (по патентной базе США). Этот материал не столь объёмный, как первый, и с меньшим количеством иллюстраций, но здесь проанализированы формула запатентованных изобретений. Учитывая тот факт, что автор расследования – патентный поверенный и кандидат технических наук, а опирался он исключительно на документы, в достоверности полученных им сведений сомневаться нет смысла. Мифу конец, но не истории успеха Зингера.

Так в чем же секрет успеха Исаака Зингера? Без сомнения можно утверждать, что здесь сработал синергетический эффект от объединения технических решений, юридической техники (Зингер нанял хорошего адвоката) и знаний бизнеса. Удивительно то, что фактический во всех трех перечисленных областях знания Зингер был либо самоучкой, либо полным дилетантом, но он сумел объединить технические знания со знаниями в области права и бизнеса. Мало того, он оказался еще и психологом. Проиграв суд по патенту на иглу, он сумел договориться с победителем (Хоу) о создании патентного пула. Потом они пригласили других изобретателей с патентами на усовершенствования, а в итоге захватили практически все потребительские ниши. Портфель патентов на швейные машинки в их руках оказался достаточно большим, а потому не очень пригодным для учебного примера. В итоге надо вернуться к мифу.

Предположим, что патентный портфель на швейную машинку состоит только из двух патентов, один из них – патент на иглу, второй – на ножной привод. Также примем условие, что патент на иглу невозможно обойти, но при этом иглу с ушком в острие можно использовать только в швейной машинке. Для других применений удобнее иглы с ушком в тупом конце или в середине (такие иглы тоже были). Ножной привод тоже запатентован, но патент на ножной привод не играет никакой роли в той продуктовой нише, где патент на иглу обеспечивает полную монополию. Здесь мы имеем типичный пример каннибализма. Но это – отнюдь не конец истории.

Патент на ножной привод полезен, как минимум, тем, что он защищает от возможной атаки патентных троллей, которые могли бы получить патент на ножной привод и предъявить претензии. Кроме того, ножной привод может найти применение где-то еще помимо швейных машин. Наконец, если говорить о современной ситуации, когда широко распространены патентные сервисы, патент может выполнять сигнальную функцию. Разумеется, это не про швейные машины, а про такие непростые в изготовлении предметы, как иглы для сканирующих микроскопов. Их мало кто умеет делать, потребителей тоже мало, и разбросаны они по разным странам мира. Информация о патенте помогает сторонам найти друг друга. Более того, информация в патентных заявках лучше структурирована, более точна и правдива, чем в научных статьях или рекламных проспектах, поскольку заявки пишут с целью отразить суть дела кратко и точно.

Чтобы записать сказанное выше о ценности патентов на языке математики, лучше всего использовать язык теории игр в форме характеристической функции. Патенты здесь выступают в роли игроков с номерами 1 и 2. Сначала рассмотрим ситуацию, когда других применений у обоих запатентованных изобретений нет. Ценность монополии на рынке швейных машин обеспечивает игрок 1, обозначим ее через $v(\{1\})$. Игрок 2 (патент на привод) обеспечивает монополию лишь на часть всего рынка, а именно, на рынке машин с ножным приводом, обозначим ее через $v(\{2\})$. Очевидно, что $v(\{1\}) > v(\{2\})$. Коалицию из двух игроков (патентный портфель) обозначим через $\{1,2\}$, а ее ценность – через $v(\{1,2\})$. Если принятые ранее предположения выполняются, то $v(\{1,2\}) = v(\{1\})$. Как ни удивительно, отсюда можно сделать разные выводы относительно ценности патента 2 или, другими словами, доли игрока 2 в дележе.

Первый вариант дележа, который сразу приходит в голову, состоит в том, что весь выигрыш должен получить первый игрок, то есть ценность имеет только первый патент. Но это не так уж очевидно. Более того, теория дележей по Шепли дает другой результат. К нему можно прийти разными путями.

Можно рассмотреть ситуацию с точки зрения того, что теряет коалиция при выходе из неё одного из игроков или, наоборот, что она приобретает при его присоединении. Эту величину можно считать



Рисунок 2 Швейная Машинка Зингер

Источник: <http://collection-design.ru>

вкладом данного игрока. Потом надо просто суммировать его вклады с учетом вероятности соответствующих событий. Первый игрок может выйти из коалиций $\{1,2\}$ и $\{1\}$, а второй из коалиций $\{1,2\}$ и $\{2\}$. Если из коалиций $\{1,2\}$ выходит первый игрок, то потеря коалиции составит $v(\{1\}) - v(\{2\}) > 0$, если из неё выйдет второй игрок, то коалиция не теряет ничего. С коалициями $\{2\}$ и $\{1\}$ еще проще. Выход из такой коалиции единственного игрока стоит $v(\{1\})$ и, соответственно $v(\{2\})$. Если рассуждать в духе вероятностной интерпретации дележа по Шепли, то вероятность выхода из коалиции того или другого игрока надо считать равной, а результат усреднить. В результате первый игрок получает

$$v(\{1\})/2 + (v(\{1\}) - v(\{2\}))/2$$

а второй $v(\{2\})/2$. В сумме это будет $v(1)$. Строго говоря, вероятностная интерпретация не кажется убедительной. Но тот же результат можно получить и без вероятностей.

К той же задаче можно подойти и с другой стороны. Можно рассматривать величину

$$v(\{1\}) + v(\{2\}) - v(\{1,2\})$$

как эффект каннибализма и поделить ее между игроками поровну. С учетом $v(\{1,2\}) = v(\{1\})$ получаем эффект каннибализма в размере $v(2)$. Его и надо поделить между игроками. Получим тот же результат, что и при вероятностной интерпретации. И снова интерпретация на первый взгляд не кажется убедительной, так как всю «вину» за эффект каннибализма можно возложить на второго игрока. Но тут нет вины, есть только математика. Достаточно предположить, например, что

$$v(\{1\}) = v(\{2\}) = v(\{1,2\}).$$

Тогда эффект каннибализма равен той же величине $v(\{1,2\})$, а делить его поровну совершенно естественно, любое другое решение заведомо хуже. Фактически мы здесь раскладываем исходную игру на две. В одной из них вклады игроков при их объединении суммируются, то есть нет ни синергии, ни каннибализма, в другой есть отрицательный эффект. Он связан с обоими игроками в равной степени, а потому делится поровну. Решение по Шепли для игры, получаемой суммированием двух игр, должно быть равно сумме решений для каждой из игр. Это одна из аксиом Шепли. Как будет показано ниже, аналогичным образом можно действовать при любом конечном числе игроков. Исходная игра представляется как сумма игр специфического вида, для которых решения по Шепли очевидны и фактически безальтернативны. Что-либо противопоставить им сложно.

3.3. Профессор, аспирант и дипломник

В следующем примере 3 участника игры с условными именами Профессор, Аспирант и Дипломник. Прοобразом этой игры послужила реальная история, известная автору данной статьи до мелочей. Роли участников в ней практически те же, что и в рассматриваемой игре, Аспирант пишет кандидатскую диссертацию под руководством Профессора, а Дипломник – курсовую, а потом дипломную работу. Тема курсовой работы – реализация намеченной в одном из докладов Профессора и частично описанной в статье [Рубинштейн, 1973] схемы доказательства одного конкретного утверждения о характеристике полиномиальных мер. Эта схема интересна сама по себе, то есть независимо от игры, поскольку включает фрагмент, представляющий из себя весьма эффективный инструмент для выявления эффекта каннибализма в достаточно общем случае. Речь идет о разложении неаддитивной функции, определенной на подмножествах некоторого конечного множества, на слагаемые специального вида. В рассмотренном выше примере с портфелем из двух патентов представлен предельно упрощенный вариант этой схемы, а именно: игра в форме характеристической функции с двумя участниками разлагается на две более простых. В каждой из полученных игр решение по Шепли получается очевидным образом, а потом решение для исходной игры получается в виде суммы этих двух. Ниже эта же схема используется для получения решений в различных вариантах игры трех лиц.

В простейшем варианте, когда по какой-то причине Аспирант и Дипломник получили одинаковые результаты, а роль Профессора только в руководстве, игра будет иметь следующий вид

$$v(\{1,2,3\}) = v(\{1,2\}) = v(\{1,3\}) > v(\{1\}) = v(\{2\}) = v(\{3\}) = 0,$$

где под номером 1 играет Профессор, под номером 2 – Аспирант, а под номером 3 – дипломник. Результат, полученный всей тройкой игроков, тот же, что и парой $\{1,2\}$ или $\{1,3\}$, а результат любого из игроков в одиночку нулевой. Поскольку игра включает трех лиц игра разлагается на три более простых

$$\begin{aligned} v_1(\{1,2,3\}) &= v_1(\{1,2\}) = v_1(\{1,3\}) = v_1(\{2,3\}) = v_1(\{1\}) = v_1(\{2\}) = v_1(\{3\}) = 0, \\ v_2(\{1,2,3\}) &= v(\{1,2\}) + v(\{1,3\}); \quad v_2(\{1,2\}) = v(\{1,2\}); \quad v_2(\{1,3\}) = v(\{1,3\}) \quad v_2(\{1\}) = v_2(\{2\}) = v_3(\{3\}) = 0, \\ v_3(\{1,2,3\}) &= v(\{1,2,3\}) - v_2(\{1,2,3\}) = v(\{1,2,3\}) - v(\{1,2\}) - v(\{1,3\}). \end{aligned}$$

Значение $v_3(\{1,2,3\})$ как раз и составляет эффект каннибализма. Он делится поровну между тремя игроками, тогда как $v(\{1,2\})$ делится поровну между игроками 1 и 2, а $v(\{1,3\})$ между игроками 1 и 3. Интересно здесь то, что игрок 1 получает $2/3$ от всей суммы выигрыша, а игроки 2 и 3 по $1/6$, то есть вместе они получают $1/3$. Можно несколько усложнить задачу, предполагая, что результаты, полученные Профессором до выдачи заданий Аспиранту и Дипломнику, имеют ценность сами по себе. Получаем игру

$$v(\{1,2,3\}) = v(\{1,2\}) = v(\{1,3\}) > v(\{1\}) > v(\{2\}) = v(\{3\}) = 0,$$

а доля игроков 2 и 3 еще уменьшится. Далее можно предположить, что $v(\{1,2\}) > v(\{1,3\})$. Тогда еще более уменьшится доля игрока 3. Но, так или иначе, эти доли просчитываются по единым правилам, полностью соответствующим аксиоматике Шепли.

Как и в случае с патентами на швейную машинку Зингера, реальная история, послужившая прообразом рассматриваемой игры или, точнее, серии игр с несколько разными условиями, гораздо сложнее и богаче эффектами, чем любая из серии рассматриваемых игр. Вначале была чистая математика – теория полиномиальных мер [Рубинштейн, 1973; Васильев, 1974], потом её приложение к теории игр – альтернативный подход к построению вектора Шепли [Васильев, 1975] причём в очень общем случае, что могло быть прорывом в данной области. Однако уже появилась работа [Aumann & Shapley, 1974], примерно на том же уровне общности. Новизна осталась только в деталях. Приложения в реальной экономике нашлись через сорок с лишним лет [Козырев, 2021], как и положено математическим результатам, причем в простейшем (конечном варианте). Результаты курсовой и дипломной работы были опубликованы в 1973 и 1974 годах, но на такие публикации не принято ссылаться. Более сильные результаты кандидатской диссертации другого участника истории их полностью перекрыли и обесценили с точки зрения математиков. Написание диссертации по этой теме утратило перспективы.

Уже здесь заключен некий парадокс. Для публикации в математическом журнале или сборнике нужна некоторая общность и нетривиальность доказательства. Но ровно эти же свойства гарантируют недоступность результата для понимания теми, кто мог бы его применить. Для приложения результаты пригодились в самом простом варианте, когда все рассматриваемые функции заданы на подмножествах конечного множества, а не на произвольной σ -алгебре или хотя бы на системе борелевских подмножеств метрического компакта [Козырев, 1976], что обеспечило их публикации минимальный уровень общности, приличный для математических статей. А для практиков это «заумь».

4. Полиномиальные меры и решения по Шепли

Данный раздел служит расширению представления о дележах с точки зрения возможных применений в экономике и с точки зрения возможного применения функционального анализа к теории дележей.

4.1. Полиномиальные меры и отказ от вероятностной интерпретации решения по Шепли

С точки зрения функционального анализа решение по Шепли – это оператор, переводящий неаддитивные функции в аддитивные, удовлетворяющий вполне естественным требованиям, получившим известность как аксиомы Шепли. Изначально эти аксиомы и вся построенная на их основе теория формулировались для неаддитивных функций, определенных на подмножествах конечного множества, элементы этого множества именовались игроками, а его подмножества – коалициями. Такая интерпретация множества $N = \{1, \dots, n\}$, его элементов, подмножеств и функции v , определенной на системе таких подмножеств, не является необходимой, а временами просто мешает, как и вероятностная интерпретация решения по Шепли. С точки зрения чистой математики более естественно считать, что мы имеем дело просто с какими-то функциями на подмножествах множества N , т.е. на 2^N . Через S обозначим произвольное подмножество множества N , а через $|S|$ число элементов в S . Если это не приводит к путанице, то $s = |S|$, а элементы S можно пронумеровать, полагая $S = \{i_1, \dots, i_s\}$. Функция v аддитивна, если $v(\emptyset) = 0$ и для любого $S \in 2^N$ выполняются равенство

$$v(S) = \sum_{k=1}^s v(\{i_k\}).$$

Функция $v: 2^N \rightarrow R$ называется полиномиальной порядка m , если она представима в виде диагонального сечения некоторой m -кратной аддитивной функции

$$\psi: (2^N)^n \rightarrow R,$$

то есть

$$v(S) = \psi(S, S, \dots, S), \quad S \in 2^N.$$

Как оказалось, работа с такими функциями приводит к достаточно интересным идеям, в том числе к дележам по Шепли, но с иных позиций и без вероятностной интерпретации.

Сразу стоит отметить, что изначально [Рубинштейн, 1973] понятия полиномиальной функции и полиномиальной меры были введены для общего случая, когда исходная функция v определена на некоторой σ -алгебре подмножеств фиксированного множества Q , обозначаемой B , а порождающая ее ψ на произведении таких σ -алгебр, т.е. $v: B \rightarrow R$, а $\psi: B^m \rightarrow R$. Выше и далее по тексту все определения и конструкции переформулированы для случая, когда $Q = N$.

Любая функция $v: 2^N \rightarrow R$ может быть представлена как полиномиальная порядка n , что достаточно очевидно. Интерес представляет разложение такой функции на более простые. В идеале это такие функции, что ненулевое значение функция принимает только на одном $S \in 2^N$, а в сумме они составляют исходную функцию v . Для таких простых функций аксиомы Шепли принимают предельно естественный вид, решение очевидно, а результат для исходной функции получается простым сложением результатов для простейших функций. Вопрос только в том, как построить это разбиение. Классический подход основан на вероятностной интерпретации. В теории полиномиальных мер разложение исходной функции на составляющие производится чисто комбинаторными методами. При этом часть слагаемых оказываются отрицательными, что логично интерпретировать как эффект каннибализма.

4.2. Аксиоматика Шепли и ее интерпретации

Чтобы сформулировать аксиомы Шепли нам потребуются дополнительные обозначения. Удобнее всего взять стандартные обозначения и формулировки из популярного в недавнем прошлом учебника по теории игр [Оуэн, 1969]. Носителем функции v называется $T \subset N$, удовлетворяющее условию

$$v(S) = v(S \cap T) \quad \forall S \subset N,$$

Символ π означает перестановку N , а функция $u: 2^N \rightarrow R$ получается как

$$u(\pi(i_1), \pi(i_2), \dots, \pi(i_s)) = v(S) \quad \forall S = \{i_1, i_2, \dots, i_s\}.$$

По существу, функция πv отличается от функции v лишь тем, что элементы множества N поменялись ролями в соответствии с перестановкой π .

Аксиомы Шепли. Под вектором значений (решением по Шепли) для v будем понимать n -мерный вектор $\phi[v] = \phi_1[v], \dots, \phi_n[v]$, удовлетворяющий аксиомам:

S1. Если S – любой носитель v , то

$$\sum_{i \in S} \phi_i[v] = v(S)$$

S2. $\forall \pi$ и $i \in N$ выполняется равенство

$$\phi_{\pi(i)}[\pi v] = \phi_i[v].$$

S3. Если v и u – две любые игры, то

$$\phi[v + u] = \phi[v] + \phi[u].$$

Смысл каждой из аксиом достаточно понятен, если разобраться с формальными обозначениями. Первая аксиома означает то, что рассматриваются именно дележи. Вторая аксиома означает принцип анонимности [Мулен, 1991]. Он совсем очевиден для простейших функций, когда есть такое множество S , что любое $T \supset S$ является носителем v , а на остальных подмножествах функция v принимает нулевые значения. Аксиома S3 не вызывает сомнения, если смотреть на нее с позиций функционального анализа, хотя с игровых позиций ее можно подвергнуть сомнению.

Теорема (Шепли). Аксиомы S1 – S3 однозначно определяют значения ϕ для всех игр, доля игрока i определяется как

$$\phi_i[v] = \sum_{S \subset N: S \ni i} \frac{(s-1)!(n-s)!}{n!} [v(S) - v(S \setminus \{i\})],$$

где

s – число элементов в коалиции S ,

$n!$ произведение всех чисел от 1 до n ,

$S \setminus \{i\}$ – множество всех элементов из S за исключением i .

Здесь $\frac{(s-1)!(n-s)!}{n!}$ – вероятность появления коалиции S , если формирование коалиций происходит случайным образом, $v(S) - v(S \setminus \{i\})$ – вклад игрока i в выигрыш $v(S)$ коалиции S .

Достаточно легко проверить, что получаемый по этой формуле вектор $\phi[v]$ удовлетворяет аксиомам S1 – S3. Также следует заметить, что вероятностная интерпретация формулы, определяющей вектор Шепли, может быть заменена другой, построенной на принципе анонимности (S2) и сложения игр (S3). Как уже говорилось выше, любая игра на конечном множестве может быть разложена на простейшие игры, часть из которых отрицательные. В таких случаях выигрыш коалиции делится между ее участниками поровну (аксиома S2), выигрыши суммируются (аксиома S3), а сумма выигрышей совпадает с выигрышем коалиции из всех игроков (аксиома S1).

4.3. Что общего между ликвидностью, наличием флота и монополий на знание

При большом n количество возможных становится очень большим, эффективно работать с такими задачами не очень реально. Но реальные ситуации часто бывают таковы, что число возможных коалиций с синергетическим эффектом вполне обозримо. Например, это случай

$$v(S) = 1, 1 \in S; \quad v(S) = 0, 1 \notin S,$$

то есть агент с номером 1 обеспечивает своим присутствием выигрыш любой коалиции. Тогда

$$\phi_i[v] = \frac{(2-1)!(n-2)!}{n!} = \frac{1}{n(n-1)}, \quad i \neq 1$$

поскольку значим выход одного из игроков лишь из коалиции $\{1, i\}$. А тогда имеем

$$\phi_1[v] = \frac{(n-1)}{n}.$$

Агент с номером $i \neq 1$ получит $\frac{1}{n}$ с вероятностью $\frac{1}{(n-1)}$. Тем не менее, кто-то долю $\frac{1}{n}$ от общего выигрыша получит. В частности, если $n = 3$, то

$$\phi_2[v] = \phi_3[v] = \frac{1}{6}, \quad \phi_1[v] = \frac{2}{3}.$$

Примеров, когда это правило реально работает, достаточно много. В качестве агента 1 может выступать обладатель абсолютно ликвидного актива (денег), а в качестве агентов с другими номерами

обладатели активов, способных замещать друг друга или подчиняющихся правилам идемпотентного сложения. В частности, это могут быть взаимозаменяемые способы решения конкретной задачи.

Важно отметить, что в реальности нет необходимости в том, чтобы игра была с самого начала формализована, в ней было определенное число участников и так далее. В инновационной сфере обладатель ликвидного актива – денег – имеет существенные преимущества перед теми, кто предлагает для инвестирования свои разработки и проекты. Обычно инновационный проект ориентирован на вполне определенную рыночную нишу. Это может быть рынок швейных машинок для дома или рынок запусков космических спутников. Если есть несколько проектов воздушного запуска (такая идея прорабатывалась), то они конкурируют за одну нишу на рынке. Инвестор, обладающий достаточным денежным ресурсом, от этого свободен. Он может вести переговоры с любым и конкурентов или просто уйти в поисках других проектов и рынков. Его актив универсален. То же самое получается с мореплаванием. Морские державы всегда имели огромное преимущество перед сухопутными и, тем более, перед дикими племенами, знавшими только своих соседей. В литературе описан случай, когда капитан одного из судов обменял транзисторный приемник на 40 шкур гепарда у вождя одного из африканских племен.

5. Эпилог

Подводя итог сказанному, стоит отметить, что адекватный математический язык для описания эффектов синергии и канибализма знаний в экономике и науке существует, но довести этот факт до широкой научной общественности крайне сложно в силу целого ряда причин. Главная среди них весьма банальна – этим языком и инструментарием способна пользоваться очень незначительная часть тех, кому это могло бы быть полезно. Экономическая наука сегодня представлена в основном людьми, неспособными пользоваться сложной математикой, а математикам эта тема не особенно интересна. Наконец, можно задаться вопросом: что стало бы с физикой как наукой, если бы к тем физикам, которые есть сейчас, добавить десять раз по столько «физиков», не владеющих математикой, но представленных в ученых советах, редколлегиях журналов, дающих оценки и прогнозы? А потому причины неудач экономической науки надо искать не только в сложной для изучения экономической действительности, но и в экономической науке, в соотношении её амбиций и качества используемых инструментов, числовых данных, иллюстративных примеров и, наконец, в традициях поведения на ярмарке тщеславия, именуемой по привычке наукой, когда её границы давно остались позади или вообще стерты.

Кризис экономической теории, о причинах которого спорят уже не одно десятилетие ведущие экономисты мира, включая представителей России, обусловлен не столько невозможностью построить общественные науки по образцу точных наук, сколько их идеологизацией, а также ангажированностью и многочисленностью представителей научного сообщества, обслуживающего эти области знания.

Если говорить о конкретных проявлениях кризиса экономической науки, то нельзя не согласиться с тем, что наиболее формализованная часть экономической науки, активно использующая математику, далека от реальности в еще большей степени, чем прикладная математика. Разделение экономической науки на два канона связано не столько с различием используемой методологии, сколько с ориентацией на решение разных задач. Первый канон, выстроенный вокруг математических моделей экономической динамики и равновесия, ориентирован на решение идеологических задач. Решение практических задач в его функции не входит. Второй канон сегодня нацелен на решение задач, связанных с потребностями крупного бизнеса, прежде всего, с повышением рыночной капитализации компаний. По этой причине говорить об объединении двух канонов нет смысла, не для этого они разделялись.

Справедливости ради надо заметить, что не все в порядке и с другими науками, включая физику и даже математику. Но масштабы проблем в естественных и общественных науках различаются очень сильно. Тут переплетаются интересы самих исследователей, заказчиков исследований и тех, кто попадает в зону внимания тех и других. Люди, как выясняется, не любят, чтобы их изучали и оценивали. Они далеко не всегда хотят знать о себе правду, не хотят быть оцененными по каким-то формальным показателям. То же касается и общества в целом, о чем много сказано в книге [Зиновьев, 2008].

Для превращения наук об обществе в настоящую науку необходима, прежде всего, потребность в такой науке, превосходящая потребности идеологии, обслуживания интересов бизнеса и, возможно, чего-то еще. Так, потребность в развитии физики и математики всегда была связана с необходимостью совершенствования оружия, повышения точности стрельбы и другими военными задачами. Со стороны собственно науки мало объединения общественных наук в общий социальный анализ (ОСА), необходимо соединение математики, информационных технологий и общественных наук. Наука об обществе должна иметь доступ к данным не хуже, чем имеют частные фирмы и корпорации, не хуже, чем у них средства обработки информации и аналитические сервисы. А у тех, кто занимается наукой, должен быть уровень владения математикой, как минимум, сопоставимый с инженерами, а лучше – с физиками.

Из всего сказанного не следует, что надо забыть о превращении наук об обществе в точные науки. Напротив, надо искать возможности для этого. Прежде всего надо искать инварианты (есть такой термин в математике). Примерами инвариантов в науках об обществе может служить принцип Парето (80:20), подтвержденный позже в опытах Д. Канемана, а также тот факт, что эпоха определяется тем, что по Земле за это время прошло 10 миллиардов людей. Примечательно, что этот факт С.П. Капица связал именно со знаниями, которыми обмениваются люди. Со знаниями также связан тот факт, что потребление энергии растет (или росло) пропорционально квадрату численности людей. Наверняка есть еще факты о

людях и обществе, инвариантные относительно идеологии и социального строя. Их поиском наука об обществе и должна заниматься, а не подстраиваться под вкусы толпы, пусть и состоящей из людей, позиционирующих себя как ученые.

Литература

1. Бобров Л.К. (2022), Достоверность ссылок на научные издания: пример порождения мифов и неточностей. Научные и технические библиотеки. 2022;(5):47-65
2. Васильев В. А. (1974), Об одном представлении полиномиальных мер, Оптимизация: Сб. статей. Новосибирск, 1974, вып. 14(31) – с. 103–123
3. Васильев В. А. (1975), Вектор Шепли для игр ограниченной полиномиальной вариации, Оптимизация: Сб. статей. Новосибирск, 1975, вып. 17(34) – с. 5–11
4. Васильев В. А. (2022), О ядре и значении Шепли для регулярных полиномиальных игр, Сиб. матем. журн., 2022, том 63, номер 1, 77–94, DOI: 10.33048/smzh.2022.63.105
5. Васильев В. А. (2023), “Вектор Шепли однородных кооперативных игр”, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 63:3 (2023), 474–490; V. A. Vasil'ev, “Shapley value of homogeneous cooperative games”, Comput. Math. Math. Phys., 63:3 (2023), 450–465
6. Зиновьев А.А. (2008), На пути к сверхобществу / «Издательство АКТ», 2008. – 449 с.
7. Зиновьев А.А. (1972), Логическая физика М.: Наука, 1972.- 192 с.
8. Зиновьев А.А. (1971), Логика науки. // М.: «Мысль». 1971. 280 с.
9. Канторович Л.В. (2002), Смотреть на правду открытыми глазами с. 76–82 в. кн. Леонид Витальевич Канторович: человек и ученый. В 2-х т. Т. 1. Новосибирск: Изд-во СО РАН. Филиал “Гео”, 2002. 542 с.
10. Козырев А. Н. (2023b), Экономические измерения: инструменты, мифы и реальность // Цифровая экономика № 2(23), 2023 – с. 5–20. DOI: 10.34706/DE-2023-02-01
11. Козырев А. Н. (2023a), Оптимальные двухкомпонентные цены в экономиках с возрастающей отдачей // Цифровая экономика № 1(22), 2023 – с. 54–64. DOI: 10.34706/DE-2023-01-07
12. Козырев А. Н. (2022), Научный журнал как цифровая платформа // Цифровая экономика № 3(19), 2022 – с. 5–17. DOI: 10.34706/DE-2022-03-01
13. Козырев А.Н. (2021), Сетевые эффекты и цифровые платформы в экономике и математических моделях // Цифровая экономика № 3(15), 2021 – с. 5-32. DOI: [10.34706/DE-2021-03-01](https://doi.org/10.34706/DE-2021-03-01)
14. Козырев А.Н. (1976), О полиномиальных мерах, определенных на системе борелевских подмножеств метрического компакта, Оптимизация: Сб. статей. Новосибирск, 1976, вып. 18(35) – с. 96–106
15. Макаров В.Л. (1973), Баланс научных разработок и алгоритм его решения // Сб.ст. Оптимизация, Новосибирск, 1973, вып.11(28), С.37–45
16. Марков А.М. (2007), Патенты Зингера: легенды и факты // Патентный поверенный. 2007. № 2. С. 41–45.
17. Мулен Э. (1991), Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991, – 464 с, ил. ISBN 5-03-002131-0
18. Обросова Н. К., Шананин А. А. (2023), “Анализ на основе математической модели механизмов стимулирования производственных инвестиций на несовершенном рынке капитала”, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 63:3 (2023), с. 390–407
19. Оуэн Г. (1971), Теория игр, М.: «Мир», 1971. – 230 с.
20. Полтерович В.М. (1998), Кризис экономической теории // Экономическая наука современной России. № 1. С. 46–66.
21. Полтерович В.М. (2022a), На пути к общей теории социально-экономического развития: к синтезу двух канонов // ВТЭ №1, 2022, с. 48–57
22. Полтерович В.М. (2022b), Библиометрическое равновесие // Вестник РАН, 2022, Т. 92, № 5, стр. 431–439, DOI: 10.31857/S0869587322050127
23. Полтерович В.М. (2023), Авторский капитал и реформирование российской публикационной системы. Статья принята к публикации в журнале «Вопросы экономики», 2023, №6
24. Рубинштейн Г.Ш. (1973), О некоторых классах неаддитивных функций множеств. Оптимизация: Сб. статей. Новосибирск, 1973, вып. 9(23), с. 157–164.
25. Шананин А. А. (2021), “Задача агрегирования межотраслевого баланса и двойственность”, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 61:1 (2021), с. 162–176
26. Угринович Е.В., Мун Д.В., Попета В.В. (2016), Прогресс и регресс, или как вернуть в научные издания научное знание? // Информатика и инновации. № 1. С. 4–11.
27. Фомичева И.Д. (2017), Медийный капитал и его состав // Медиаскоп. 2017. Вып. 2. Режим доступа: <http://www.mediascope.ru/2294>
28. Arrow K. J. (1951) Social choice function and values individual. New York: Wiley, 1951.
29. Aumann R.J., Shapley L. (1974) Value of Non-Atomic Games, Princeton University Press, Princeton NJ, 1974. (русский перевод: Ауман Р., Шепли Л. Значения для неатомических игр. М.: Мир, 1977.)

30. Banerjee A. V. and Duflo E (2019) Good Economics for Hard Times: Better Answers to Our Biggest Problems. United States: Public Affairs. November 12, 2019. ISBN 978-1-61039-950-0. 432 pages. (русский перевод: Экономическая наука в тяжелые времена. Продуманные решения самых важных проблем современности [Текст] / Абхиджит Банерджи и Эстер Дюфло; пер. с англ. М. Маркова и А. Лашева; под науч. ред. Д. Раскова. — Москва: Издательство Института Гайдара; Санкт-Петербург: Факультет свободных искусств и наук СПбГУ, 2021. — 624 с. ISBN 978-5-93255-594-13.)
31. Coase. R.H. (2012) Saving Economics from the Economists. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2012/12/saving-economics-from-the-economists>
32. Debreu, G. (1974) Excess Demand Functions. Journal of Mathematical Economics, 1:15-23
33. Demyanov, V. F. and Rubinov A. M., (1995) "Constructive Nonsmooth Analysis," Verlag Peter Lang, New York, 1995.
34. Edvinsson L. Corporate longitude: Navigating the knowledge economy. Covington, GA: BookHouse Publ., 2002. 230 p. (Русский перевод: Эдвинссон, Л. (2005), Корпоративная долгота: Навигация в экономике, основанной на знаниях. Пер. с англ. — М.: Инфра-М, 2005. — 247 с.)
35. Franck, G. (1993) 'Ökonomie der Aufmerksamkeit', Merkur 47(9/10): 748-61.
36. Franck, G. (1998), Ökonomie der Aufmerksamkeit. Ein Entwurf. Munich: Carl Hanser. 251
37. Franck, G. (1999), Scientific communication: a vanity fair?, in: Science, vol. 286, no. 437, pp. 53 -55
38. Griliches, Z., (1990) Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. J. Econ. Lit. 28, 1661– 1707
39. Lev B. (2019) Ending the accounting-for-intangibles status quo, European Accounting Review Volume 28, 2019 – Issue 4. <https://doi.org/10.1080/09638180.2018.1521614>
40. Romer P. (2016) The Trouble With Macroeconomics. Delivered January 5, 2016 as the Commons Memorial Lecture of the Omicron Delta Epsilon Society. Forthcoming in The American Economist. <https://ccl.yale.edu/sites/default/files/files/The%20Trouble%20with%20Macroeconomics.pdf>

References in Cyrillics

1. Bobrov L.K. Dostovernost' ssy'lok na nauchny'e izdaniya: primer porozhdeniya mifov i netochnostej. Nauchny'e i texnicheskie biblioteki. 2022;(5):47-65
2. Vasil'ev V. A. (1974) Ob odnom predstavlenii polinomial'ny'x mer, Optimizaciya: Sb. statej. Novosibirsk, 1974, vy'p. 14(31) – s. 103–123
3. Vasil'ev V. A. (1975) Vektor Shepli dlya igr ograničennoj polinomial'noj variacii, Op-timizaciya: Sb. statej. Novosibirsk, 1975, vy'p. 17(34) – s. 5–11
4. Vasil'ev V. A., (2022) O yadre i znachenii Shepli dlya reguljarny'x polinomial'ny'x igr, Sib. matem. zhurn., 2022, tom 63, nomer 1, 77-94, DOI: 10.33048/smzh.2022.63.105
5. Vasil'ev V. A. (2023), "Vektor Shepli odnorodny'x kooperativny'x igr", Zh. vy'chisl. matem. i matem. fiz., 63:3 (2023), 474–490 ; V. A. Vasil'ev, "Shapley value of homogeneous cooperative games", Comput. Math. Math. Phys., 63:3 (2023), 450–465
6. Zinov'ev A.A. (2008) Na puti k sverxobshhestvu / «Izdatel'stvo AKT», 2008. – 449 s.
7. Zinov'ev A.A. (1972) Logicheskaya fizika M.: Nauka, 1972.- 192 s.
8. Zinov'ev A.A. (1971) Logika nauki. // M.: «My'sl'». 1971. 280 s.
9. Kantorovich L.V. Smotret' na pravdu otkry'ty'mi glazami s. 76-82 v. kn. Leonid Vital'evich Kantorovich: chelovek i uchenyj. V 2-x t. t. 1. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN. Filial "Geo", 2002. 542 s.
10. Kozyrev A. N. E'konomicheskie izmereniya: instrumenty, mify i real'nost' // Cifrovaya e'konomika № 2(23), 2023 – s. 5–20. DOI: 10.34706/DE-2023-02-01
11. Kozyrev A. N. Optimal'ny'e dvukomponentny'e ceny v e'konomikax s vozrastayushhej otdachej // Cifrovaya e'konomika № 1(22), 2023 – s. 54–64. DOI: 10.34706/DE-2023-01-07
12. Kozyrev A. N. Nauchny'j zhurnal kak cifrovaya platforma // Cifrovaya e'konomika № 3(19), 2022 – s. 5–17. DOI: 10.34706/DE-2022-03-01
13. Kozyrev A.N. (2021), Setevy'e e'ffekty i cifrovye platformy v e'konomike i matematicheskix modelyax // Cifrovaya e'konomika № 3(15), 2021 – s. 5-32. DOI: 10.34706/DE-2021-03-01
14. Kozyrev A.N. (1976) O polinomial'ny'x merax, opredelenny'x na sisteme borelevskix pod-mnozhestv metricheskogo kompakta, Optimizaciya: Sb. statej. Novosibirsk, 1976, vy'p. 18(35) – s. 96–106
15. Makarov V.L., (1973) Balans nauchny'x razrabotok i algoritm ego resheniya // Sb.st. Optimi-zaciya, Novosibirsk, 1973, vy'p.11(28), S.37–45
16. Markov A.M. (2007) Patent' Zingera: legendy i fakty // Patentny'j poverenny'j. 2007. №2. S.41–45.
17. Mullen E. (1991) Kooperativnoe prinyatie reshenij: Aksiomy i modeli: Per. s angl. – M.: Mir, 1991, – 464 s, il. ISBN 5-03-002131-0
18. Obrosova N. K., Shaninin A. A. (2023), "Analiz na osnove matematicheskoy modeli mexaniz-mov stimulirovaniya proizvodstvenny'x investicij na nesovershennom ry'nke kapitala", Zh. vy'chisl. ma-tem. i matem. fiz., 63:3 (2023), s. 390–407
19. Oue'n G. (1971), Teoriya igr, M.: «Mir», 1971. – 230 s.

20. Polterovich V.M. (1998). Krizis e`konomicheskoy teorii // E`konomicheskaya nauka sovremennoj Rossii. № 1. S. 46–66.
21. Polterovich V.M. (2022a) Na puti k obshhej teorii social`no-e`konomicheskogo razvitiya: k sintezu dvux kanonov // VTE` №1, 2022, s. 48–57
22. Polterovich V.M. (2022b) Bibliometricheskoe ravновесие // Vestnik RAN, 2022, T. 92, № 5, str. 431–439, DOI: 10.31857/S0869587322050127
23. 24. Polterovich V.M. (2023) Avtorskij kapital i reformirovanie rossijskoj publikacionnoj sistemy`. Stat`ya prinyata k publikacii v zhurnale «Voprosy` e`konomiki», 2023, №6
24. Rubinshtejn G.Sh. (1973). O nekotory`x klassax neadditivny`x funkcij mnozhestv. Op-timizaciya: Sb. statej. Novosibirsk, 1973, vy`p. 9(23), s. 157–164.
25. Shanin A. A. (2021), “Zadacha agregirovaniya mezhotraslevogo balansa i dvojstvennost””, Zh. vy`chisl. matem. i matem. fiz., 61:1 (2021), s. 162–176
26. Ugrinovich E.V., Mun D.V., Popeta V.V. (2016). Progress i regress, ili kak vernut` v nauchny`e izdaniya nauchnoe znanie? // Informaciya i innovacii. № 1. S. 4–11.
27. Fomicheva I.D. (2017) Medijny`j kapital i ego sostav // Mediascope. 2017. Vy`p. 2. Rezhim do-stupa: <http://www.mediascope.ru/2294>

Ключевые слова

Каннибализм знаний, синергия, общественные блага, управление знаниями, интеллектуальный капитал, нематериальные активы

Козырев Анатолий Николаевич, к.ф.-м.н., д.э.н

Центральный экономико-математический институт РАН

ORCID 0000-0003-3879-5745,

kozyrevan@yandex.ru

Anatoly Kozyrev, Synergy and cannibalism of knowledge in economy and science

Keywords

knowledge cannibalism, synergy, public goods, knowledge management, intellectual capital, Intangible assets.

DOI: 10.34706/DE-2023-03-01

JEL classification C02 R Математические методы; C71 Кооперативные игры

Abstract

The article shows the possibilities of giving Economics the level of evidence accepted in the natural sciences and the obstacles to this that exist in Economics itself. Such obstacles include, among other things, the effects of negative synergy. Concrete examples show their presence and the possibility of mitigation using mathematics.

УДК: 002, 001 (470)

1.2. СТОИМОСТЬ ПРАВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОВАРНОГО ЗНАКА В СОСТАВЕ ГРУППЫ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ

Костин А.В., Неволин И.В.
ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

*«Контекст, контекст
и еще раз контекст!!!».*
Гордон Смит,
Оценка товарных знаков

Проанализированы недостатки существующих подходов к определению компенсации за нарушение прав на товарный знак в сложных ситуациях, когда данный товарный знак используется в пакете с другими средствами индивидуализации применительно к нескольким товарам. Показаны возможности применения теории дележей для повышения качества экспертной оценки при расчете размера компенсации. Разработана соответствующая методология.

Введение

В судебной практике по защите прав интеллектуальной собственности достаточно часто возникает вопрос о величине убытков правообладателя или компенсации. Этот вопрос вполне обоснованно считается сложным, а потому к его рассмотрению обычно привлекаются эксперты. Также существуют упрощенные подходы, применяемые в тех случаях, когда сложность сколько-нибудь точной оценки убытков правообладателя не представляется возможной или слишком затратна. Примечательно, что и методы, применяемые сегодня экспертами, и упрощенные методы не опираются на сколько-нибудь продвинутую теорию и математические методы. В настоящей статье авторы рассматривают возможность применения теории дележей для усовершенствования подходов к оценке ущерба правообладателя и расчета суммы компенсации. В качестве базы оценки размера компенсации обычно принимается стоимость права, передаваемого по лицензионному договору, если бы такой договор был. В этой статье авторы придерживаются того же подхода.

Среди основных подходов к определению размера компенсации присутствуют (ст. 1515 Гражданского кодекса Российской Федерации): 1) сумма в размере 10 тыс. – 5 млн. руб., определяемая по усмотрению суда; 2) сумма в двукратном размере стоимости права использования товарного знака; 3) сумма в двукратном размере стоимости контрафактной продукции. Остановимся на стоимости права как на базе для определения размера компенсации и покажем методический подход к стоимостной оценке величины. Первый вариант компенсации не даёт чётких формул и инструкций для использования в судебных делах. Третий, хотя и даёт указание на способ расчёта, не вполне объективен с точки зрения восстановления положения правообладателя, в том числе, по причине невозможности отследить объёмы продаж и сопоставить с замещением легальной продукции. В этом смысле второй способ представляется сбалансированным [Павлова и др., 2022], и его раскрытие в методическом плане является актуальным.

Предположим, что имеет место нарушение интересов правообладателя (Фирма 1), в портфеле которого имеется несколько товарных знаков, являющихся предметом лицензионного договора и связанных с разными продуктами. Правообладатель является производящей фирмой и может использовать несколько товарных знаков для маркировки одного вида продукции. Пусть нарушитель (Фирма 2) выпустил на рынок товар, для идентификации которого используется обозначение, сходное до степени смешения с одним из товарных знаков, которыми промаркирована аналогичная по своим характеристикам продукция Фирмы 1. Согласно Международным стандартам оценки (МСО 210 «Нематериальные активы»), определение стоимости прав требует привлечение затратного, рыночного (сравнительного) и доходного подходов либо аргументированный отказ от любого из них. Затратный подход, будучи применённым к стоимостной оценке стоимости исключительного права, требует анализа трудоёмкости работ по созданию конкретного товарного знака. Рыночный подход требует аккуратного подбора аналогов, выявления ценообразующих факторов и внесения корректировок экспертными методами. Доходный подход предполагает анализ денежных потоков Фирмы 1 (например, по лицензионному договору №РД0405711, рис.1) со скрупулёзным выделением доли, приходящейся на товарный знак, права на который нарушены. Методы, используемые в соответствующих подходах, не ограничиваются лишь широко известными, которые применяются в достаточно типовых ситуациях, и их набор расширяется с течением времени [Кухарская и др., 2015], в том числе есть примеры использования теории дележей применительно к совместным инвестиционным проектам [Козырев, 2016].

Следует отметить, что все три подхода, рассматриваемые в международных стандартах оценки, изначально ориентированы на оценку активов, где эти подходы при правильном их применении дают сопоставимые оценки. Однако в оценке товарных знаков это заведомо не так, слишком большую роль

играет контекст [Смит, 2009], к тому же товарный знак или лицензия на использование товарного знака, как правило, входят в состав портфеля прав интеллектуальной собственности. Корректное выделение той части стоимости портфеля, которую можно отнести к каждому идентифицированному активу в нем, представляет значительную сложность. В этом случае уместно использовать методы на основе теории дележей, развитой в рамках теории игр [Мулен, 2002]. В настоящей работе предложен методический подход из теории дележей, применимый в судебной практике.

Теория дележей и вычисление стоимости отдельного объекта

Начнем с конкретного примера. На рисунке 1 приведен пример типичного лицензионного договора, где оговариваются конкретные условия передачи прав на использование товарного знака. В данном случае он играет роль иллюстрации. Такие договоры реально заключаются, нарушения прав, переданных по таким договорам (лицензиям) происходят, а дела рассматриваются в судах.

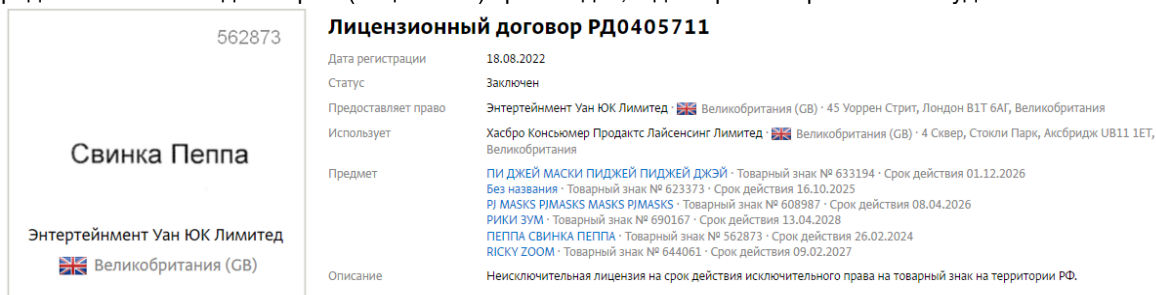


Рис.1. Пример лицензионного договора¹ №РД0405711 от 18.08.2022

Далее мы рассматриваем ситуацию именно такого типа, но у нас фигурирует Фирма 1 (лицензиат) и Фирма 2 (нарушитель). Товарные знаки $T_1, T_2, \dots, T_n$ Фирмы 1 используются в продуктах $R_1, R_2, \dots, R_m$. И пусть Y_k – множество товарных знаков, используемых при маркировке продукта R_k . Фирма 2 нарушает права на товарный знак T из Y_j . Соответственно, оценка стоимости права использования товарного знака T в рамках доходного подхода по денежному потоку от продукции R_j привела бы к завышению суммы компенсации. Отчасти это справедливо для оценки по затратам или рыночным сделкам, поскольку отдельные элементы товарного знака – текст или элемент изображения – также могут охраняться в качестве товарных знаков, но затратный подход не применим к оценке стоимости права использования товарного знака [Бузова и др, 2020]. Теория дележей позволяет взглянуть на проблему выделения вклада отдельного объекта в общую стоимость права использования портфеля товарных знаков под другим углом – не в терминах показателей (денежных потоков, затрат и т.п.), связанных с отдельными элементами. Следует рассматривать все сочетания товарных знаков, которые используются Фирмой 1.

Базовая идея оценки состоит в «усреднении» вклада отдельного товарного знака в выручку каждого из продуктов Фирмы 1. «Усреднение» взято в кавычки, чтобы подчеркнуть – оценка является взвешенной суммой денежных потоков от продуктов, но веса слагаемых не являются одинаковыми. Данное взвешивание проводится в соответствии с формулами для вычисления компонентов вектора Шепли, известного из теории кооперативных игр. В теории предполагается, что участники, действуя совместно в тех или иных коалициях, получают некоторые выигрыши. При этом выигрыш коалиции зависит от её состава, и участники обладают разной ролью в общем успехе – одни являются более ценными, другие – менее. Вопрос состоит в том, как разделить выигрыш коалиции между её участниками. Набор аксиом, которые остаются справедливыми при анализе портфелей интеллектуальной собственности, гарантирует единственное представление выигрыша в виде компонентов вектора Шепли – по одной на каждого участника коалиции:

$$\varphi_i = \sum_{Y_j: i \in Y_j} \frac{(n-t)!(t-1)!}{n!} [v(Y_j) - v(Y_j \setminus i)], i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где φ_i – стоимость права использования товарного знака i ; n – количество товарных знаков в портфеле фирмы; Y_j – множество товарных знаков, используемых при маркировке продукта R_j ; t – количество товарных знаков, используемых при маркировке продукта R_j (мощность множества Y_j).

Таким образом, для оценки стоимости права использования товарного знака T необходимо:

- 1) Разделить денежные потоки Фирмы 1 между всеми продуктами $R_1, R_2, \dots, R_m$.
- 2) Установить соответствие между продуктами и используемыми товарными знаками. Иными словами, для каждого R_k определить множество Y_k .

¹ Подходящей иллюстрацией к методическому подходу с использованием теории дележей может служить лицензионный договор №РД0405711 от 18.08.2022 за использование нескольких товарных знаков Энтертейнмент Уан ЮК Лимитед, в т.ч. товарного знака по свидетельству РФ №562873, права на который часто нарушаются на территории РФ.

3) Считая множества Y_k единственными коммерчески оправданными сочетаниями, рассчитать стоимость отдельных объектов по формуле (1).

Небольшое количество шагов объясняется упрощающими допущениями к рассматриваемой ситуации. Во-первых, данная схема применима только к случаю фирмы, чей портфель интеллектуальной собственности состоит из одних лишь товарных знаков. В противном случае следовало бы предпринять дополнительные действия по разграничению портфеля товарных знаков и других исключительных прав. Во-вторых, перспективных с коммерческой точки зрения сочетаний товарных знаков может быть больше, чем тех, которые соответствуют выпускаемым продуктам. Но тогда появляется повод говорить о перераспределении стоимости портфеля прав, переоценке товарных знаков и их сочетаний. А это можно сделать с привлечением всё той же теории дележей, увеличив число сочетаний и обозначив их действительную или перспективную выгоду. В-третьих, игнорируются эффекты синергии и «каннибализма», которые проявляются в несоответствии стоимости целого стоимости составляющих частей. В простейшем случае они скрыто присутствуют в денежных потоках от продукции и не требуют специального анализа.

Предварительные шаги, связанные с анализом возможных сочетаний товарных знаков, выполняются с целью проранжировать и эти сочетания, и сами товарные знаки. Выше ранжирование выполняется на основе поступающей (ожидаемой) выручки. Однако возможно подойти к ранжированию со стороны затрат на продвижение продукции (маркетинг) или экспертных оценок. Далее рассматриваются эти способы.

Корреляция стоимости бренда с коммерческими затратами фирмы и объёмом продаж

Наблюдения показывают, что стоимость бренда коррелирует с коммерческими затратами контролирующей фирмы. Эти наблюдения позволяют сделать допущение о том, что общие коммерческие затраты фирмы пропорциональны стоимости портфеля товарных знаков, а затраты на продвижение того или иного продукта – стоимости прав на используемые в нём средства индивидуализации. Стоит отметить, что косвенным образом это говорит о том, что стоимость бренда пропорциональна масштабу его использования, так как коммерческие затраты – это тот самый масштаб, но еще лучше о масштабе использования говорит объем продаж.

Используя данные рейтинга брендов от компании² Brand Finance, можно выполнить статистическое исследование связи между стоимостью бренда и его характеристиками. Среди последних выберем денежные (выручку и коммерческие расходы) и выраженные в объективной форме визуальные элементы (цветовое оформление и характеристические функции, описанные количественно после обработки). Специального комментария требует количественное описание визуальных элементов.

Цветовое оформление учитывалось как отношение площади, приходящейся на все элементы изображения с определённым цветом, к площади, занимаемой всем изображением. Сам визуальный образ оценивался через характеристические функции монохромных логотипов брендов. Для суждения о роли визуальных элементов достаточно остановиться на геометрических инвариантах, неизменных при смещениях, поворотах, масштабировании. Такими могут служить функции, изложенные, например, в [Ну, 1962; El Baadaway, Kamel, 2002]. Простые линейные регрессии без константы, где зависимой переменной является стоимость бренда, а независимой – визуальные и денежные характеристики, оказываются статистически незначимыми на выборке из брендов разных отраслей. Отсутствие константы объясняется тем, что стоимость «пустышки» должна равняться нулю. То есть если положить значения всех объясняющих переменных равными нулю, что говорит об отсутствии какого-либо бренда, его стоимость должна быть нулевой.

Анализ финансовых показателей показывает, что переменная «продажи» объясняет модель лучше, чем переменная «выручка». Статистически значимую модель также удаётся построить, используя в качестве объясняющих переменных лишь операционные и административные затраты (SG&A), выручку или денежный поток от операционной деятельности ($R^2=0,97$).

Принимая допущение о связи между стоимостью товарного знака с коммерческими затратами, можно представить скорректированную последовательность действий по оценке прав.

- 1) Разделить коммерческие затраты Фирмы 1 между всеми продуктами $R_1, R_2, \dots, R_m$.
- 2) Установить соответствие между продуктами и используемыми товарными знаками. Иными словами, для каждого R_k определить множество Y_k .
- 3) Считая множества Y_k единственными коммерчески оправданными сочетаниями, рассчитать стоимость отдельных объектов по формуле (1).

4) Скорректировать полученную оценку на поправочный коэффициент, который устанавливает соответствие между стоимостью прав и коммерческими затратами. Такой коэффициент может быть получен отношением стоимости портфеля прав к общим коммерческим затратам фирмы.

Как видно, данный метод, хотя и опирается на затратную сторону деятельности фирмы, а не на доходную, имеет больше ограничений в силу допущения о переносе линейной связи, заметной на уровне брендов публичных компаний, на уровень товарных знаков. Он полезен при наличии информации, например, правообладателю или связанному с ним эксперту. Но независимая оценка или возра-

² <https://brandirectory.com/rankings/>

жения со стороны нарушителя не могут быть построены на его основе. Причина лежит в асимметрии информации. В открытом доступе нет отчёта о прибылях и убытках с достаточной детализацией, и остаётся полагаться лишь на публичные сведения. В таком случае основания для ранжирования товарных знаков даёт экспертная оценка. При этом, однако, актуальным становится вопрос о повышении степени её надёжности (можно сказать «объективности» в смысле проверяемости, то есть об оценке на основе открытых данных из независимого источника с известной процедурой их обработки) и простоте применения (в смысле понятности суду и лёгкости обработки данных). Пока этот вопрос оставим за скобками.

Учет особенностей оценки для суда

Дальнейшее изложение выполнено в предположении о том, что правообладатель, заявляя о компенсации за нарушение прав в двукратном размере стоимости прав, исходит из оценки денежных потоков от продажи продукта R_k , для идентификации которого используется несколько товарных знаков Y_k . При этом нарушитель использовал лишь некоторую часть $W \subset Y_k$. То есть сумма компенсации является завышенной и несправедливой с точки зрения ущемления интересов нарушителя. Возникает задача корректного выделения стоимости права за использование товарного знака (права на который нарушены) W из общего набора Y_k .

Будем исходить из предположения о том, что права на товарные знаки с более высокой отличительной способностью должны стоить дороже по сравнению с правами на знаки, которые хуже выделяют товар или услугу из общей массы. Иными словами, дороже те товарные знаки (изобразительные, словесные или комбинированные), чья уникальность выше. Для иллюстрации разделим все товарные знаки $T_1, T_2, \dots, T_n$ на две группы: «уникальные» (обозначим U) и «неуникальные» (обозначим NU). Поскольку каждый товарный знак «отнимает» часть стоимости общего портфеля прав на средства индивидуализации, в первом приближении каждый товарный знак претендует на пропорциональную часть стоимости портфеля. То есть $v(U) = v(NU) = 1/2v(T_1, T_2, \dots, T_n)$, где $v(T_1, T_2, \dots, T_n)$ – это стоимость всего портфеля, которая может быть найдена дисконтированием или капитализацией денежных потоков, взятых из отчёта фирмы о прибылях и убытках (в предположении об отсутствии других прав интеллектуальной собственности!). Далее, стоимость неуникальных товарных знаков корректируются на коэффициент – 0,5 в самом простом случае, хотя возможны и меньшие значения. Коэффициент подчёркивает разницу в стоимости уникальных (наиболее ценных) и неуникальных (менее ценных) товарных знаков. При коэффициенте 0,5 компоненты вектора Шепли оказываются равными $\phi(U) = 0,625$ и $\phi(NU) = 0,375$. Внутри множеств можно разнести стоимость между входящими в них товарными знаками или провести очередной раунд ранжирования внутри множеств. Строго говоря, поправочные коэффициенты должны учитывать объёмы продаж продукции. Учёт объёмов продаж – фактора стоимости товарных знаков – можно выполнить на предварительном этапе, разделив все доходы между условно «более популярными» группами товаров и «менее популярными». Затем доходы распределяются между этими крупными группами, согласно экспертной оценке, после чего следует разделение товарных знаков, используемых в каждой группе товаров, на «уникальные» и «неуникальные». Если же в судебном порядке заявлена сумма компенсации с привязкой к стоимости денежного потока, генерируемого продажами конкретного продукта R_k , то разделять товарные знаки на «уникальные» и «неуникальные» следует внутри множества Y_k , и эксперту следует внимательно рассмотреть доводы в пользу значения для поправочного коэффициента.

Теперь остановимся на том, каким образом можно отличить «уникальные» товарные знаки от «неуникальных». В случае изобразительных или смешанных товарных знаков некоторую объективность в вопросе о близости дают методы анализа изображений. Самым простым является обращение к поисковой системе Всемирной организации интеллектуальной собственности³. База позволяет найти аналоги в каталогах национальных ведомств, которые открыли свои данные для международной организации. Соответственно, отсутствие аналогов позволяет отнести товарный знак к уникальным. К уникальным также следует отнести словесные товарные знаки.

Итак, экспертная процедура разделения стоимости портфеля прав на товарные знаки между отдельными составляющими выглядит следующим образом:

- 1) Установить соответствие между продуктами и используемыми товарными знаками, права на которые были нарушены. Иными словами, для каждого R_k , упомянутого в претензии правообладателя (исковом заявлении), определить множество Y_k .
- 2) Установить множество товарных знаков, права на которые были нарушены $W_k \subset Y_k$.
- 3) Классифицировать товарные знаки внутри каждого набора Y_k на «уникальные» и «неуникальные».
- 4) Разнести стоимость прав на набор Y_k , заявленную правообладателем, между входящими в него товарными знаками равномерным образом.
- 5) Выбрать поправочный коэффициент для отражения меньшей стоимости группы «неуникальных» товарных знаков.

³ Global Brand Database https://branddb.wipo.int/en/similarlogo?strategy=concept&start=0&_id=1670238680712

6) С учётом поправочного коэффициента рассчитать стоимость групп «уникальных» и «неуникальных» товарных знаков по формуле (1).

7) Разнести полученную по формуле (1) стоимость прав внутри групп между входящими в них товарными знаками равномерным образом.

8) Сумму стоимостей для товарных знаков из W_k , полученную по данной процедуре, считать базой для определения размера компенсации.

Заключение

В вопросе о выборе способа для определения компенсации правообладателю за нарушение его исключительных прав существует сильная аргументация в пользу привязки к стоимости прав. Когда нарушение затрагивает лишь права на один объект из портфеля правообладателя, возникает необходимость выделения доли в стоимости прав, связанных именно с этим объектом. Теория дележей подсказывает, каким образом подходить к расчёту стоимости права с учётом синергии и «каннибализма», и варианты методов расчёта позволяют использовать информацию разной полноты: подробную структуру доходов, структуру коммерческих расходов, условия из лицензионного договора, экспертные оценки.

Литература

1. Бузова Н.В., Карелина М.М., Костин А.В., Костина Н.В., Лабзин М.В., Лукьянов Р.Л. (2020). Компенсация как способ защиты нарушенных исключительных прав: проблемы и решения: научно-практическое пособие. – М.: РГУП, 2020. – 152 с.
2. Козырев А. Н. Оценка интеллектуальной собственности: Функциональный подход и математические методы / Издательские решения. – 2016. — 350 с.
3. Кухарская О.Б., Подлипская А.А., Чиркин А.Н. (2015) Оценка прав на объекты интеллектуальной собственности. Метод освобождения от роялти. – К.: Издательство «Арт Экономи», 2015. – 244 с.
4. Мулен Э. (1991), Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991, – 464 с, ил. ISBN 5-03-002131-0
5. Павлова Е.А., Калятин В.О., Корнеев В.А., Радецкая М.В., Евстигнеев Э.А., Кольздорф М.А., Туркина А.Е., Спиридонова Н.Б. (2022) Компенсация как мера ответственности за нарушение исключительных прав Часть 1 // Журнал Суда по интеллектуальным правам. № 2(36). С. 152-190.
6. Павлова Е.А., Калятин В.О., Корнеев В.А., Радецкая М.В., Евстигнеев Э.А., Кольздорф М.А., Туркина А.Е., Спиридонова Н.Б. (2022) Компенсация как мера ответственности за нарушение исключительных прав Часть 2 // Журнал Суда по интеллектуальным правам. № 3(37). С. 118-211.
7. Смит Г.В. (2009) Оценка товарных знаков / Пер. с англ. бюро переводов Ройд. — М.: ИД «Квинто».

References in Cyrillics

1. Buzova N.V., Karelina M.M., Kostin A.V., Kostina N.V., Labzin M.V., Luk`yanov R.L. (2020). Kompensaciya kak sposob zashchity` narushenny`x iskluchitel`ny`x prav: problemy` i resheniya: nauchno-prakticheskoe posobie. – M.: RGUP, 2020. – 152 s.
2. Kozy`rev A. N. Ocenka intellektual`noj sobstvennosti: Funkcional`ny`j podxod i matema-ticheskie metody` / Izdatel`skie resheniya. – 2016. — 350 s.
3. Kuxarskaya O.B., Podlipskaya A.A., Chirkin A.N. (2015) Ocenka prav na ob`ekty` intellektu-al`noj sobstvennosti. Metod osvobozhdeniya ot royalti. – K.: Izdatel`stvo «Art E`konomi», 2015. – 244 s.
4. Mullen E`. (1991), Kooperativnoe prinyatie reshenij: Aksiomy` i modeli: Per. s angl. – M.: Mir, 1991, – 464 s, il. ISBN 5-03-002131-0
5. Pavlova E.A., Kalyatin V.O., Korneev V.A., Radeczskaya M.V., Evstigneev E`.A., Kol`zdorf M.A., Turkina A.E., Spiridonova N.B. (2022) Kompensaciya kak mera otvetstvennosti za narushe-nie iskluchitel`ny`x prav Chast` 1 // Zhurnal Suda po intellektual`ny`m pravam. № 2(36). S. 152-190.
6. Pavlova E.A., Kalyatin V.O., Korneev V.A., Radeczskaya M.V., Evstigneev E`.A., Kol`zdorf M.A., Turkina A.E., Spiridonova N.B. (2022) Kompensaciya kak mera otvetstvennosti za narushe-nie iskluchitel`ny`x prav Chast` 2 // Zhurnal Suda po intellektual`ny`m pravam. № 3(37). S. 118-211.
7. Smit G.V. (2009) Ocenka tovarny`x znakov / Per. s angl. byuro perevodov Rojd. — M.: ID «Kvinto-Konsalting», 2009. — 384 s.

Александр Валерьевич Костин, к.э.н.,
в.н.с, ЦЭМИ РАН (kostin.alexander@gmail.com)

Иван Викторович Неволин, к.э.н., в.н.с. ЦЭМИ РАН (i.nevolin@cemi.rssi.ru)
ORCID: 0000-0002-8462-9011

Ключевые слова

Товарный знак, бренд, лицензия, судебная экспертиза, стандарты оценки, теория дележей.

Alexander Kostin, Ivan Nevolin. *Valuation of the right to trademark use as a part of intellectual property rights portfolio.*

Keywords

Trademark, brand, license, forensic examination, evaluation standards, division theory.

DOI: 10.34706/DE-2023-03-02

JEL classification I23 – Высшее образование, исследовательские институты; C43 – Индексы и агрегация

Abstract

The shortcomings of existing approaches to determining compensation for trademark infringement in difficult situations when this trademark is used in a package with other means of individualization in relation to several goods are analyzed. The possibilities of applying the theory of divisions to improve the quality of expert assessment when calculating the amount of compensation are shown. An appropriate methodology has been developed.

1.3. РАЗДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ПОРТФЕЛЯ ПРАВ НА СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ МЕЖДУ ЕГО КОМПОНЕТАМИ

Неволин И.В., к.э.н., в.н.с. ЦЭМИ РАН, Москва

Показаны возможности использования решения по Шепли для разделения стоимости портфеля интеллектуальных прав между его отдельными компонентами. Предлагаемая схема расчетов демонстрируется на примере определения компенсации за нарушение прав на товарный знак в сложных ситуациях, когда данный товарный знак используется в пакете с другими средствами индивидуализации применительно к нескольким товарам. Показаны возможности применения теории дележей для повышения качества экспертной оценки при расчете размера компенсации.

Введение

Цель данной статьи – показать возможности применения теории дележей к оценке прав на товарный знак, не до конца раскрытые в совместной статье [Костин, Неволин, 2023], где значительный упор был сделан на контекст, оказывающий влияние на стоимость портфеля интеллектуальных прав. При этом без должного внимания остались некоторые вычислительные сложности и возможности их преодоления за счет использования более совершенной математической техники.

Как и в упомянутой выше статье здесь в качестве базовой модели рассматривается ситуация с нарушением исключительных прав на товарный знак. В этом случае неизбежно возникает вопрос о размере компенсации. Среди основных подходов к определению данной величины необходимо учитывать нормы законодательства, регулирующие возможные подходы к расчету величины компенсации. В их числе присутствуют (ст. 1515 Гражданского кодекса Российской Федерации): 1) сумма в размере 200 тыс. – 5 млн. руб., определяемая по усмотрению суда; 2) сумма в двукратном размере стоимости прав; 3) сумма в двукратном размере стоимости контрафактной продукции. Первый вариант компенсации не даёт чётких формул и инструкций для использования в судебных делах. Третий вариант, хотя и даёт указание на способ расчёта, не вполне объективен с точки зрения восстановления положения правообладателя, в том числе, по причине невозможности отследить объёмы продаж и сопоставить с замещением легальной продукции. В этом смысле второй способ представляется сбалансированным [Павлова и др., 2022], и его раскрытие в методическом плане является актуальным. Остановимся на стоимости прав, как на базе для определения размера компенсации и покажем методический подход к стоимостной оценке величины.

Как и в [Костин, Неволин, 2023] предположим, что нарушены интересы правообладателя (Фирма 1), имеющего в портфеле несколько товарных знаков. Правообладатель является производящей фирмой и может использовать несколько товарных знаков для маркировки одного вида продукции. Пусть нарушитель (Фирма 2) выпустил на рынок товар, для идентификации которого используется обозначение, сходное до степени смешения с одним из товарных знаков, которыми промаркирована аналогичная по своим характеристикам продукция Фирмы 1. Затратный подход к стоимостной оценке прав на товарный знак практически неприменим, так как затраты на создание конкретного товарного знака – это лишь небольшая часть всех затрат на создание брэнда. Значительная часть затрат на продвижение брэнда проходит по статьям, формально не имеющим отношения к созданию товарного знака. Рыночный подход требует аккуратного подбора аналога и его корректировки экспертными методами, но такого аналога может просто не быть. Доходный подход предполагает анализ денежных потоков Фирмы 1 со скрупулёзным выделением доходов, связанных с конкретным товарным знаком. И в этой части теории дележей есть, что предложить в методическом плане.

Теория дележей и вычисление стоимости отдельного объекта

Пусть товарные знаки $T_1, T_2, \dots, T_n$ Фирмы 1 используются в продуктах $R_1, R_2, \dots, R_m$. И пусть Y_k – множество товарных знаков, используемых при маркировке продукта R_k . Фирма 2 нарушает права на товарный знак T_i из Y_k . Соответственно, оценка исключительных прав на товарный знак T_i в рамках доходного подхода по денежному потоку от продукции R_k привела бы к завышению суммы компенсации. Отчасти это справедливо для оценки по затратам или рыночным сделкам, поскольку отдельные элементы товарного знака – текст или элемент изображения – также могут охраняться в качестве товарных знаков. Однако самое главное то, что использование нескольких товарных знаков для маркировки одного продукта может создавать эффект «каннибализма», так как они решают одну и ту же задачу.

Теория дележей позволяет взглянуть на проблему выделения вклада отдельного объекта в общую стоимость портфеля прав под другим углом – не в терминах показателей (денежных потоков, затрат и т.п.), связанных с отдельными элементами. Теоретически следует рассматривать все сочетания товарных знаков, которые используются Фирмой 1. Практически это реально, когда в портфеле на так уж много товарных знаков или иных объектов исключительных прав. Если их много, то количество возможных сочетаний растёт очень быстро и рассмотреть их все становится физически невозможно. Но здесь на помощь приходит более изощренная техника.

Базовая идея оценки состоит в «усреднении» вклада отдельного товарного знака в выручку каждого из продуктов Фирмы 1. «Усреднение» взято в кавычки, чтобы подчеркнуть – оценка является взвешенной суммой денежных потоков от продуктов, но веса слагаемых не являются одинаковыми. Данное взвешивание проводится в соответствии с формулами для вычисления компонентов вектора Шепли, известного из теории игр [Мулен, 2002]. Следует оговориться, что речь идет о кооперативных играх в форме характеристической функции, а именно: предполагается, что участники, действуя совместно в тех или иных коалициях, получают максимально возможный для коалиции выигрыш, а потом делят его между собой. Последнее означает, что сумма индивидуальных выигрышей равна коллективному выигрышу. Именно это обстоятельство позволяет говорить о дележе.

В нашем случае в роли игроков (участников игры) выступают товарные знаки, исключительные права на которые принадлежат Фирме 1. Все они пронумерованы числами от 1 до n , множество из номеров естественно обозначить через N . Роль коалиций играют различные наборы товарных знаков, не обязательно связанные с одним продуктом. По этой причине для произвольного набора товарных знаков целесообразно ввести отдельное обозначение S . Игра в форме характеристической функции – это функция, определенная на совокупности всех подмножеств множества N и сопоставляющая каждой коалиции $S \subset N$ максимальный возможный выигрыш для этой коалиции $v(S)$. В нашем случае под $v(S)$ логично понимать стоимость гипотетического портфеля товарных знаков с номерами из множества S , при условии, что остальных товарных знаков в портфеле Фирмы 1 нет. Если бы такие величины для каждого возможного портфеля товарных знаков были известны, то стоимость товарного знака T_i определялась бы по формуле

$$\varphi_i[v] = \sum_{S \subset N, S \ni i} \frac{(n-s)!(s-1)!}{n!} [v(S) - v(S \setminus i)], i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где s – число элементов в множестве S , а суммирование идет по всем S , включающим i . Вектор

$$\varphi[v] = (\varphi_1[v], \dots, \varphi_n[v]) \in R^n$$

называется вектором Шепли по имени автора формулы 1 и теоремы о том, что набор из трех очень простых и естественных аксиом однозначно определяет решение, причем это решение задается формулой 1 для любой функции v . Условие

$$v(N) = \sum_{i=1}^n \varphi_i[v]$$

означает, что речь идет о дележе. Его выполнение подразумевается изначально. Чтобы сформулировать аксиомы Шепли, потребуется понятие носителя функции. Носитель v – это такое множество Y $v(Y \cap S) = v(S)$ для любого $S \subset N$. В нашем случае логично предполагать, что единственным носителем v является все множество N , причем N совпадает с объединением всех Y_k . Первая аксиома Шепли означает, что игроки, не входящие в носитель, ничего не получают. В нашем случае она выполняется автоматически и означает, что не играющий никакой роли товарный знак имеет нулевую стоимость. Вторая аксиома именуется аксиомой анонимности. В нашем случае она означает, что стоимость товарного знака определяется только тем, какой дополнительный денежный поток он приносит, а не его номером или чем-то еще. Третью аксиому Шепли можно трактовать как требование линейности оператора, переводящего функцию v в вектор $\varphi[v]$, хотя в оригинальной формулировке она даже слабее.

Сразу стоит отметить, что воспользоваться формулой (1) непосредственно крайне сложно, поскольку число возможных подмножеств множества N растет очень быстро с ростом n . А вычислять заранее значения $v(S)$ для всех $S \subset N$ бессмысленно. У нас с каждым продуктом R_k связан определенный набор товарных знаков Y_k . Логично предположить, что именно с этими товарными знаками связан денежный поток от продукта R_k , остальные товарные знаки не влияют на этот денежный поток от данного продукта, а он в свою очередь не влияет на их стоимость. А потому для каждого k логично ввести функцию $v_k(S)$ с носителем Y_k , определенную на всех подмножествах $S \subset N$, но удовлетворяющую равенству $v_k(Y_k \cap S) = v_k(S)$ для любого S . Если мы сможем построить функции v_k для каждого k , то можно решить задачу дележа для каждого продукта отдельно, используя формулу (1) для v_k . Разумеется, при этом ненулевые значения получат только компоненты вектора Шепли с номерами знаков из Y_k . Окончательный результат получим в виде суммы

$$\varphi_i[v] = \sum_{k=1}^m \sum_{S \subset N, S \ni i} \frac{(n-s)!(s-1)!}{n!} [v_k(S) - v_k(S \setminus i)], i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Процесс оценки товарного знака T_i включает 3 стадии:

- 1) Разделить денежные потоки Фирмы 1 между всеми продуктами $R_1, R_2, \dots, R_m$.
- 2) Для каждого k от 1 до m построить функцию выигрыша v_k , сопоставляющую каждому набору товарных знаков $Y_j \subset Y_k$ их стоимость $v_k(Y_j)$, связанную с денежным потоком от продукта R_k .
- 3) Рассчитать стоимость отдельных объектов по формуле (2).

Учет конкретных условий для упрощения вычислений

Наиболее спорным в этой конструкции выглядит предположение, что можно реально построить функции v_k . Однако следует иметь в виду, что даже при большом количестве продуктов и товарных

знаков у одной фирмы она вряд ли будет использовать сразу много товарных знаков для маркировки одного продукта. Разумеется, могут быть использованы и другие средства индивидуализации, но их все равно не будет так много, что нельзя будет выполнить их ранжирование по ценности для этого конкретного продукта вручную. Также надо учитывать тот факт, что

$$v_k(S) - v_k(S \setminus i) = 0, \quad i \notin Y_k,$$

а потому

$$\sum_{S \subset N, S \ni i} \frac{(n-s)!(s-1)!}{n!} [v_k(S) - v_k(S \setminus i)] = \sum_{S \subset Y_k, S \ni i} \frac{([Y_k] - s)!(s-1)!}{[Y_k]!} [v_k(S) - v_k(S \setminus i)],$$

где $[Y_k]$ – число элементов множества $[Y_k]$. В нашем случае это количество средств индивидуализации, используемых для идентификации одного конкретного продукта R_k . Их не может быть много, а дополнительный денежный поток любое из них дает в том случае, если привлекает внимание какой-то дополнительной категории покупателей. Поэтому можно оценить влияние разных средств индивидуализации, используя традиционные инструменты маркетинга.

Предлагаемая схема расчетов применима отнюдь не только к случаю фирмы, чей портфель интеллектуальной собственности состоит из одних лишь товарных знаков. В данном случае это упрощающее предположение принято, чтобы лучше показать суть перехода от вербальных рассуждений к математическим конструкциям и обратно. В общем случае следовало бы предпринять дополнительные действия по разграничению портфеля товарных знаков и других исключительных прав.

В работе [Костин, Неволин, 23] использовалось упрощающее предположение, что перспективных с коммерческой точки зрения сочетаний объектов мало, то есть это в точности те сочетания, которые используются для отдельных продуктов. Это позволило упростить расчетную формулу (1). В данной работе таких сочетаний может быть больше, то есть каждому из выпускаемых продуктов соответствуют любые подмножества реально используемых наборов. В принципе можно пойти еще дальше, но тогда появляется повод говорить о перераспределении стоимости портфеля прав, переоценке его составляющих и их сочетаний. В данной работе дан лишь намек на то, как это можно сделать с привлечением всё той же теории дележей, увеличив число сочетаний и обозначив их действительную или перспективную выгоду. Наконец, в рассмотренном выше примере игнорируются проявления эффектов синергии и «каннибализма» – отрицательной синергии, те и другие проявляются в несоответствии стоимости целого стоимости составляющих частей. В работе [Козырев, 2023] показано, как это может быть сделано в простейшем случае, а также намечена схема распространения того же подхода на ситуации с любым числом объектов в портфеле исключительных прав и различными зависимостями между ними.

Корреляция стоимости бренда с коммерческими затратами фирмы и объёмом продаж

Как отмечается в [Костин, Неволин, 23], стоимость бренда коррелирует с коммерческими затратами контролирующей фирмы, что позволяет сделать допущение о пропорциональности общих коммерческих затрат фирмы и стоимости портфеля товарных знаков, а затраты на продвижение того или иного продукта связать со стоимостью прав на используемые в нём средства индивидуализации.

Данные компании Brand Finance о рейтингах брендов позволяют выявить связи между стоимостью бренда и его характеристиками. Среди последних выберем денежные (выручку и коммерческие расходы) и выраженные в объективной форме визуальные элементы (цветовое оформление и характеристические функции, описанные количественно после обработки). Специального комментария требует количественное описание визуальных элементов.

Цветовое оформление учитывалось как отношение площади, приходящейся на все элементы изображения с определённым цветом, к площади, занимаемой всем изображением. Сам визуальный образ оценивался через характеристические функции монохромных логотипов брендов. Для суждения о роли визуальных элементов достаточно остановиться на геометрических инвариантах, неизменных при смещениях, поворотах, масштабировании. Такими могут служить функции, изложенные, например, в [Hu, 1962; El Baadaway, Kamel, 2002]. Простые линейные регрессии без константы, где зависимой переменной является стоимость бренда, а независимой – визуальные и денежные характеристики, оказываются статистически незначимыми на выборке из брендов разных отраслей. Отсутствие константы объясняется тем, что стоимость «пустышки» должна равняться нулю. То есть если положить значения всех объясняющих переменных равными нулю, что говорит об отсутствии какого-либо бренда, его стоимость должна быть нулевой.

Анализ финансовых показателей позволяет утверждать, что переменная «продажи» объясняет модель лучше, чем переменная «выручка». Также удаётся построить статистически значимую модель, используя в качестве объясняющих переменных лишь операционные и административные затраты (SG&A), выручку или денежный поток от операционной деятельности ($R^2=0,97$).

Принимая допущение о связи между стоимостью товарного знака с коммерческими затратами, можно представить скорректированную последовательность действий по оценке прав.

- 1) Разделить коммерческие затраты Фирмы 1 между всеми продуктами $R_1, R_2, \dots, R_m$.
- 2) Установить соответствие между продуктами и используемыми товарными знаками. Для каждого продукта R_k определить множество Y_k и построить функцию v_k .
- 3) Рассчитать стоимость отдельных объектов по формуле (2).

4) Скорректировать полученную оценку на поправочный коэффициент, устанавливающий соответствие между стоимостью прав и коммерческими затратами.

Данный метод, как отмечается в [Костин, Неволин, 23], опирается на затратную, а не доходную сторону деятельности фирмы, но имеет больше ограничений в силу допущения о переносе линейной связи, заметной на уровне брендов публичных компаний, на уровень товарных знаков. Он полезен при наличии информации об их реальных затратах, например, правообладателю или связанному с ним эксперту. Но независимая оценка или возражения со стороны нарушителя не могут быть построены на его основе. Причина – асимметрия информации. В открытом доступе нет отчётов о прибылях и убытках с достаточной детализацией, а независимому оценщику приходится полагаться лишь на публичные сведения. Определённые основания для ранжирования товарных знаков даёт экспертная оценка. Однако, крайне актуальным становится вопрос о её надёжности.

Учет особенностей оценки для суда

Дальнейшее изложение в основном следует [Костин, Неволин, 23], но с уточнением отдельных моментов. Одна из причин возможного завышения состоит в том, что правообладатель, заявляя о компенсации за нарушение прав в двукратном размере стоимости прав, исходит из оценки всего денежного потока от продажи продукта R_k . Если для идентификации продукта R_k используется несколько товарных знаков Y_k , а нарушитель использовал лишь некоторую часть $W \subset Y_k$, то сумма компенсации может быть завышенной и несправедливой с точки зрения ущемления интересов нарушителя. Возникает задача корректного выделения стоимости прав на нарушенные товарные знаки W из общего набора Y_k .

Принято считать [Костин, Неволин, 23], что права на товарные знаки с более высокой отличительной способностью должны стоить дороже по сравнению с правами на знаки, которые хуже выделяют товар из общей массы, то есть дороже те товарные знаки (изобразительные, словесные или смешанные), чья уникальность выше. На самом деле тут очень большое поле для исследований, но для иллюстрации все товарные знаки $T_1, T_2, \dots, T_n$ делятся на две группы: «уникальные» (множество U) и «неуникальные» (множество NU). В первом приближении каждый товарный знак претендует на пропорциональную часть стоимости портфеля. То есть $v(U) = v(NU) = 1/2v(T_1, T_2, \dots, T_n)$, где $v(T_1, T_2, \dots, T_n)$ – стоимость всего портфеля. Стоимость «неуникальных» товарных знаков корректируются на понижающий коэффициент, подчёркивая разницу в стоимости «уникальных» (наиболее ценных) и неуникальных (менее ценных) товарных знаков. При коэффициенте 0,5 компоненты вектора Шепли оказываются равными $\phi(U) = 0,625$ и $\phi(NU) = 0,375$. Внутри множеств можно разнести стоимость между входящими в них товарными знаками или провести очередную раунд ранжирования. В первую очередь поправочные коэффициенты должны учитывать объёмы продаж продукции. Учёт объёмов продаж – фактора стоимости товарных знаков – можно выполнить на предварительном этапе, разделив все доходы между условно «более популярными» группами товаров и «менее популярными». Затем доходы распределяются между этими крупными группами, согласно экспертной оценке, после чего следует разделение товарных знаков, используемых в каждой группе товаров, на «уникальные» и «неуникальные». Если же в судебном порядке заявлена сумма компенсации с привязкой к стоимости денежного потока, генерируемого продажами конкретного продукта R_k , то разделять товарные знаки на «уникальные» и «неуникальные» следует внутри множества Y_k , и эксперту следует внимательно рассмотреть доводы в пользу значения для поправочного коэффициента.

Теперь остановимся на том, каким образом можно отличить «уникальные» товарные знаки от «неуникальных». В случае изобразительных или смешанных товарных знаков некоторую объективность в вопросе о близости дают методы анализа изображений. Самым простым является обращение к поисковой системе Всемирной организации интеллектуальной собственности. База позволяет найти аналоги в каталогах национальных ведомств, которые открыли свои данные для международной организации. Соответственно, отсутствие аналогов позволяет отнести товарный знак к уникальным. К «уникальным» также следует отнести словесные товарные знаки.

Итак, экспертная процедура разделения стоимости портфеля прав на товарные знаки между отдельными составляющими выглядит следующим образом:

1) Установить соответствие между продуктами и используемыми товарными знаками, права на которые были нарушены. Иными словами, для каждого R_k , упомянутого в претензии правообладателя (исковом заявлении), определить множество Y_k .

2) Установить множество товарных знаков, права на которые были нарушены $W_k \subset Y_k$.

3) Классифицировать товарные знаки внутри каждого набора Y_k на «уникальные» и «неуникальные».

4) Разнести стоимость прав на набор Y_k , заявленную правообладателем, между входящими в него товарными знаками равномерным образом.

5) Выбрать поправочный коэффициент для отражения меньшей стоимости группы «неуникальных» товарных знаков.

6) С учётом поправочного коэффициента рассчитать стоимость групп «уникальных» и «неуникальных» товарных знаков по формуле (1).

7) Разнести полученную по формуле (1) стоимость прав внутри групп между входящими в них товарными знаками равномерным образом.

8) Сумму стоимостей для товарных знаков из W_k , полученную по данной процедуре, считать базой для определения размера компенсации.

Заключение

Теория дележей позволяет, как минимум, частично поставить решение вопроса о компенсации за нарушение исключительных прав на научную основу. Независимо от нее существует сильная аргументация в пользу привязки компенсации к стоимости прав. Она дает для этого дополнительные основания. Когда нарушение затрагивает лишь права на один объект из портфеля правообладателя, возникает необходимость выделения стоимости прав, связанных именно с этим объектом, теория дележей позволяет сделать это достаточно изящно, хотя применима к гораздо более широкому набору задач. Также теория дележей подсказывает, каким образом подходить к расчёту стоимости прав с учётом синергии и «канибализма», и варианты методов расчёта позволяют использовать информацию разной полноты: подробную структуру доходов, структуру коммерческих расходов, экспертные оценки.

Литература

1. Козырев А.Н. (2023) Синергия и канибализм знаний в экономике и в науке // Цифровая экономика, № 3(24), 2023 – с. 5–22. DOI: DOI: 10.34706/DE-2024-03-01
2. Костин А.В. Неволин И.В. Стоимость права использования товарного знака в составе группы средств индивидуализации // Цифровая экономика, № 3(24), 2023 – с. 23–27. DOI: DOI: 10.34706/DE-2024-03-02
3. Мулен Э. (1991), Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991, – 464 с, ил. ISBN 5-03-002131-0
4. Павлова Е.А., Калятин В.О., Корнеев В.А., Радецкая М.В., Евстигнеев Э.А., Кольцдорф М.А., Туркина А.Е., Спиридонова Н.Б. (2022) Компенсация как мера ответственности за нарушение исключительных прав Часть 1 // Журнал Суда по интеллектуальным правам. № 2(36). С. 152-190.
5. El Badawy O., Kamel M. (2002) Shape-based image retrieval applied to trademark images. International Journal of Image and Graphics, 2(03), pp.375-393.
6. Hu M.K. (1962) Visual pattern recognition by moment invariants. IRE transactions on information theory, 8(2), pp.179-187..

References in Cyrillics

1. Koz'yrev A.N. (2023) Sinergiya i kannibalizm znaniy v e'konomie i v nauke // Cifrovaya e'konomika, № 3(24), 2023 – s. 5–22. DOI: DOI: 10.34706/DE-2024-03-01
2. Kostin A.V. Nevolin I.V. Stoimost' prava ispol'zovaniya tovarnogo znaka v sostave gruppy` sredstv individualizacii // Cifrovaya e'konomika, № 3(24), 2023 – s. 23–27. DOI: DOI: 10.34706/DE-2024-03-02
3. Mulyen E`. (1991), Kooperativnoe prinyatie reshenij: Aksiomy` i modeli: Per. s angl. – M.: Mir, 1991, – 464 s, il. ISBN 5-03-002131-0
4. Pavlova E.A., Kalyatin V.O., Korneev V.A., Radecz-kaya M.V., Evstigneev E`.A., Kol`zdorf M.A., Turkina A.E., Spiridonova N.B. (2022) Kompen-saciya kak mera otvetstvennosti za narushenie iskl'yuchitel'ny`x prav Chast' 1 // Zhurnal Suda po intellektual'ny'm pravam. № 2(36). S. 152-190.

Неволин Иван Викторович, к.э.н., в.н.с. ЦЭМИ РАН (i.nevolin@cemi.rssi.ru)
ORCID: 0000-0002-8462-9011

Ключевые слова

передача технологий, теория игр, стоимостная оценка

Ivan Nevolin. Reward for Technology Transfer: Calculation Methods and the Limits of Application

Keywords

technology transfer, game theory, valuation

DOI: 10.34706/DE-2023-03-03

JEL classification L24 – заключение контрактов, совместные предприятия, лицензирование технологий; G7 – теория игр и теория переговоров

Abstract

The possibilities of using the Shepley solution to divide the value of the intellectual property portfolio between its individual components are shown. The proposed calculation scheme is demonstrated by the example of determining compensation for infringement of trademark rights in difficult situations when this trademark is used in a package with other means of individualization in relation to several goods. The possibilities of applying the theory of divisions to improve the quality of expert assessment when calculating the amount of compensation are shown.

УДК: 303.2, 316.6

1.4. ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ, РЕАЛЬНАЯ И МОДЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА COVID-19

Ноакк Н.В., Волкова А.Д., Грачев И.Д., Костина Т.А.
ЦЭМИ РАН, Москва, России.

Эпидемия COVID-19 оказала огромное влияние на численность населения, экономику, социальную сферу и психическое состояние населения большинства стран. В течение 2-2,5 лет наблюдалось адекватное, а иногда и гиперболизированное внимание к этой проблеме в сфере управления и на информационном поле. Однако после амплитудной омикрон-волны это внимание почти обнулось, без должных фактических и психологических оснований. Представлялось необходимым оценить реальные результаты COVID-19 на сегодняшний день, построить вероятностные прогнозы, позволяющие оценить допустимость столь кардинального ослабления внимания к проблеме COVID-19 и динамику психического отражения эпидемии обычными агентами, что и составило суть данной междисциплинарной работы.

Введение

Поток информации и рефлексивных управленческих решений по вирусу COVID-19, который в первые месяцы захлёстывал психику, на сегодня почти обнутился после высокоамплитудной омикрон-волны. Параллельно ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения, 2019) и национальные здравоохранительные структуры (Статистика распространения коронавируса в России, 2023) подсчитывают ужасающие итоги предыдущих дней (и лет) эпидемии. Так, для мира в целом фиксируется порядка 7 млн погибших, а для России – примерно 400 тыс. человек, непосредственно по COVID-19. К этому следует добавить избыточную смертность, коррелированную с эпидемией и, вероятно, имеющую с COVID-19 причинно-следственную связь через вторичные эффекты. Так, в России за время эпидемии избыточная смертность пенсионеров составила примерно 2 млн человек (Избыточная смертность в России, 2021; Статистика распространения коронавируса в России, 2023). Таким образом, потери от COVID-19, как мы и прогнозировали в наших первых работах, [Грачев и др., 2020] – на уровне мировой войны.

Следовательно, для вычеркивания COVID-19 из информационного поля должны быть убедительные фактические и психологические основания, связанные с его окончанием или хотя бы ослаблением до ОРВИ-уровня.

В настоящей работе представлены психологические, фактические и модельные результаты, позволяющие оценить правомерность ослабления информационного и управленческого внимания к COVID-19.

Схема изложения материала следующая.

Сначала представлены результаты психологического исследования социальных представлений о COVID-19, целью которого стал анализ динамики социальных представлений о COVID-19 с использованием метода структурного анализа по П. Вержесу. Проведённый анализ социальных представлений респондентов о Covid-19 позволил выявить актуальные на соответствующий момент времени (осень 2021 года и весна 2023 года) категории слов-ассоциаций, определить структуру социальных представлений, осуществить сравнение структур социальных представлений о COVID-19, полученных в ходе опроса респондентов-россиян по методике простых свободных ассоциаций, проследить динамику предмета исследования на протяжении почти полутора лет. По результатам психологического исследования сделаны выводы относительно движения категорий ассоциаций в рамках структуры и возможных факторов замеченных изменений.

Затем представлены результаты реального и цифрового моделирования эпидемии, полученные в ходе сравнения более устойчивых интегральных характеристик типа автокорреляционной функции, с использованием эргодической гипотезы. Рабочая схема сравнения такова: 1) построена двухтриггерная мутационная модель эпидемии COVID-19 для г. Москвы и других субъектов; 2) вычислены автокорреляционные функции для начального отрезка эпидемии COVID-19 до омикрон-волны и для всего временного интервала; 3) осуществлено сравнение автокорреляционных функций для этих временных интервалов с учётом разброса цифровых модельных оценок, полученных по двухтриггерному мутационному обобщению SIR. Используются статистические данные контактов больных и здоровых людей в различных разрезах (COVID-19: Statistics. (n.d.).)

В Заключении представлены основные выводы исследования.

Основная часть

1. Психологический анализ динамики социальных представлений о COVID-19

Целью исследования, как указано выше, явилось выявление динамики изменений структуры социальных представлений россиян о COVID-19. Опрос респондентов проходил осенью 2021 года и весной 2023 года, с применением методики простых свободных ассоциаций: респондентам было предложено написать не менее пяти ассоциаций на слово-понятие COVID-19 [Empirical approaches..., 1993]. Полное описание этапов проведенного эмпирического исследования, включая сбор данных, описание инструментария и процедур обработки данных дано в [Ноакк, Волкова, 2023]. Здесь отметим, что полученные данные были обработаны и затем визуализированы с использованием метода структурного анализа П. Вер-

жеса [Бовина, Дворянчиков, 2020, 2022; Vergès, 1992], с выявлением Ядра социального представления и Периферии (ближней и собственно Периферии). Ядро связано с ценностной системой группы (сообщества) и коллективной памятью [Vergès, 1992; Бовина, 2011]. Периферическая система структурирована особым образом и включает 3 области, каждая из которых объединяет ассоциации по критерию определённого соотношения ранга и медианы частоты. Описание процедуры обработки данных подробно представлено в [Ноакк, Волкова, 2023]. Здесь дадим анализ результатов с акцентом на возможных факторах замеченных изменений, а также допустимости кардинального ослабления внимания к проблеме COVID-19 со стороны управленческих структур.

Рисунок 1 отражает структуру социальных представлений осенью 2021 года.

Рисунок 2 отражает структуру социальных представлений весной 2023 года.

Квадрат 1 ЯДРО - Отношение и эмоции - Медицинские термины - Симптомы - Негативные ассоциации	Квадрат 3 ПЕРИФЕРИЯ 1 Внешнее влияние - Негативные социально-политические меры - Архетипы	Квадрат 1 ЯДРО - Отношение и эмоции - Медицинские термины - Симптомы	Квадрат 3 ПЕРИФЕРИЯ 1 Внешнее влияние - Негативные ассоциации - Негативные социально-политические меры - Архетипы
Квадрат 2 ПЕРИФЕРИЯ 1 Потенциальная зона изменений - Мистификация - Сопrotивление	Квадрат 4 ПЕРИФЕРИЯ 2 - Характеристики ковида - Поддерживающее поведение - Новый образ жизни	Квадрат 2 ПЕРИФЕРИЯ 1 Потенциальная зона изменений - Характеристики ковида - Мистификация - Сопrotивление - Новый образ жизни	Квадрат 4 ПЕРИФЕРИЯ 2 - Нейтральные ассоциации - Поддерживающее поведение - Позитивные ассоциации - Политика и влияние

Рисунок 1. Структура социальных представлений по методике П. Вержеса, полученная на 1-ом этапе исследования (источник – составлено авторами)

Рисунок 2. Структура социального представления по методике П. Вержеса, полученная на 2-ом этапе исследования (источник – составлено авторами).

Как можно заметить, в целом структура социального представления о COVID-19 не изменилась кардинально с осени 2021 года к весне 2023 года. Это свидетельствует о том, что пандемия COVID-19 остаётся важной и значимой частью общественного сознания.

Как известно [Бовина, 2011; 2020; Empirical approaches to social representations, 1993], социальные представления, входящие в Ядро структуры (Квадрат 1), обычно содержат наиболее стабильные и общепризнанные идеи и мотивы, которые определяют основную структуру представления. Они служат основой для интерпретации новой информации и определения отношения к предмету. Сравнение результатов двух этапов исследования в Ядре показывает, что:

- в категории «Медицинские термины» изменения незначительны, она по-прежнему представляет Ядро социальных представлений. Эта категория объединяет ассоциации, так или иначе связанные с медициной как областью знаний о болезни, исцелении, лечении. Медицинская информация и знания о COVID-19 остаются важными для общества. Это также может свидетельствовать о повышенной тревоге в отношении COVID-19 и стремлении людей защитить себя через накопление информации о болезни. Тревога стимулирует потребность в поиске информации для уменьшения неопределённости ситуации. Вероятно, использование и поиски понимания медицинских терминов создают ощущение контроля над ситуацией, повышают уверенность в возможности защититься от вируса, снизить риски заражения и тяжёлого течения болезни.

- категория «Симптомы» увеличивается от первого этапа исследования ко второму почти в два раза, по-прежнему оставаясь в Ядре; ассоциации, включённые нами в эту категорию, как явствует из названия, описывают разнообразные симптомы COVID-19, наблюдаемые респондентами. Последние по-прежнему остаются внимательными к физическим проявлениям COVID-19. Вместе с категорией «Медицинские термины» категория «Симптомы» формирует рациональную составляющую Ядра СП.

- категория «Отношение и эмоции» (описывает отношение респондентов к COVID-19, а также прямо названные негативные эмоции) остаётся примерно на том же уровне по частоте использования респондентами, формируя эмоциональную составляющую Ядра социальных представлений о COVID-19. Присутствие этой категории и во втором исследовании осени 2023 года в Ядре говорит о том, что пандемия COVID-19 продолжает вызывать сильные эмоциональные реакции и влиять на отношение людей к миру. Это может свидетельствовать о продолжающихся стрессе и тревоге, связанных с пандемией. COVID-19 продолжает воздействовать на эмоциональное состояние людей и определять их стремление к пониманию и осведомлённости. Это подчеркивает важность продолжения информационных кампаний по COVID-19.

- категория «Негативные ассоциации» (объединяет ассоциации, в которых респонденты перечисляют эмоционально нагруженные различные явления их жизни, обусловленные COVID-19) уходит из Ядра, перемещаясь в квадрат 3 (Область 3) структуры социальных представлений, которая объединяет ассоциации, демонстрирующие внешнее влияние, например, средств массовой информации. Хотя негатив-

ные ассоциации с COVID-19 и остаются важными, они стали менее устойчивыми или общепринятыми. Вместо этого они могут быть более подвержены изменениям в ответ на внешние воздействия, такие как новости или политические меры. Это может свидетельствовать о начале процесса переосмысления пандемии в обществе, хотя этот процесс еще очень далек от завершения.

Таким образом, структура самого Ядра социальных представлений о COVID-19 меняется, но не очень значительно, увеличивая рациональную составляющую, уменьшая эмоциональную.

Квадрат 2 (Область 2), как указывают исследователи, указывает на возможное направление развития социальных представлений [Бовина, 2011; 2020; Empirical approaches to social representations, 1993]. Мы видим, что основные категории, входившие сюда в исследовании 2021 года, «Мистификация» и «Сопротивление», остаются здесь и в исследовании 2023 года, ещё раз подтверждая наш вывод о стабильности структуры социальных представлений.

Категория «Мистификация» объединяет ассоциации со значением «намеренного введения в заблуждение», а также конспирологического характера. Наличие ассоциаций с указанным значением является свидетельством по-прежнему высокой степени неопределённости ситуации с COVID-19, и, как следствие, потребности респондентов-россиян в применении психологических компенсаторных механизмов, восстанавливающих ощущение контроля в ситуации глобального кризиса.

Категория «Сопротивление» также остаётся в ближней Периферии, лишь незначительно уменьшаясь в количестве; таким образом, по-прежнему актуальны реакции резкого неприятия ситуации с вирусом COVID-19, психического сопротивления респондентов. Небольшие изменения в этой Области (Квадрат 2) связаны с перемещением сюда из Периферии 2 двух категорий – «Характеристики ковида» и «Новый образ жизни». Это может быть связано с тем, что с течением времени и развитием медицинского понимания вируса, характеристики COVID-19 начинают становиться более стабильными и предсказуемыми в общественном восприятии.

Квадрат 3 в социальных представлениях, относящихся к зоне внешнего влияния, как правило, включает элементы, которые формируются под влиянием внешних источников, таких как СМИ, и могут быть более подвержены изменениям в ответ на новые информационные потоки.

Наличие категории «Архетипы» в этом квадрате может указывать на то, что общественное восприятие COVID-19 формируется, в частности, с помощью внутренних, глубоко укорененных образов и идей. Архетипы могут представлять собой универсальные образы или символы, которые люди используют для понимания и интерпретации ситуации пандемии. Например, COVID-19 может быть ассоциирован с архетипами «смерть» или «опасность», что отражает глубокие коллективные страхи и тревоги. Таким образом, присутствие категории «Архетипы» и в исследовании 2023 года в ближней Периферии демонстрирует и важность внешних информационных потоков для формирования коллективных страхов, настроений, образов, и актуальность глубинных мотивов и идей для трансформации социальных представлений о COVID-19.

Категория «Негативные социально-политические меры» также остаётся в квадрате 3 в исследовании 2023 года. Это может указывать на то, что люди по-прежнему занимают критическую позицию по отношению к тому, как общество и правительство реагируют на пандемию. Респонденты остро откликаются на новости и информацию, связанную с социально-политическими аспектами пандемии. Ассоциации этой категории могут включать в себя критику респондентами ограничительных мер («ограничение», «запрет», «изоляция»), политики вакцинации («крах медреформы»), недостатка информации («обман») и т.д.

Квадрат 4 структуры социальных представлений, по мнению исследователей, представляет индивидуальные характеристики респондентов и их ценности. Следует отметить, что этот квадрат (Область 4) претерпел наиболее значимые изменения в своей структуре: здесь появились 3 новые категории ассоциаций, в общем и целом, позитивного характера, названные нами «Нейтральные ассоциации», «Позитивные ассоциации», «Политика и влияние», а из структуры СП 2021 года осталась лишь одна категория – «Поддерживающее поведение».

Отсутствие кардинальных изменений в структуре социальных представлений о COVID-19 в исследовании 2023 года может быть объяснено несколькими факторами:

7. дефицитом информированности: снижение потока информации в СМИ о COVID-19 поддерживает высокий уровень тревоги и неопределенности в отношении вируса COVID-19, тормозит процессы корректировки взглядов и трансформации социального представления;
8. эмоциональной значимостью: COVID-19 имеет сильное эмоциональное влияние, вызывая страх, тревогу, чувство неопределенности и другие сильные эмоции. Это может усиливать устойчивость соответствующих социальных представлений;
9. продолжительностью пандемии: пандемия COVID-19 является продолжительным событием, которое оказывает глубокое влияние на жизнь людей на протяжении длительного времени. Это может привести к тому, что представления о ней становятся устойчивыми и слабо поддаются изменениям;
10. социальной инерцией: сообщества имеют тенденцию сохранять стабильность своих взглядов и убеждений, даже когда статистические данные или условия меняются. Это явление иногда называют социальной инерцией.

Таким образом, отсутствие кардинальных изменений в структуре социальных представлений о COVID-19 в исследовании 2023 года может свидетельствовать о том, что пандемия продолжает оставаться важным и значимым элементом общественного сознания, независимо от изменения статистических показателей (Избыточная смертность в России. Статистика, 2021; Статистика..., 2023;).

Снижение организационного и информационного внимания к COVID-19 может быть рискованным, поскольку люди все еще ощущают важность и влияние этого вируса на их жизнь. Снижение внимания к вопросу со стороны общества и правительства может привести к определённого рода суждениям россиян, что проблема не принимается всерьёз, что, в свою очередь, может вести к снижению доверия к организациям и информационным источникам.

Поэтому, несмотря на улучшение статистики заболеваемости и смертности по COVID-19, решение о снижении внимания к данной проблеме должно быть основано на широком спектре факторов, включая психологические и социальные аспекты.

2. Реальная и модельная динамика COVID-19

Задача описанного ниже исследования: на основе динамики эпидемии С-19 для ряда регионов РФ и стран – построение стохастической модели, расширяющей классическую SIR-модель добавлением вирусных мутационных инноваций двух типов [Грачёв и др., 2022]. Качественное сравнение разброса динамики по странам и по времени для одной страны проводилось с использованием корреляционных функций рядов в целом и для их отрезков.

На рис. 1 и 2 представлена реальная динамика эпидемии COVID-19 для г. Москва и случайно выбранного региона РФ. Она не дают оснований утверждать, что эпидемия заканчивается. Однако очевидно и сохранение ее масштабов, её значимости, что прежде всего связано со случайным характером реализаций временного ряда.

Более убедительную оценку обоснованности (или необоснованности) наших ожиданий улучшения динамики эпидемии COVID-19 после омикрон-волны мы можем получить сравнением более устойчивых интегральных характеристик типа автокорреляционной функции, используя что-то вроде эргодической гипотезы.

Рабочая схема сравнения выглядит следующим образом.

1) мы строим двухтриггерную мутационную модель эпидемии COVID-19 для г. Москвы и других субъектов (представленных выше);

2) вычисляем автокорреляционные функции для начального отрезка эпидемии COVID-19 до омикрон-волны и для всего временного интервала;

3) сравниваем автокорреляционные функции для этих временных интервалов с учётом разброса цифровых модельных оценок, полученных по двухтриггерному мутационному обобщению SIR [Грачёв и др., 2022].

Некоторые результаты реальных и цифровых экспериментов представлены рис. №№ 3–8

Группа рис. 3, 4, 5 позволяет оценить отклонение автокорреляционной функции для одного субъекта (Москва), в начальной стадии и за весь период наблюдений, с отклонением в фиксированный момент времени для двух регионов, то есть двух случайных реализаций временного ряда в фиксированный интервал времени. Оснований считать, что кривые значительно отличаются, нет.

Группа рисунков 6, 7, 8, фиксирующая аналогичную экспериментальную ситуацию, но для корреляций между динамикой заболеваний и выздоровлений, также не обнаруживает значимых отличий функции для начального этапа и всего временного интервала, а следовательно, значимого изменения течения болезни.

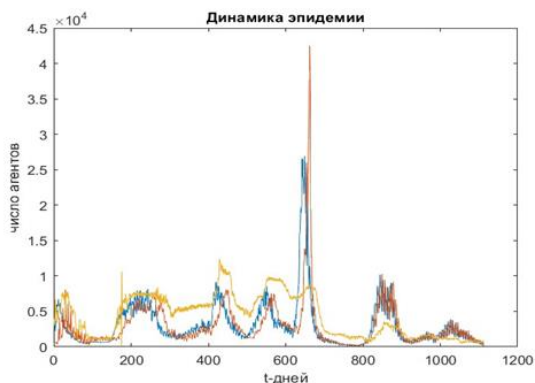


Рисунок 3. Москва, 12 05 2023.
Обозначения: синяя линия – заболевшие, красная – выздоровевшие, жёлтая – умершие (источник: сделано авторами).

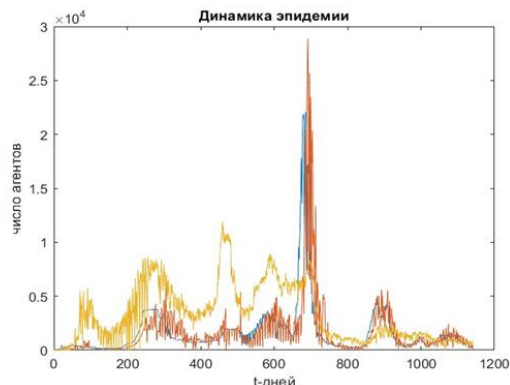
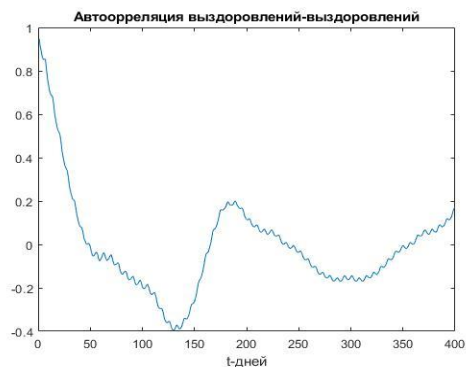
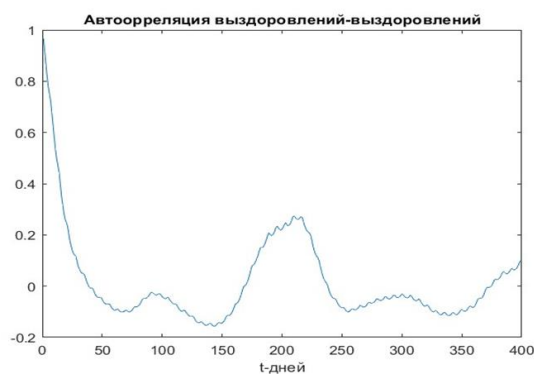


Рисунок 4. Санкт-Петербург, 12 05 2023.
Обозначения: синяя линия – заболевшие, красная – выздоровевшие, жёлтая – умершие (источник: сделано авторами).

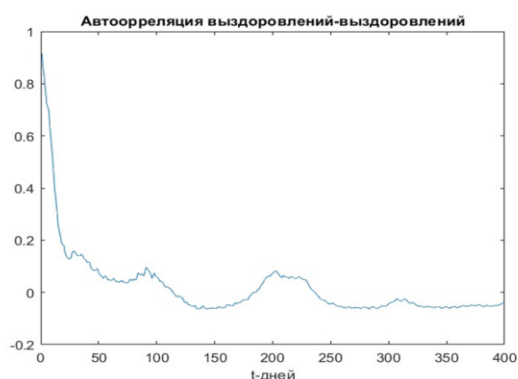
Сравнительный анализ реальных и модельных оценок не позволяет пока считать обоснованными надежды на уменьшение угроз от COVID-19. К этому следует добавить, что этот вирус, который пробует все инновационные стратегии при нападении на людей, ещё не использовал самый опасный вариант – одновременное обнуление иммунитета, рост заразности, рост летальности. Экспериментальные факты, модельные оценки показывают, что сохранение начального уровня психологической настороженности людей к будущему COVID-19 адекватно реальности, что следует учесть и на уровне управления, в частности, на информационном поле.



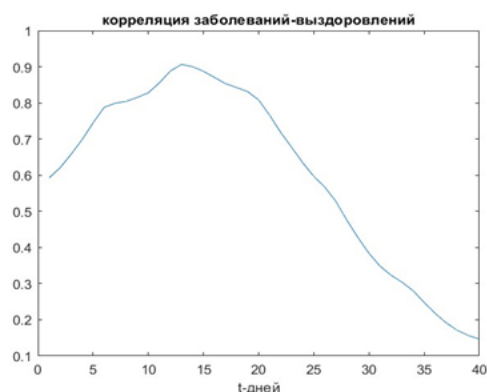
**Рисунок 5. Автокорреляция выздоровлений 400
Москва, 11 11 2021
(источник: сделано авторами).**



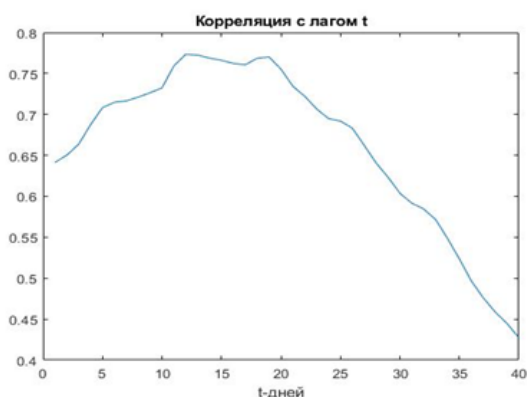
**Рисунок 6. Автокорреляция выздоровлений 400
Москва 12 05 2023
(источник: сделано авторами).**



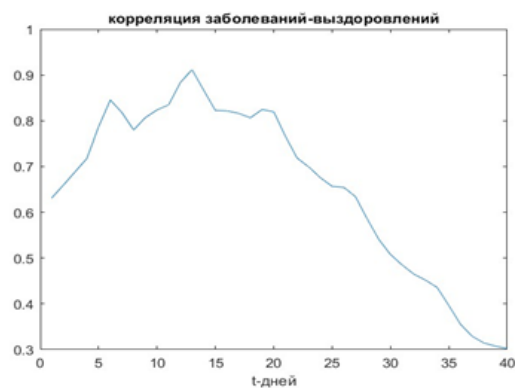
**Рисунок 7. Автокорреляция выздоровлений 400,
Сахалин, 12 05 2023
(источник: сделано авторами).**



**Рисунок 8. Корреляция с лагом между заболевшими
и выздоровевшими, Москва, 12 05 2023
(источник: сделано авторами).**



**Рисунок 9. Корреляция с лагом
между заболевшими и выздоровевшими,
Москва, 04 11 20 21
(источник: сделано авторами).**



**Рисунок 10. Корреляция с лагом
между заболевшими и выздоровевшими,
Санкт-Петербург, 12 05 2023
(источник: сделано авторами).**

Заключение

На основе динамики эпидемии COVID-19 для ряда регионов РФ и стран построена стохастическая модель, расширяющая классическую SIR-модель добавлением вирусных мутационных инноваций двух типов, формализуемых в виде случайно периодических триггеров, скачком меняющих параметры иммунитета и заразности. Экспериментально подобраны параметры модели, позволяющие получать все реальные динамики стран и регионов как случайные реализации одной модели. Качественное сравнение разброса динамики по странам и по времени для одной страны проводилось с использованием корреляционных функций рядов в целом и для их отрезков. Весь набор реальных и цифровых экспериментов на данный момент не позволяет считать эпидемию COVID-19 завершённой.

Проведённый анализ социальных представлений респондентов о COVID-19 позволил выявить актуальные на соответствующий момент времени (осень 2021 года и весна 2023 года) категории слов-ассоциаций, осуществить сравнение структур социальных представлений о COVID-19, проследить динамику предмета исследования на протяжении почти полутора лет. Психологические исследования подтверждают, что, в отличие от информпространства, реальные люди демонстрируют более адекватный изменяющимся ситуациям подход и относятся к COVID-19 так же серьёзно, как и в начале эпидемии, что следует учесть при разработке управленческих решений.

Литература

1. Бовина И.Б. Стратегии исследования социальных представлений // Социологический журнал. 2011. № 3. Стр. 5-23.
2. Бовина И.Б., Дворянчиков Н.В., Мельникова Д.В., Лаврешкин Н.В. К вопросу об исследовании социальных представлений: взгляд со стороны // Социальная психология и общество. 2022. Том 13. № 3. С. 8—25. DOI: <https://doi.org/10.17759/sps.2022130302>.
3. Бовина И.Б., Дворянчиков Н.В. Человек в цифровом обществе: объяснительный потенциал одной социально-психологической теории // Психология и право. 2020. Том 10. № 3. С. 143-157.
4. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс] / Вспышка коронавирусной инфекции Covid-19 – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.
5. Грачёв И.Д., Грачёв Д.И., Ларин С.Н., Ноакк Н.В. Моделирование развития пандемии Covid-19 с учетом разной волновой динамики на примере города Москвы // Экономика и предпринимательство, 2022. №6. С. 540-546. DOI: <https://doi.org/10.34925/EIP.2022.143.6.100>
6. Грачёв И.Д., Грачёв Д.И., Ларин С.Н., Ноакк Н.В. Оценка экономических результатов различных вариантов карантинных с использованием комбинированной цифровой экономико-эпидемической модели // Экономика и предпринимательство, 2020. Вып.14. №2(115). С.902-909. <https://doi.org/10.34925/EIP.2020.115.2.182>
7. Грачёв И.Д., Ноакк Н.В., Волкова А.Д. Цифровая модель квазипериодической динамики эпидемии Covid-19 // Цифровая экономика. № 4(16). 2021. Стр.55-64. DOI: 10.34706/DE-2021-04-04
8. Избыточная смертность в России Статистика 2021 (данные оперштаба) <https://gogov.ru/articles/natural-increase/excess-mortality>
9. Ноакк Н.В., Волкова А.Д. Анализ динамики социальных представлений о Ковид-19 с использованием методики структурного анализа П. Вержеса // Цифровая экономика. № 1. 2023 (в печати)
10. Moscovici S. The phenomenon of social representations // Social representations / Ed. by R.M. Farr, S. Moscovici. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. P. 3–69.
11. Vergès, P. (1992) L'Evocation de l'argent: une méthode pour la définition du noyau central d'une représentation / P.Vergès // Bulletin de psychologie. Tome XLV. No 405. – P. 203–209.

References in Cyrillics

1. Bovina I.B. Strategii issledovanija social'nyh predstavlenij // Sociologicheskij zhurnal. 2011. № 3. Str. 5-23.
2. Bovina I.B., Dvorjanchikov N.V., Mel'nikova D.V., Lavreshkin N.V. K voprosu ob issledovanii social'nyh predstavlenij: vzgljad so storony // Social'naja psihologija i obshhestvo. 2022. Tom 13. № 3. С. 8—25. DOI: <https://doi.org/10.17759/sps.2022130302>.
3. Bovina I.B., Dvorjanchikov N.V. Chelovek v cifrovom obshhestve: ob#jasnitel'nyj potencial od-noj social'no-psihologicheskoy teorii// Psihologija i pravo. 2020. Tom 10. № 3. S. 143-157.
4. Vsemirnaja organizacija zdravoohranenija [Jelektronnyj resurs] / Vspyshka koronavirusnoj infekcii Covid-19 – Rezhim dostupa: <https://www.who.int/ru/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.
5. Grachjov I.D., Grachjov D.I., Larin S.N., Noakk N.V. Modelirovanie razvitija pandemii Covid-19 s uchetom raznoj volnovoj dinamiki na primere goroda Moskvy // Jekonomika i predprinimatel'-stvo, 2022. №6. S. 540-546. DOI: <https://doi.org/10.34925/EIP.2022.143.6.100>
6. Grachjov I.D., Grachjov D.I., Larin S.N., Noakk N.V. Ocenka jekonomicheskikh rezul'tatov razlich-nyh variantov karantinov s ispol'zovaniem kombinirovannoj cifrovoj jekonomiko-jepidemiceskoy modeli // Jekonomika i predprinimatel'-stvo, 2020. Vyp.14. №2(115). S.902-909. <https://doi.org/10.34925/EIP.2020.115.2.182>
7. Grachjov I.D., Noakk N.V., Volkova A.D. Cifrovaja model' kvaziperiodicheskoy dinamiki jepide-mii Covid-19//Cifrovaja jekonomika. № 4(16). 2021. Str.55-64. DOI: 10.34706/DE-2021-04-04

8. Izbytochnaja smernost' v Rossii Statistika 2021 (dannye opershtaba)
<https://gogov.ru/articles/natural-increase/excess-mortality>
9. Noack N.V., Volkova A.D. Analiz dinamiki social'nyh predstavleij o Kovid-19 s ispol'zo-vaniem metodiki strukturnogo analiza P. Verzhesa// Cifrovaja jekonomika. № 1. 2023 (v pechati)

Сетевые ресурсы

1. Статистика распространения коронавируса в России. 2023 <https://coronavirus-monitor.info/country/russia>
2. COVID-19: Statistics. (n.d.). Retrieved from https://yandex.ru/covid19/stat?utm_source=main_graph&utm_source=main_notif&geold=225.
3. Empirical approaches to social representations / Ed. by G.M. Breakwell, D.V. Canter. Oxford: Oxford University Press, 1993.

*Ноакк Наталия Вадимовна – к.психол.н., ведущий научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук г. Москва, Россия.*

ORCID 0000-0001-8696-5767

n.noack@mail.ru

*Волкова Анастасия Дмитриевна – младший научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки*

Центральный экономико-математический институт

Российской академии наук г. Москва, Россия

SPIN РИНЦ: 1470-2650

ORCID: 0000-0002-4216-9328

volkova.nst@mail.ru

Грачев Иван Дмитриевич – д.э.н., к.ф.-м.н., главный научный сотрудник

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Центральный экономико-математический институт Российской академии наук г. Москва, Россия;

ORCID 0000-0003-1815-5898

idg@mail.ru

Костина Татьяна Анатольевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Центральный экономико-математический институт Российской академии наук г. Москва, Россия

kostina1@yandex.ru

Ключевые слова

эпидемия Covid-19, моделирование квазипериодичности, инновации двух типов, двухтриггерное обобщение SIR-модели, среднесрочный прогноз Covid-19 для Москвы.

Natalia Noack, Anastasia Volkova, Ivan Grachev, Tatiana Kostina, Psychological, real, and model COVID-19 dynamics

Keywords

Covid-19 epidemic, quasi-periodicity modeling, two types of innovations, two-trigger generalization of the SIR model, Covid-19 medium-term forecast for Moscow

DOI: 10.34706/DE-2023-03-04

JEL classification: C61 – методы оптимизации, модели программирования, динамический анализ

Abstract.

The COVID-19 epidemic has had a huge impact on the population, economy, social sphere and mental state of the population of most countries. For 2-2.5 years, there has been adequate, and sometimes hyperbolized attention to this problem in the field of management and in the information field. However, after the amplitude omicron wave, this attention was almost zeroed out, without proper factual and psychological grounds. It seemed necessary to evaluate the actual results of COVID-19 to date, to build probabilistic forecasts that would allow us to assess the admissibility of such a drastic weakening of attention to the problem of COVID-19 and the dynamics of the mental reflection of the epidemic by ordinary agents, which was the essence of this interdisciplinary work.

1.5. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА В СТРУКТУРИРОВАННОМ ТЕКСТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАММАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Ночевной Д.С.¹Бессмертный, И.А.¹, Клименков С.В.¹

¹Национальный исследовательский университет ИТМО

В данной статье рассматривается применение специально разработанных регулярных выражений для извлечения словоформ, а также семантических отношений, полученных из структурированных и слабоструктурированных источников, рассматриваются основные элементы семантической сети (концепты, лексемы, словоформы, отношения и атрибуты), а также основные типы связей между элементами. Новизну исследования составляет применение регулярных выражений не к символам, а к лексемам. Приводится классификация методов для автоматизированного извлечения семантических связей из текста. Представлено сравнение производительности разработанного алгоритма и утилиты «dger» с точки зрения количества квантификаторов, входящих в шаблоны для поиска.

Введение

Одним из ключевых элементов систем автоматической обработки текста являются онтологии, или тезаурусы. Обычно в этом качестве используются онтологии, или тезаурусы, построенные на базе тех или иных словарей. Общим недостатком таких онтологий является отсутствие специализированных терминов, специфичных для данной предметной области [Письмак, 2016]. Поэтому всегда актуальной является проблема дополнения существующей онтологии узлами из внешних источников.

С повышением производительности средств вычислительной техники, увеличением объема хранимой информации появилась возможность хранить и обрабатывать гигантский объем накопленной человечеством информации в электронном виде [Клименков, 2020]. Часто эти данные представлены как неструктурированные или слабоструктурированные данные в виде текстов. Важным средством представления и хранения знаний стали семантические сети. Для хранения структурированной информации широко используются разнообразные базы данных. Подходы к проектированию баз данных и реляционная алгебра хорошо изучены многочисленными исследователями. Однако сама задача извлечения информации из текстов и осуществление ее долгосрочного и эффективного хранения в виде базы данных является все более широко востребованной [Карташов, 2018].

Учеными в данной области уже разработаны несколько способов извлечения семантических связей из текстов на естественном языке. Например, Винстон, Чаффин и Герман [Winston, 1987] предложили исчерпывающий список языковых конструкций, позволяющих выделить такие связи. Аусеннак-Гиллес и другие [Aussenac-Gilles, 2009] рассмотрели способы извлечения подобных отношений из структурированных документов в формате XML. Давальцу и другие [Davulcu, 2003] ученые также занимались поиском таких отношений на веб-страницах. Миколов [Mikolov, 2013] предложил использование нейронной сети для нахождения синонимов.

Однако все перечисленные методы не позволяют достичь приемлемой точности и полноты, поэтому предметом данного исследования стало извлечение семантических связей из структурированных текстов с учетом грамматических признаков слов, а в качестве объекта исследования можно выделить семантические сети и их поддержание в актуальном состоянии. Целью работы стало расширение существующих онтологий, а также восстановление отсутствующих связей, а именно – меронимии, описывающей связь «часть-целое» [Письмак, 2016].

Из имеющихся исходных данных и цели были выявлены задачи, требующие решения:

- поиск различных текстовых блоков с помощью регулярных выражений с учетом грамматической информации;
- анализ блоков;
- добавление узлов и связей в исходную онтологию.

Онтологии и семантические сети

Онтология – значимые знания в какой-либо области, представленные в виде удобной структуры данных. Семантическая сеть – это ориентированный граф, узлами которого являются понятия (или смысловые значения), а ребрами – отношения между ними [Письмак, 2016]. Для любой онтологии критически важной является актуальность ее содержимого, а для поддержания ее в актуальном состоянии необходимо вооружиться методами регулярного дополнения и обновления онтологии.

В общем смысле онтология или семантическая сеть состоит из множества смысловых понятий, или концептов, связанных между собой семантическими отношениями, или связями. Концепты и связи могут иметь свойства или атрибуты, характеризующие их. Концепты, связи и атрибуты образуют структурный компонент семантической сети. Кроме этого, концепты, связи и атрибуты могут иметь экземпляры, образующие информационный компонент семантической сети. К информационному компоненту также относятся связанные с концептами леммы (канонические формы лексем), предназначенные для

образования множества словоформ, и глоссы (текстовые словарные определения соответствующего концепту понятия) [Клименков, 2020].

Рассмотрим подробнее следующие лингвистические единицы: лексемы, словоформы и «сенсы» (от английского «sense» – смысл, значение) [Письмак, 2016]. Лексема представляет собой какое-либо слово во всех возможных формах, а именно – в единственном и во множественном числе, а также в различных склонениях, родах или падежах в зависимости от части речи.

Словоформа – это конкретная форма слова [Письмак, 2016]. Для существительных словоформой будет слово в определенном числе и падеже. В качестве примеров словоформ можно привести следующие: «дерево», «деревья», «дереву», «деревьям», «деревом» и так далее. Очевидно, что лексема – это множество или агрегация всех соответствующих ей словоформ. Приведенные в примере выше словоформы можно объединить одной лексемой «дерево».

В то же время с каждой словоформой можно соотносить один или более «сенов» – значение этой словоформы в данном контексте. Ярким примером наличия множества «сенов» является словоформа «ключ», которая имеет, по крайней мере, 3 смысла в зависимости от использования в тексте: водный источник, ключ от замка или выключатель в электрической цепи. Каждый из этих смыслов является «сеном», или смыслом словоформы.

Между лексемами в онтологии устанавливаются следующие основные семантические отношения [Cederberg, 2003]:

- синонимия (слова одной части речи, равные или близкие по значению, например, «радость/веселье», «луна/месяц»);
- антонимия (слова, имеющие противоположное значение, например, «белый/черный», «ночь/день»);
- гипонимия/гиперонимия (отношение частное-общее, например, «вода/жидкость», «дуб/дерево»; гипоним наследует все свойства гиперонима, это отношение является центральным отношением для описания существительных);
- меронимия (отношение часть-целое, в качестве примеров можно привести «двигатель/автомобиль», «комната/квартира»).

Меронимические связи, в свою очередь, подразделяются на следующие подтипы: связь «коллекция-элемент», связь «агрегат-элемент», связь «компонит-элемент» [Клименков, 2020].

В рамках исследования была составлена классификация существующих способов извлечения семантических отношений из текста.

Рассмотрим основные группы методов, основанные на:

- шаблонах (поиск в тексте информации, соответствующей одному из шаблонов, описывающих связь, например ЦЕЛОЕ «содержит» ЧАСТЬ [Winston, 1987] [Pismak, 2020];
- анализе объектной модели документа и форматирования текста (часто вложенные и родительские элементы обладают семантической связью) [Davulcu, 2003] [Aussenac-Gilles, 2009] [Thompson, 1968];
- машинном обучении (ярким примером этой категории является Word2vec [Mikolov, 2013], в котором использована нейронная сеть для составления списка наиболее вероятных синонимов для данного слова).

К сожалению, все перечисленные подходы являются узконаправленными и не могут полностью решить задачу добавления специализированных терминов в онтологию.

Исходя из рассмотренных материалов, была выдвинута гипотеза, что грамматические свойства структурированного текста могут быть использованы для улучшения поиска с использованием шаблонов.

Регулярные выражения для извлечения словоформ

Поскольку уже существующая онтология состоит из узлов и связей для русского языка, то и тексты для ее дополнения необходимо было найти на русском языке. В качестве входных данных для работы данного алгоритма был использован национальный корпус текстов русского языка (а именно его синтаксически размеченный подкорпус «СинТагРус»), который распространяется бесплатно по запросу для научных исследований.

В этом корпусе имеется более 600 текстов на различные темы, причем каждый текст состоит из сотен размеченных предложений. Корпус состоит из множества XML-файлов. Структура каждого файла подразумевает наличие информации об авторе, редакторе, дате создания и изменения текста, а также о его названии. Вся эта информация находится внутри двойного тега `<inf>...</inf>`. Далее, внутри тегов `<body>...</body>` перечисляются предложения (в тегах `<S>...</S>`) и отдельные слова с синтаксической разметкой (в тегах `<W>...</W>`). Для обработки документов в таком формате был разработан читатель на языке Python. Для каждой словоформы указаны часть речи и множество других признаков. Например, для существительных указывается число, род, одушевленность и падеж. Именно существительные и были выбраны для нашего исследования, поскольку связь «меронимия» может иметь место только между двумя существительными.

Как отмечают авторы статьи о «Методы семантического уточнения для корпоративного поиска» [Pismak, 2020], поисковые системы являются обязательной частью любой цифровой среды в совре-

менных корпоративных системах. В общем случае такая задача выполняется в текстовом корпусе из документов с помощью методов грамматического полнотекстового поиска. Этот способ работы с набором документов позволяет удовлетворить поисковые запросы пользователей, предоставляя достаточно подходящие результаты. Тем не менее, не все результаты такого поиска будут релевантными запросу. Для того чтобы увеличить релевантность поиска, многие авторы предлагают использовать полный лингвистический анализ, основанный на использовании правил. Такой подход дает неплохие результаты, но в основном сводится к предопределенному набору поисковых запросов.

Эта проблема по-прежнему остается актуальной из-за количества данных, подлежащих обработке. Это особенно важно для корпоративных систем, где задача поиска подразумевает огромное количество документов, а также однородность предметной области.

Одним из возможных подходов к решению проблемы является использование дополнительного источника информации, позволяющего расширить знания об обрабатываемом запросе и применять их для поиска в документах базы данных.

Следует подчеркнуть, что в нашем случае имеется лингвистическая онтология, содержащая множество узлов и связей. В том числе у нас имеется возможность получить все возможные словоформы для выбранной смысловой единицы. Поэтому было предложено использовать данные знания для улучшения поиска по набору документов.

Если рассматривать работы авторов, посвященные работе с регулярными выражениями, то можно сделать вывод, что за последние 10–20 лет не произошло каких-либо принципиальных изменений. Один из общепринятых подходов предполагает построение однонаправленного графа для регулярного выражения. Впоследствии этот однонаправленный граф может быть преобразован в недетерминированный конечный автомат, который можно использовать для поиска заданного фрагмента в тексте. Описания данного алгоритма в общем виде приводятся в статьях Кена Томпсона [Thompson, 1968] и Рассы Кокса [Cox, 2007].

Одним из наиболее интересных аспектов работы регулярных выражений является построение однонаправленного графа для заданного выражения или создание недетерминированного конечного автомата на его основе.

Рассмотрим основные строительные блоки для этой задачи (рисунок 1). Отметим, что каждая вершина графа означает сопоставление с некоторой словоформой в тексте за исключением некоторых служебных вершин графа, которые служат для обработки квантификаторов, а также для выделения начала и конца графа. Соответственно, ребрами графа являются однонаправленные переходы между вершинами. Мы начинаем обработку графа из некоторой начальной служебной вершины. Далее, после обработки каждой вершины мы обязаны перейти в следующее состояние с помощью одного из возможных переходов (ребер графа). Это будет продолжаться до тех пор, пока мы не дойдем до специальной конечной вершины, не имеющей ни одного выходящего ребра. Это и будет означать, что регулярное выражение успешно сопоставлено с некоторым набором словоформ.

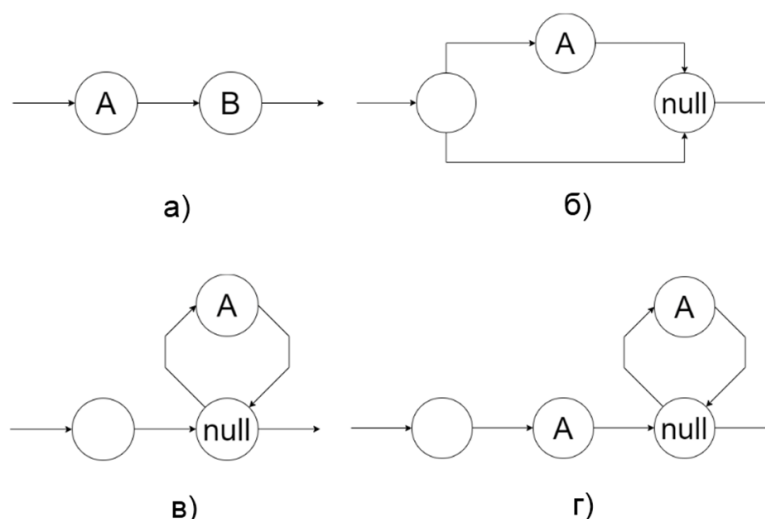


Рис. 1. Преобразование выражений во фрагменты недетерминированного конечного автомата: а) «AB» (неявная конкатенация), б) «A?» (квантификатор «0 или 1»), в) «A*» (квантификатор «0 или ∞»), г) «A+» (квантификатор «1 или ∞»)

Основные преобразования регулярного выражения в граф подразумевают следующие блоки, показанные на рисунке 1: неявная конкатенация, квантификатор «0 или 1», квантификатор «0 или ∞» и квантификатор «1 или ∞».

Таким образом, мы получаем все основные строительные блоки, включая блоки ветвлений и повторений для создания недетерминированного конечного автомата. На основе перечисленных выше блоков можно создать недетерминированный конечный автомат для выражения любой сложности.

Рассмотрим простые примеры для поиска одной словоформы заданного типа, а также примеры поиска меронимов и холонимов в текстах с помощью разработанной системы регулярных выражений. В наших выражениях мы можем использовать буквальный блок, смысловой блок, свободный блок, блок с описанием характеристик объекта (таблица 1).

Таблица 1. Примеры выражений и их значений

Выражение	Значение выражения
«<экономика>»	Буквальный блок. Соответствует всем возможным словоформам заданной лексемы.
«{замок_2}»	Смысловой блок. Соответствует любой словоформе лексемы, имеющей заданный смысл («замок», «крепость», «дворец» и так далее).
«.»	Свободный блок. Соответствует любой словоформе независимо от части речи и других характеристик.
«[s;вин;ед]»	Характеристики. Соответствует существительным в винительном падеже и в единственном числе.
«[a].*[s]»	Соответствует словосочетанию, состоящему из прилагательного и существительного, между которыми может быть неограниченное количество других словоформ.
«[s].*<включать> <в><себя>.*[s]»	Соответствует двум существительным (обозначаемым «[s]»), между которыми находятся лексемы «включать в себя». Пример недетерминированного конечного автомата для данного выражения представлен на рис. 2.
«[s].*<содержать>.*[s]»	Соответствует двум существительным, между которыми находится лексема «содержать».

А на рисунке 2 представлено преобразование сложного выражения, состоящего из нескольких блоков разного типа, в недетерминированный конечный автомат.

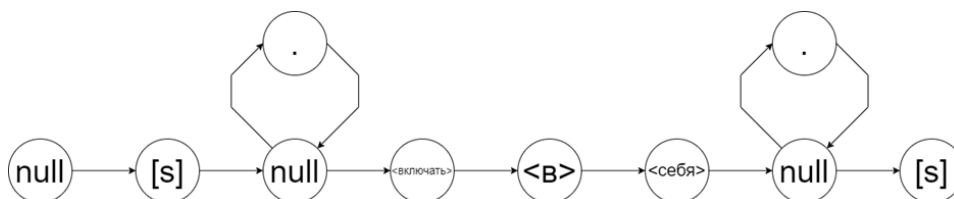


Рис. 2. Преобразование выражения «[s].*<включать><в><себя>.*[s]» в недетерминированный конечный автомат

Обработка шаблонов с использованием недетерминированных конечных автоматов позволяет использовать различные квантификаторы, так как при правильной реализации алгоритма увеличение количества элементов шаблона не будет приводить к значительному росту времени обработки.

Для того чтобы убедиться в корректности реализованного алгоритма, было предложено провести сравнение разработанного инструмента по времени выполнения поиска и команды «gper» (печать глобального регулярного выражения), доступной во многих операционных системах семейства Linux. Для сравнения были взяты выражения «a?naⁿ» и «aⁿnaⁿ». Здесь «a» – это буквальный блок, или литерал в случае команды «gper», а «n» – количество повторений блока, или литерала. Например, при n = 1 первое выражение будет представлено в виде «a?a», при n = 3 выражение будет представлено в виде «a?a?a?aaa» и так далее. При увеличении количества повторений «n» от 1 до 50 можно проследить степень увеличения времени выполнения поиска по шаблону.

На рисунках 3 и 4 представлены графики, на которых видно, что время выполнения поиска с использованием разработанного алгоритма отличается от поиска с использованием команды «grep» незначительно. Таким образом, для разработанного алгоритма не проявляется экспоненциальный рост времени выполнения: его зависимость от длины шаблона линейна. Это наиболее заметно для выражения « $a^n a^n$ ».

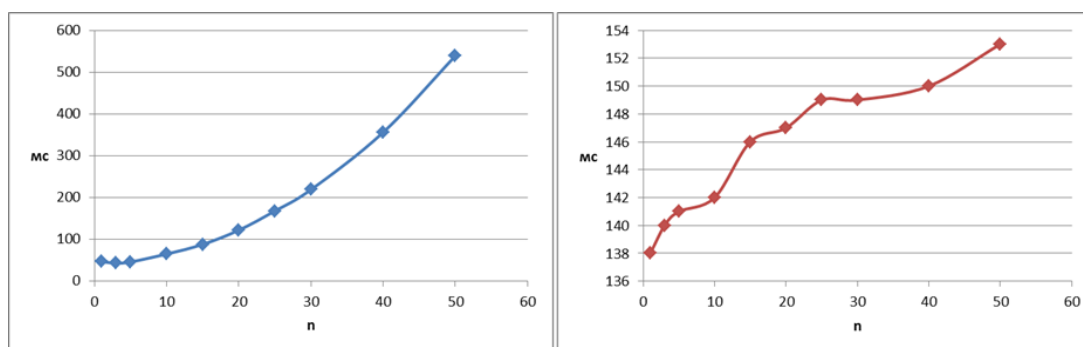


Рис. 3. График зависимости времени выполнения (в миллисекундах) поиска от количества элементов шаблона (n) для выражения « $a^n a^n$ » (синий график слева – «grep», красный график справа – разработанный алгоритм)

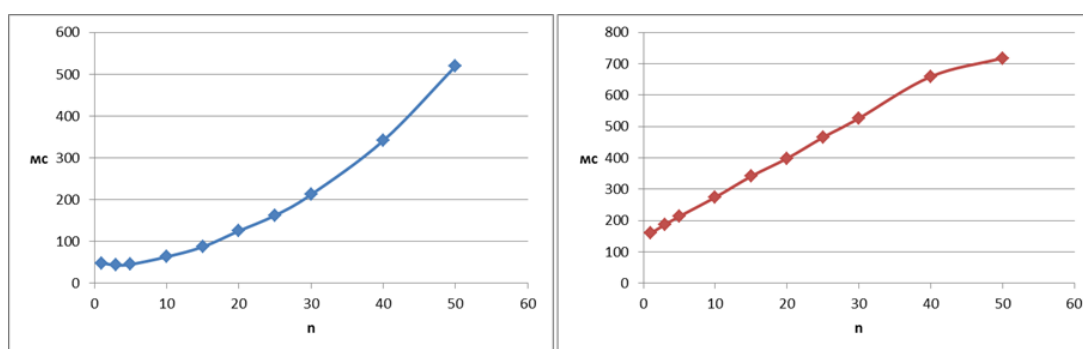


Рис. 4. График зависимости времени выполнения (в миллисекундах) поиска от количества элементов шаблона (n) для выражения « $a^n a^n$ » (синий график слева – «grep», красный график справа – разработанный алгоритм)

Заключение

Полученный результат подтвердил гипотезу о том, что грамматические признаки могут быть успешно использованы для извлечения требуемых словоформ и словосочетаний из структурированных текстовых документов.

В рамках проведенного исследования было разработано приложение для работы с шаблонами для поиска в тексте, но минимальной единицей обработки текста с помощью шаблонов стала словоформа, а не отдельный символ, как это сделано в случае с регулярными выражениями. Это позволило упростить работу с текстом для пользователей, знакомых со стандартными регулярными выражениями из различных языков программирования.

С помощью разработанных выражений удалось успешно найти заданные словосочетания, а также отдельные словоформы. Рассмотренные примеры показывают, насколько широким может быть применение механизма подобных выражений. Их можно использовать не только для обыкновенного поиска слов, но и для более сложных задач, таких как извлечение пар смысловых единиц, обладающих некоторой семантической связью. В частности, используя стандартные языковые конструкции, можно извлекать синонимы, антонимы, меронимы, холонимы, гипонимы и гиперонимы.

В дальнейшей научной работе планируется продолжение исследований по этой теме, а именно – внедрение постобработки полученных данных для извлечения семантических отношений.

Литература

1. Карташов О.О., Бутакова М.А., Чернов А.В., Костюков А.В., Жарков Ю.И. Средства представления знаний и извлечения данных для интеллектуального анализа ситуаций // Инженерный вестник Дона. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5421
2. Клименков С.В., Николаев В.В., Харитонов А.Е., Гаврилов А.В., Письмак А.Е., Покид А.В. Применение семантической сети для хранения слабоструктурированных данных // Инженерный вестник Дона. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6339

3. Письмак А.Е., Харитонов А.Е., Цопа Е.А., Клименков С.В. Метод автоматического формирования семантической сети из слабоструктурированных источников // Программные продукты и системы. 2016. №3. С. 74–78.
4. Aussenac-Gilles, N. and M. Kamel, 2009. Ontology Learning by Analyzing XML Document Structure and Content. KEOD, 9: 159–165.
5. Cederberg, S. and D. Widdows, 2003. Using LSA and Noun Coordination Information to Improve the Precision and Recall of Automatic Hyponymy Extraction. Proceedings of the seventh conference on Natural language learning at HLT-NAACL 2003-Volume 4, HLT-NAACL, pp: 111-118.
6. Cox R. Regular expression matching can be simple and fast (but is slow in java, perl, php, python, ruby,...) //URL: <http://swtch.com/rsc/regexp/regexp1.html>. – 2007.
7. Davulcu, H., S. Vadrevu and S. Nagarajan, 2003. Ontominer: Bootstrapping and populating ontologies from domain-specific web sites. IEEE Intelligent Systems, 18(5): 24-33.
8. Mikolov, T., K. Chen, G. Corrado and J. Dean, 2013. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. arXiv preprint arXiv:1301.3781, 3.
9. Pismak A. et al. Method of Semantic Refinement for Enterprise Search //KEOD. – 2020. – С. 307-312.
10. Thompson K. Programming techniques: Regular expression search algorithm //Communications of the ACM. – 1968. – Т. 11. – №. 6. – С. 419-422.
11. Winston, M.E., R. Chaffin and D.A. Herrmann, 1987. A taxonomy of part-whole relations. Cognitive science, 11(4): 417–444.

References in Cyrillics

1. Kartashov O.O., Butakova M.A., Chernov A.V., Kostyukov A.V., Zharkov YU.I. Sredstva predstavleniya znaniy i izvlecheniya dannyh dlya intellektual'nogo analiza situacij // Inzhenernyy vestnik Dona. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5421
2. Klimenkov S.V., Nikolaev V.V., Haritonova A.E., Gavrilov A.V., Pis'mak A.E., Pokid A.V. Primenenie semanticheskoy seti dlya hraneniya slabostруктуриrovannyh dannyh // Inzhenernyy vestnik Dona. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6339
3. Pismak A.E., Haritonova A.E., Copa E.A., Klimenkov S.V. Metod avtomaticheskogo formirovaniya semanticheskoy seti iz slabostруктуриrovannyh istochnikov // Programmnye produkty i sistemy. 2016. №3. С. 74-78.
4. Aussenac-Gilles, N. and M. Kamel, 2009. Ontology Learning by Analyzing XML Document Structure and Content. KEOD, 9: 159-165.
5. Cederberg, S. and D. Widdows, 2003. Using LSA and Noun Coordination Information to Improve the Precision and Recall of Automatic Hyponymy Extraction. Proceedings of the seventh conference on Natural language learning at HLT-NAACL 2003-Volume 4, HLT-NAACL, pp: 111-118.
6. Cox R. Regular expression matching can be simple and fast (but is slow in java, perl, php, python, ruby,...) //URL: <http://swtch.com/rsc/regexp/regexp1.html>. – 2007.
7. Davulcu, H., S. Vadrevu and S. Nagarajan, 2003. Ontominer: Bootstrapping and populating ontologies from domain-specific web sites. IEEE Intelligent Systems, 18(5): 24-33.
8. Mikolov, T., K. Chen, G. Corrado and J. Dean, 2013. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. arXiv preprint arXiv:1301.3781, 3.
9. Pismak A. et al. Method of Semantic Refinement for Enterprise Search //KEOD. – 2020. – С. 307-312.
10. Thompson K. Programming techniques: Regular expression search algorithm //Communications of the ACM. – 1968. – Т. 11. – №. 6. – С. 419-422.
11. Winston, M.E., R. Chaffin and D.A. Herrmann, 1987. A taxonomy of part-whole relations. Cognitive science, 11(4): 417-444.

Ключевые слова

Семантическая сеть, онтология, семантическая связь, мероним, холоним, регулярные выражения

*Ночевной Дмитрий Сергеевич,
аспирант факультета программной инженерии и компьютерной техники НИУ ИТМО,
182506@niuitmo.ru*

*Бессмертный Игорь Александрович,
профессор, доктор технических наук,
профессор факультета программной инженерии и компьютерной техники НИУ ИТМО,
bessmertny@itmo.ru*

*Клименков Сергей Викторович,
старший преподаватель факультета программной инженерии и компьютерной техники
НИУ ИТМО,
serge.klimenkov@cs.ifmo.ru*

D.S. Nochevnoy, I.A. Bessmertny, S.V. Klimenkov. Special expressions for searching in structured text using grammatical properties.

Keywords

Semantic network, ontology, semantic relation, meronym, holonym, regular expressions

DOI: 10.34706/DE-2023-03-05

JELclassification – C81 Методология сбора, оценки и организации микроэкономических данных, анализ данных; C82 Методология сбора, оценки и организации макроэкономических данных, анализ данных; C87 Эконометрическое программное обеспечение; D83 Поиск, обучение, информация и знания, взаимодействие, мнение, неосведомленность

Abstract

This article is devoted to the specially designed regular expressions for extracting word forms, as well as semantic relations obtained from structured and semi-structured sources, it contains description of the main elements of the semantic network (concepts, lexemes, word forms, relations and attributes), as well as the main types of relations between elements. The novelty of the research is the applicability of regular expressions not to symbols, but to lexemes. A classification of methods for automated extraction of semantic relations from text is given. Comparison of the performance of the developed algorithm and the utility “grep” is presented in terms of the number of quantifiers included in the search patterns.

1.6. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ДАННЫХ ИЗ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНОГО ЯЗЫКА ЗАПРОСОВ И ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ОНТОЛОГИИ

Ночевой Д.С.¹

¹Национальный исследовательский университет ИТМО

В данной статье рассматривается применение специального языка запросов для извлечения словосформ, полученных из слабоструктурированных источников, рассматриваются основные термины в области семантических сетей. В исследовании приводится обзор существующих программных продуктов для синтаксического анализа предложений в текстах на русском языке. Также представлено описание программной системы, позволяющей преобразовывать тексты на естественном языке в унифицированный формат и выполнять извлечение данных с помощью специального языка запросов и существующей лингвистической онтологии. Новизну исследования составляет использование «смысловых единиц» из лингвистической онтологии, обеспечивающих более высокое качество (пертинентность) извлечения требуемой информации. В качестве итога приведены результаты оценки точности и полноты разработанного алгоритма для извлечения данных.

Введение

Формализовать знания в определенной предметной области и систематизировать их для быстрого доступа всегда являлось важной и актуальной задачей. Во многих научных областях такие системы знаний принято использовать для того, чтобы помочь пользователям легко и оперативно получать требуемую информацию [Письмак, 2016].

Для построения современных онтологий всегда актуальным является извлечение семантически связанных слов из текста на естественном языке, поскольку текст наряду со словарями является одним из важнейших источников информации. Однако общим недостатком многих онтологий является отсутствие специализированных терминов, специфичных для данной предметной области.

Чаще всего онтологии дополняются специализированными терминами путем ручного занесения узлов и семантических связей. Но этот подход по определению является малоэффективным и весьма затруднительным, ведь создание онтологии достаточно большого объема и ее постоянная поддержка в актуальном состоянии требует больших трудозатрат. Очевидно, что ручной сбор данных для онтологий – это утомительная и громоздкая задача из-за очень большого объема этих данных и количества связей между ними. Более того, подобная деятельность требует глубокого знания предметной области. Вследствие этого факта, во множестве случаев полученный результат может не иметь требуемой точности и полноты.

Поэтому и существует проблема дополнения онтологий новыми узлами и связями, а значит, является также и проблема извлечения информации из слабоструктурированных источников.

Слабоструктурированные данные возникают, когда источник не налагает жесткую структуру и когда данные объединяются из нескольких гетерогенных источников [Карташов, 2018]. В отличие от традиционных хорошо структурированных данных, схема которых известна заранее, слабоструктурированные данные не имеют фиксированную схему. Они характеризуются наличием гибкой структуры, которая определяет их неоднородное содержание. Структура слабоструктурированных документов часто подразумевается, а не является жесткой или полной, как в случае традиционных баз данных.

Целью работы стало повышение качества (пертинентности) извлекаемой информации из слабоструктурированных источников. А в рамках поставленной цели были сформулированы задачи:

- анализ существующих программных модулей, позволяющих провести синтаксический разбор предложений для текстов на русском языке;
- разработка программного модуля для преобразования текстов на естественном языке в структурированный унифицированный формат;
- добавление в язык запросов поддержки использования семантической сети для извлечения данных с помощью «смысловых блоков» («смысловых единиц»).

Онтологии и семантические сети

В статье «Применение семантической сети для хранения слабоструктурированных данных» [Клименков, 2020] рассматривается структура существующей лингвистической онтологии. В общем смысле семантическая сеть состоит из множества смысловых понятий или концептов, связанных между собой семантическими отношениями или связями. Концепты и связи могут иметь свойства или атрибуты, характеризующие их. Концепты, связи и атрибуты образуют структурный компонент семантической сети. Кроме этого, концепты, связи и атрибуты могут иметь экземпляры, образующие информационный компонент семантической сети.

В предыдущем исследовании [Ночевой, 2022] приводится более подробное описание семантических сетей и их элементов, в том числе различные типы семантических отношений. Также в нём рас-

сматривается первая версия специального языка запросов и примеры выражений, содержащих все возможные типы блоков.

В рамках данного исследования используются предыдущие разработки, но теперь специальный язык запросов получил своё развитие, позволив сформировать целостную систему для осуществления поиска данных даже в слабоструктурированных источниках.

Обзор существующих решений для синтаксического разбора текста

В предыдущей работе [Ночевной, 2022] в качестве исходных данных был взят национальный корпус текстов русского языка, или, выражаясь более точно, его синтаксически размеченный подкорпус «СинТагРус».

Однако «СинТагРус» является относительно небольшим, и было решено поддержать поиск даже по слабоструктурированным файлам с текстом на естественном языке. Для преобразования текста на естественном языке в унифицированный формат, используемый для поиска в тексте информации с помощью специальных регулярных выражений, было предложено разработать конвертер на языке Java.

К счастью, существует немало готовых решений (программных модулей), позволяющих делать такие преобразования¹ [Мухамедиев, 2018]. Поэтому не было необходимости разрабатывать конвертер с нуля, а нужно было лишь выбрать наиболее подходящий по критериям и дополнить его работу необходимыми шагами. Рассмотрим существующие программные модули, позволяющие провести синтаксический разбор предложений для русского языка.

В числе критериев для выбора подходящего инструмента можно выделить применимость к текстам на русском языке, поскольку исходная онтология была сформирована именно на русском языке и в дальнейшем онтология будет полезна для получения дополнительных данных и построения более эффективных поисковых запросов. По данному критерию не подошли «MSTParser», «NLTK», «MBSP», «Pattern», «The Stanford Parser», «ZPar», «mate-tools».

Кроме того, немаловажным условием было то, что программный модуль должен иметь некоммерческую лицензию или, по крайней мере, лицензию, позволяющую использовать данный программный модуль для исследовательских и учебных целей. По данному критерию были исключены модули «Solarix», «ABBY Compeno», «AskNet», «DictaScope» и «Синтактико-Семантический Анализ Русского Языка».

Наконец, необходимо было обеспечить работу выбранного решения как на базе операционных систем Windows, так и на базе операционных систем Linux. При этом предполагалось, что в данном случае также подойдёт библиотека на языке Java или какой-либо программный интерфейс приложения (Application Programming Interface), позволяющий работать через один из популярных протоколов. При этом должен быть возможен локальный запуск, так как обращение к веб-сервису в интернете привело бы к значительным задержкам в работе. Критерий кроссплатформенности является немаловажным, поэтому он также заставил нас отсеять программные модули «ISPRAS API Texterra», доступный в виде веб-сервиса в интернете, и «ЭТАП-3», доступный только для операционных систем семейства Windows, а также «Link Grammar Parser», предоставляющий веб-сервис для анализа русского языка.

А теперь рассмотрим более подробно оставшиеся программные модули из списка: «AOT», «MaltParser», «AGFL» и «zamgi».

Проект «AOT»² является достаточно известным, однако бинарные дистрибутивы программ не поддерживаются с 2021 года. Можно было бы скомпилировать исходный код на языке C/C++ вручную под конкретную платформу, но с учетом трудозатрат было решено использовать другой программный модуль. Проект «AOT» – это российское ПО для решения задач обработки естественно-языковых текстов [Мухамедиев, 2018].

Проект «MaltParser» [Nivre, 2007] не обновляется уже длительное время, тем не менее, модели для разных языков поддерживаются энтузиастами, а для скачивания доступно всё необходимое: бинарные файлы, докер-образ и даже Java-библиотека. MaltParser³ — инструмент для работы с деревьями зависимостей. Он позволяет построить модель по размеченному корпусу и строить деревья для новых данных, основываясь на ней. Реализует несколько алгоритмов построения деревьев. Сергей Шаров подготовил всё необходимое для обработки русского языка от голого текста до получения дерева зависимостей с помощью MaltParser, попутно описав основные проблемы в работе с русским языком.

Проект «AGFL» (Affix Grammars over a Finite Lattice) [Koster, 2002] имеет свою страницу в интернете, однако не удалось загрузить какие-либо бинарные файлы для использования или исходный код. Система AGFL (Affix Grammar for Finite Lattice) – свободно распространяемое программное обеспечение для решения задач автоматической обработки текстов на естественном языке, использующее

¹Обработка текста – NLPub URL: https://nlpub.ru/Обработка_текста#Синтаксический_анализ (дата обращения 25.04.2023).

² AOT :: Главная // Автоматическая обработка текста URL: <http://aot.ru> (дата обращения 25.04.2023).

³ MaltParser — NLPub URL: <https://nlpub.ru/MaltParser> (дата обращения 25.04.2023).

формализм AGFL. Система была разработана на отделении Компьютерных исследований Университета Неймеген (Нидерланды) под руководством К. Костера [Азарова, 2003].

Проект «Zamgi»⁴ также является достаточно интересным, поддерживающим русский язык, а также кроссплатформенным, однако реализован на языке C#, поэтому не подходит, ведь исходный код, отвечающий за преобразование текстов в унифицированный формат, реализован на языке Java. NER-ru – сервис, созданный человеком или группой под псевдонимом Zamgi на сайте GitHub [Мухамедиев, 2018].

Поэтому итоговый выбор был сделан в пользу инструмента «MaltParser», поскольку его использование возможно локально, без какого-либо подключения к внешним сервисам в интернете. Кроме того, достаточно удобным в данном случае является наличие библиотеки на языке Java. Нужно лишь загрузить обученные модели и разместить их в правильном месте на диске, чтобы можно было использовать токенизацию и синтаксический анализ непосредственно в исходном коде конвертера текстовых документов в требуемый унифицированный формат.

Разработка модуля для преобразования текстов и извлечения данных

В рамках данного исследования был разработан конвертер на языке Java для преобразования текста на естественном языке в унифицированный формат, используемый для поиска в тексте информации с помощью специальных регулярных выражений.

Собственно, на рисунке 1 видно, что модуль программы «Конвертер текста» в качестве основного элемента включает в себя модуль «MaltParser». В данном случае было решено подключить модуль «MaltParser» в программу в виде библиотеки на языке Java. Эта библиотека является так называемой «программной обёрткой», которая инкапсулирует в себе работу с обученной моделью для преобразования передаваемых предложений в токены и их классификации. То есть для корректной работы данного модуля необходимо иметь доступ к токенизатору и синтаксическому анализатору.

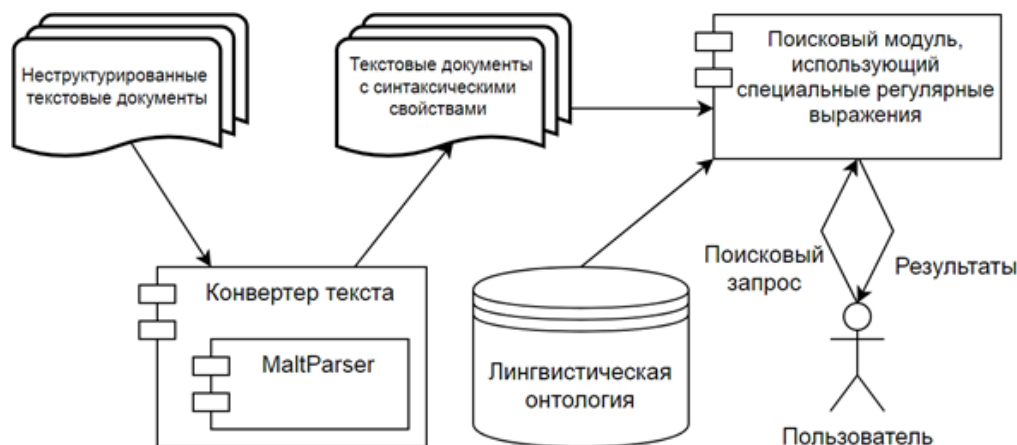


Рис. 1. Преобразование текста на естественном языке в формат, удобный для поиска

Рассмотрим также один пример запроса с использованием специальных регулярных выражений, отличающийся наличием обращений к лингвистической онтологии. Подобные обращения могут потребоваться, когда мы ищем данные с помощью так называемых «смысловых единиц», или «сенсов».

На рисунке 2 представлен поисковый запрос с использованием двух «смысловых единиц» – «здание_1» и «жилище_1». Соответственно, каждая из этих смысловых единиц может быть представлена в тексте в виде множества словоформ, означающих заданный смысл. Например, «здание_1» в тексте может быть выражено лексемами «строение», «дом», «здание», «постройка» и другими. При этом напомним, что лексема – это множество словоформ одного и того же слова, но в различных формах. Например, это может быть существительное в разных падежах.

Результатом выполнения запроса на рисунке 2 могут быть следующие предложения, при этом жирным шрифтом выделены ключевые словоформы, соответствующие заданным «смысловым единицам».

- В этом **доме** есть четыре жилые **комнаты**, а также кухня, гостиная и другие.
- Это **здание** имеет несколько складских **помещений**, используемых в основном для хранения электронной техники.

⁴ GitHub – zamgi/lingvo--Syntax-ru: Определение синтаксических ролей слов в предложении в тексте на русском языке URL: <https://github.com/zamgi/lingvo--Syntax-ru> (дата обращения 25.04.2023).

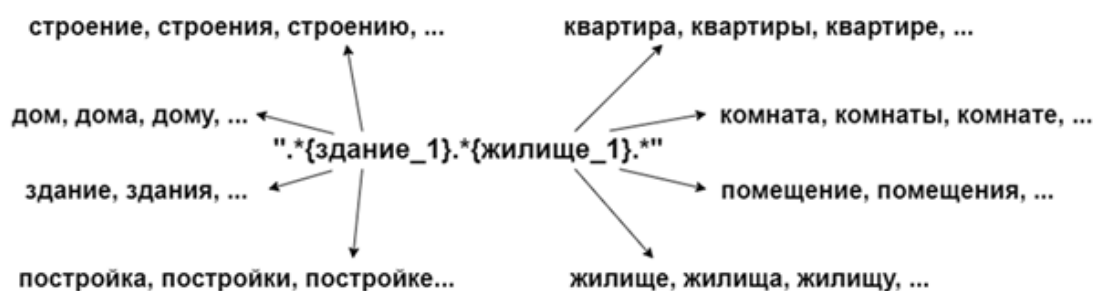


Рис. 2. Пример поискового запроса с использованием «смысловых единиц» в составе специального регулярного выражения

Практическое использование языка запросов и оценка точности

После преобразования текстов с помощью экспертов-лингвистов стало возможным определить корректные и некорректные результаты, получаемые с помощью «смысловых блоков», входящих в состав специальных регулярных выражений.

Для проверки точности и полноты разработанного поискового механизма с использованием «смысловых блоков», или «смысловых единиц», было предложено использовать F-меру.

Рассмотрим пример запроса для поиска всех словоформ, которыми может быть выражен смысловой блок «{здание_1}», сопровождаемый одним прилагательным слева. Запрос будет соответствовать любой словоформе в любом числе и падеже, которая несёт в себе смысл «здание_1» (постройка). Примерами таких словоформ могут быть «здание» или «дом».

– `python3 regex_patterns.py '[A]{здание_1}' file.json`

Пример результатов работы команды:

- многоквартирный **дом**
- прочный **здание**
- кирпичный **здание**
- загородный **дом**
- жилой **дом**

Рассмотрим также пример одного из запросов, которые использовались в экспериментах для определения точности и полноты поиска с использованием сразу двух смысловых блоков. Для одного из таких запросов было использовано выражение «.*{здание_1}.*{площадь_1}.*». В данном случае подразумевается поиск всех предложений, в состав которых входят словоформы, выражающие два заданных «смысловых блока», именно в указанном порядке, причём перед ними, между ними и после них может быть любое количество других словоформ, что соответствует элементам «.*».

– `python3 regex_patterns.py '.*{здание_1}.*{площадь_1}.*' file.json`

Пример результатов работы команды:

- у он быть **дом** в центр город который располагаться на **площадь** 200 квадратный метр
- прочный **здание** **площадь** более 100 квадратных метров быть использовать как склад

Для проверки работы разработанного «конвертера текста» и языка запросов в реальных условиях были выбраны 10 тестовых запросов с использованием «смысловых единиц» и около 600 преобразованных текстов в унифицированном формате. Среди полученных данных оказалось 143 результата, которые соответствовали запросам пользователя. Остальные 58 результатов были некорректными. На основе полученных данных была составлена матрица ошибок, приведённая в таблице 1. По матрице ошибок были вычислены точность, полнота и так называемая F-мера. Точность (precision) составила: $TP / (TP + FP) = 141 / (141 + 56) = 0.716$, полнота (recall) оказалась равной: $TP / (TP + FN) = 141 / (141 + 26) = 0.844$, а F-мера в свою очередь при коэффициенте $\beta = 1$ будет иметь значение: $2 * precision * recall / (precision + recall) = 2 * 0.716 * 0.844 / (0.716 + 0.844) = 0.774$.

Следует в первую очередь обратить внимание на некоторые некорректные результаты поиска. Во-первых, это те результаты, которые относятся к так называемой группе «False Positive», то есть определённые как корректные результаты, но на самом деле не удовлетворяющие поисковому запросу пользователя. Есть несколько примеров таких результатов. Давайте перечислим основные типы.

Таблица 1. Матрица ошибок, полученная после тестирования «смысловых единиц» в составе специальных регулярных выражений

	True	False
Positive	141	56
Negative	-	26

Омонимия. Нередко какая-либо словоформа, выражающая искомый «смысловой блок», может относиться также и к другим «смысловым блокам». Например, словоформа «дорога» может быть как существительным («эта дорога ведёт прямо к центру города»), так и кратким прилагательным («эта книга очень дорога мне»). Данный недостаток можно частично устранить, добавив в «смысловые блоки» также информацию о требуемых частях речи и их признаках.

Словоформы, относящиеся к другой части предложения. При преобразовании текстов на естественном языке в унифицированный формат, к сожалению, у каждого предложения утрачиваются связи между конкретными членами предложения, и поиск с использованием «специальных выражений» не позволяет отделять разные части сложных предложений. Например, в предложении «около дороги был дом, который стоял на участке площадью шесть соток» есть словоформы «дом» и «площадью», однако они не связаны по смыслу напрямую. Влияние этой особенности можно частично устранить, указывая максимальное расстояние между искомыми словами в предложении. Другим способом решения данной проблемы является доработка модуля «конвертер текста» таким образом, чтобы поддерживать структуру сложных предложений, а также связи между членами простых предложений.

Неполнота имеющейся лингвистической онтологии. Не исключено, что для какого-либо «смыслового блока» в лингвистической онтологии представлены не все возможные словоформы. Также могут просто отсутствовать необходимые семантические связи, которые должны были быть между узлами онтологии.

Во-вторых, существует также категория результатов, которые относятся к группе «False Negative», то есть это те результаты, которые должны были быть получены в рамках ответа на запрос, но не были найдены программой. В нашем случае элементы данной категории встречаются реже, чем элементы категории «False Positive», но их источники также необходимо рассмотреть и постараться устранить в будущем. Перечислим основные проблемы данной категории.

Использование местоимений вместо искомых словоформ. Все тексты на естественных языках подвержены этому. Люди склонны упрощать тексты, как для избегания повторений, так и для упрощения чтения этих текстов. Например, «Эта книга есть и в моей домашней коллекции. Она очень дорога мне». Чтобы алгоритм мог обрабатывать такие сложные случаи, необходимо поддерживать некоторый контекст, содержащий факты из уже «прочитанных» предложений. В таком случае программа будет понимать, что подразумевается под тем или иным местоимением.

Пропуск некоторых слов, без которых смысл всё равно остаётся понятным для человека. Иногда к этому прибегают также и авторы художественных произведений для придания особого колорита и эстетической выразительности своим произведениям. Например, «Квартира была [площадью] 80 квадратных метров». В данном случае любой читатель понимает смысл этого предложения, несмотря на то, что слово «площадью» опущено. А вот поисковый алгоритм пропустил бы данное предложение, так как одна из обязательных частей поискового запроса отсутствует. Устранение данного недостатка также не является тривиальной задачей, так как для «понимания» полного смысла предложения программой необходимо вводить некоторый контекст.

Заключение

В рамках исследования было рассмотрено решение задачи по добавлению в язык поддержки использования семантической сети для извлечения данных с помощью смысловых единиц. В результате исследования был разработан метод поиска словоформ в структурированных текстах с использованием смысловых единиц из лингвистической онтологии, обеспечивающий более высокую релевантность извлечения требуемой информации.

Полученный результат подтвердил гипотезу о том, что использование «смысловых единиц» в специальных регулярных выражениях может повлиять на точность и полноту получаемых данных и повысить релевантность поиска, если учитывать данные из существующей лингвистической онтологии. Следует отметить, что для достижения большей точности нужно использовать не все существующие лексемы и словоформы для заданных «смысловых единиц», так как в ряде случаев в результатах поиска появляется избыточность.

Таким образом, в процессе исследования был проведен автоматизированный поиск данных в тестовом корпусе текстов. Подтвердилась гипотеза о том, что использование смысловых блоков может повысить релевантность поиска в текстах на естественном языке. Полученная точность составила 0.716, полнота оказалась равной 0.844. Значение F-меры разработанного модуля для извлечения данных составило около 0.774. Полученные результаты показывают практическую значимость предложенного метода и возможность его успешного применения для извлечения данных из текста.

Литература

1. Азарова И. В. Морфологическая разметка текстов на русском языке с использованием формальной грамматики AGFL // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Труды Международной конференции. Диалог. – 2003. – С. 51-55.
2. Карташов О.О., Бутакова М.А., Чернов А.В., Костюков А.В., Жарков Ю.И. Средства представления знаний и извлечения данных для интеллектуального анализа ситуаций // Инженерный вестник Дона. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5421

3. Клименков С.В., Николаев В.В., Харитонов А.Е., Гаврилов А.В., Письмак А.Е., Покид А.В. Применение семантической сети для хранения слабоструктурированных данных // Инженерный вестник Дона. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6339
4. Мухамедиев Равиль Ильгизович, Сымагулов Адилхан, Кучин Ян Игоревич, Абдуллаева Сабина, Абдолдина Фарида Наурузбаевна Облачные сервисы для обработки текстов на естественном языке // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oblachnye-servisy-dlya-obrabotki-tekstov-na-estestvennom-yazyke> (дата обращения: 25.04.2023).
5. Ночевной Д. С., Бессмертный И. А., Клименков С. В. Специальные выражения для поиска в структурированном тексте с использованием грамматических свойств // Цифровая экономика [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <http://digital-economy.ru/stati/specialnye-vyrazheniya-dlya-poiska-v-strukturirovannom-tekste-s-ispolzovaniem-grammaticheskikh-svoystv> (дата обращения 25.04.2023).
6. Обработка текста – NLPub [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: https://nlpub.ru/Обработка_текста#Синтаксический_анализ (дата обращения 25.04.2023).
7. Письмак А.Е., Харитонов А.Е., Цопа Е.А., Клименков С.В. Метод автоматического формирования семантической сети из слабоструктурированных источников // Программные продукты и системы. 2016. №3. С. 74-78.
8. AOT :: Главная // Автоматическая обработка текста [Электронный ресурс]. – 2021. – <http://aot.ru> (дата обращения 25.04.2023).
9. GitHub – zamgi/lingvo--Syntax-ru: Определение синтаксических ролей слов в предложении в тексте на русском языке [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: <https://github.com/zamgi/lingvo--Syntax-ru> (дата обращения 25.04.2023).
10. Koster C. H. A. et al. The AGFL Grammar Work Lab //USENIX Annual Technical Conference, FREENIX Track. – 2002. – С. 13-18.
11. MaltParser — NLPub [Электронный ресурс]. – 2022. – <https://nlpub.ru/MaltParser> (дата обращения 25.04.2023).
12. Nivre J. et al. MaltParser: A language-independent system for data-driven dependency parsing //Natural Language Engineering. – 2007. – Т. 13. – №. 2. – С. 95-135.

References in Cyrillics

1. Azarova I. V. Morfologicheskaya razmetka tekstov na russkom yazyke s ispol'zovaniem for-mal'noj grammatiki AGFL //Komp'yuternaya lingvistika i intellektual'nye tekhnologii. Trudy Mezhdunarodnoj konferencii. Dialog. – 2003. – С. 51-55.
2. Kartashov O.O., Butakova M.A., Chernov A.V., Kostyukov A.V., ZHarkov YU.I. Sredstva predstavleniya znaniy i izvlecheniya dannyh dlya intellektual'nogo analiza situacij // Inzhenernyy vestnik Dona. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5421
3. Klimenkov S.V., Nikolaev V.V., Haritonova A.E., Gavrilov A.V., Pis'mak A.E., Pokid A.V. Primenenie semanticheskoy seti dlya hraneniya slabostруктуриrovannykh dannykh // Inzhener-nyy vestnik Dona. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6339
4. Muhamediev Ravil' Il'gizovich, Symagulov Adilhan, Kuchin YAn Igorevich, Abdullaeva Sabi-na, Abdoldina Farida Nauruzbaevna Oblachnye servisy dlya obrabotki tekstov na este-stvennom yazyke // Sovremennye informacionnye tekhnologii i IT-obrazovanie. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oblachnye-servisy-dlya-obrabotki-tekstov-na-estestvennom-yazyke> (data obrashcheniya: 25.04.2023).
5. Nochevnoj D. S., Bessmertnyj I. A., Klimenkov S. V. Special'nye vyrazheniya dlya poiska v strukturirovannom tekste s ispol'zovaniem grammaticheskikh svoystv // Cifrovaya ekonomika [Elektronnyj resurs]. – 2022. – URL: <http://digital-economy.ru/stati/special'nye-vyrazheniya-dlya-poiska-v-strukturirovannom-tekste-s-ispol'zovaniem-grammaticheskikh-svoystv> (data obrashcheniya 25.04.2023).
6. Obrabotka teksta – NLPub [Elektronnyj resurs]. – 2018. – URL: https://nlpub.ru/Obrabotka_teksta#Sintaksicheskij_analiz (data obrashcheniya 25.04.2023).
7. Pismak A.E., Haritonova A.E., Copa E.A., Klimenkov S.V. Metod avtomaticheskogo formirovaniya semanticheskoy seti iz slabostруктуриrovannykh istochnikov // Programmnye produkty i sistemy. 2016. №3. С. 74-78.
8. AOT :: Glavnaya // Avtomaticheskaya obrabotka teksta [Elektronnyj resurs]. – 2021. – <http://aot.ru> (data obrashcheniya 25.04.2023).
9. GitHub – zamgi/lingvo--Syntax-ru: Opredelenie sintaksicheskikh rolej slov v predlozhenii v tekste na russkom yazyke [Elektronnyj resurs]. – 2023. – URL: <https://github.com/zamgi/lingvo--Syntax-ru> (data obrashcheniya 25.04.2023).
10. Koster C. H. A. et al. The AGFL Grammar Work Lab //USENIX Annual Technical Conference, FREENIX Track. – 2002. – С. 13-18.
11. MaltParser — NLPub [Elektronnyj resurs]. – 2022. – <https://nlpub.ru/MaltParser> (data obrashcheniya 25.04.2023).

12. Nivre J. et al. MaltParser: A language-independent system for data-driven dependency parsing //Natural Language Engineering. – 2007. – Т. 13. – №. 2. – S. 95–135.

Ключевые слова

Семантическая сеть, онтология, семантическая связь, регулярные выражения, язык запросов

*Ночевной Дмитрий Сергеевич,
аспирант факультета программной инженерии и компьютерной техники НИУ ИТМО,
182506@niuitmo.ru*

Dmitry Nochevnoy. Data extraction from natural language texts using a special query language and linguistic ontology

Keywords

Semantic network, ontology, semantic relation, regular expressions, query language

DOI: 10.34706/DE-2023-03-06

JELclassification – C81 Методология сбора, оценки и организации микроэкономических данных, анализ данных; C82 Методология сбора, оценки и организации макроэкономических данных, анализ данных; C87 Эконометрическое программное обеспечение; D83 Поиск, обучение, информация и знания, взаимодействие, мнение, неосведомленность

Abstract

This article is devoted to a specially designed query language for extracting word forms obtained from semi-structured sources; it contains description of the main terms in the field of semantic networks. The study provides an overview of existing software products for parsing sentences in texts in Russian. A description of the developed software system is also presented. It allows converting natural language texts into a unified format and performing data extraction by using the special query language and the existing linguistic ontology. The novelty of the study is in usage of "semantic blocks" from the linguistic ontology, providing a higher quality (pertinence) of extracting the required information. As a result, accuracy and recall of the developed algorithm for extracting data are presented.

УДК: 338.1

1.7. СТАНДАРТЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Овчинников С. А., к.т.н.

РТУ МИРЭА

Серпуховитин Д. А.,

ИГСУ РАНХиГС

Идея настоящего исследования появилась в ходе анализа авторами собственного и стороннего опыта в сфере создания и развития систем менеджмента качества, систем процессного управления, прежде всего, на инновационных предприятиях. Анализ накопленного практического опыта современной России, а также научных и прикладных достижений в сфере организационного менеджмента указывает на целесообразность формализации подходов (правил) моделирования (описания) бизнес-процессов и «базового» функционала систем процессного управления на уровне национальных стандартов и рекомендаций. Исследование проводилось на основе данных, полученных из потребностей (вакансий) и предложений (резюме) рынка, анализа отраслевого опыта (профессиональных конференций), а также результатов развития национальной и международной стандартизации (действующих российских и зарубежных стандартов)

Введение

Современный рынок, его тенденции и процессы характеризуются высокой интенсивностью, требующей от руководства организаций быстрого реагирования на изменения внешней среды, рыночной конъюнктуры, запросов потребителей и т. д. Государственные учреждения, в соответствии с запросами общества, также вынуждены расширять предоставляемые ими электронные услуги и сервисы [Санчес и Пупо, 2020]. Несмотря на фундаментальные различия коммерческих и государственных и организаций, сокращение издержек как основных¹, так и вспомогательных процессов становится критически важным в условиях нарастания санкционного давления, и, как следствие, возникает необходимость переориентации на новые рынки для первых и экономии бюджетных средств – для вторых. Одним из эффективных организационных инструментов для сокращения издержек является внедрение принципов и подходов процессного управления, а также автоматизация процессов всех типов. Однако для реализации данного инструмента требуется не только доступ к современным цифровым технологиям, но и наличие профессиональных компетенций сотрудников и руководителей.

На фоне введения внешнеполитических ограничений, мер экономического давления, а также в связи с особенностями внутренних демографических процессов Российской Федерации, потребность в высококвалифицированных кадрах будет не только сохраняться, но и нарастать [Винник, Юмагузин, 2023].

С учетом вышеназванных факторов дополнительным аспектом настоящего исследования является оценка потенциальной возможности привлечения сотрудников на позиции «бизнес-аналитика» из дружественных стран постсоветского пространства: Казахстана, Беларуси, Узбекистана, Кыргызстана, Грузии, Азербайджана.

Исторические предпосылки

Исторически процессный подход в Российской Федерации стал следствием эволюционного развития систем менеджмента качества (СМК) и показал свою высокую эффективность и популярность [Гримашевич, 2019]. Несмотря на это, до настоящего момента в системе национальной стандартизации недостаточно формализованы нотации моделирования процессов и «фреймворки», то есть структурированные рекомендации для специфических областей моделирования – парадигмы моделирования. Вследствие этого государственные и частные организации вынуждены самостоятельно проводить исследования, подбирая и разрабатывая, с помощью доступных на рынке специалистов с соответствующими компетенциями, собственные нотации и парадигмы моделирования [Алеников и др., 2020]. С одной стороны, отсутствие стандартов моделирования обеспечивает гибкость в моделировании процессов, но с другой стороны, приводит к росту затрат как на стадии внедрения системы процессного управления (СПУ), так и при её эксплуатации.

Содержание исследования

Подход к построению СПУ организации основан на анализе деятельности, моделировании (проектировании, описании) и последующем совершенствовании процессов. При этом одновременно могут создаваться единая процессная модель деятельности организации и решаться локальные задачи оптимизации отдельных процессов. Для наиболее эффективной реализации подобных задач применяют

¹ Под «основными процессами» авторы понимают процессы, создающие продукт для конечного потребителя.

специализированные средства моделирования – интеллектуальные платформы, обычно предлагающие широкий набор правил описания процессов – нотаций моделирования.

Необходимо отметить, что переход от одной нотации (или её изменении) к другой, без последовательной стратегии изменений правил моделирования нарушает принципы прослеживаемости, прозрачности и связности бизнес-процессов в СМК, а также препятствует распространению «лучших практик», полученных при описании и анализе процессов.

В результате анализа материалов периодических специализированных конференций², проводимых активными участниками рынка услуг и производства интеллектуальных платформ в сфере бизнес-моделирования, формируются перечни наиболее популярных нотаций моделирования и соответствующего программного обеспечения (ПО). Дополнительно, по материалам конференций был предложен образ этапа проекта по внедрению СПУ – выбор и разработка правил моделирования и специализированного ПО. Характеристики образа приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики этапа выбора и разработки правил моделирования проекта внедрения СПУ

Характеристика	Значение
Длительность периода разработки правил моделирования	от 2 до 3 мес.
Размер команды проекта	от 2 до 3 чел.
Оценка затрат на разработку правил моделирования и развитие ИТ-инфраструктуры	от 400 до 700 (900) тыс. руб.

Характеристики образа этапа проекта, приведённые в таблице 1, согласуются с собственными наблюдениями авторов, однако стоит отметить, следующее:

- 1) Длительность этапа зависит от размеров, структуры и накопленного опыта в сфере управления процессами. Так, например, крупным горизонтально-интегрированным компаниям (например, системообразующим финансовым организациям) может потребоваться более шести месяцев на разработку собственных правил моделирования, поскольку большое количество разработанных документов может влиять как на сам процесс разработки, так и на согласование новых правил моделирования. С другой стороны, небольшие компании (средний бизнес), как правило, могут обходиться сроком до двух месяцев, поскольку у них отсутствует какой-либо опыт в рассматриваемой сфере, а одним из главных критериев успешности проекта является получение результатов (управленческих, финансовых) в максимально короткий срок.
- 2) Количество сотрудников организации, задействованных в проекте, также сильно зависит от размеров компании. Можно отметить, что компании среднего размера, как правило, на старте проекта предпочитают иметь в команде одного сотрудника, разрабатывающего методологию моделирования процессов.
- 3) Приведённая оценка затрат является достаточно приблизительной, поскольку включает только оценку заработной платы, затрат на рабочее место, затрат на обучение сотрудников и развитие ИТ-инфраструктуры (приобретение средств моделирования процессов и их внедрение). Затраты с возможной доработкой ИТ-инфраструктуры приведены в скобках.

Приведённые в таблице 1 данные не учитывают полномасштабное внедрение СПУ с привлечением внешних консультантов, поскольку отсутствует достаточный объём достоверных данных. Тем не менее, по нашему мнению, учет стоимости работы консультантов только увеличит затраты на проект.

Авторы, понимая крайне оценочный характер указанных выше данных, все же считают необходимым их приведение, поскольку в масштабе проекта внедрения СПУ суммарные затраты могут быть достаточно велики.

Анализ действующих документов по стандартизации в области моделирования различных объектов деятельности организации (процессов, систем, данных, ресурсов и др.) позволил определить группы нормативных документов, характеризующих методы, подходы и нотации формализованного описания предметных областей (таблица 2)

Таблица 2. Группы нормативных документов по стандартизации

№ п/п	Обозначение нормативного документа	Предметная область
	Р 50.1.028-2001	Моделирование производственно-технических и организационно-экономических систем
	ГОСТ Р МЭК 62264-1-2014	
	ГОСТ Р МЭК 62264-2-2016	
	ГОСТ Р МЭК 62264-3-2012	
	ГОСТ Р МЭК 62264-5-2012	
	ГОСТ Р МЭК 61512-1-2016	
	ГОСТ Р МЭК 61512-2-2016	
	ГОСТ Р МЭК 61512-3-2016	
	ГОСТ Р МЭК 61512-4-2016	

² ELMA DAY (www.elma-bpm.ru); ЦИФРА-М (<http://smartexecutive.ru/workshops>); Проектирование бизнес-архитектур (<https://www.businessstudio.ru/community/conferences>).

	ПНСТ 172–2016/МЭК 62264-4-2016	
	ГОСТ 19.701-90	
	ГОСТ Р ИСО 15926-1-2008	Моделирование программных и автоматизированных систем, операций и данных, в том числе по отраслям промышленности
	ГОСТ Р ИСО 15926-2-2010	
	ГОСТ Р ИСО 15746-1-2016	
	ГОСТ Р ИСО 15746-2-2019	
	ГОСТ Р 10.0.03-2019/ИСО 29481-1:2016	
	ГОСТ Р ИСО/МЭК 15414-2017	
	ГОСТ Р 58546-2019	Моделирование и архитектура предприятий
	ГОСТ Р ИСО 15704-2022	
	ГОСТ Р ИСО 19439-2022	

Среди наиболее распространенных нотаций (языков) моделирования СПУ организации (Enterprise Modelling Languages, EMLs), многие из которых являются мировыми стандартами, можно выделить:

- Structured Analysis and Design Technique (SADT);
- Integration Definition for Function Modeling (IDEF0);
- Business Process Model and Notation (BPMN 2.0);
- Case Management Model and Notation (CMMN);
- Basic Flowchart (BFC) и Cross-functional Flowchart (CFF);
- Event-Driven Process Chain (EPC).

Кроме того, для формализации бизнес-процессов широко применяют специализированные виды функциональных диаграмм:

- Value-added Chain Diagram (VAD);
- Function Allocation Diagram (FAD);
- Process Selection Diagram (PSD).

Для моделирования системных архитектур, программных приложений и объектов информационной инфраструктуры организации широкую известность получили следующие языки и методологии моделирования:

- Systems Modeling Language (SysML);
- Unified Modeling Language (UML);
- The Open Group Architecture Framework (TOGAF);
- ArchiMate.

Структуры потоков данных, компонентов программно-аппаратной среды также формализуют с использованием специализированных диаграмм:

- System Architecture Diagram (SAD);
- Data Flow Diagram (DFD);
- Entity-Relationship Diagram (ERD).

К современным интеллектуальным платформам (программным средствам, средам и ПО) для моделирования и управления бизнес-процессами (Business Process Management, BPM) организаций, широко применяемым на российском и зарубежных рынках, относятся:

1) Зарубежные разработки:

- ARIS (разработчик – Software AG, softwareag.com);
- Camunda Platform и Camunda (разработчик – Camunda, camunda.com);
- Creatio (разработчик – Terrasoft, creatio.com);
- Bizagi (разработчик – Bizagi, bizagi.com);
- Pega BPM (разработчик – Pegasystems, pega.com);
- Bonita (разработчик – Bonitasoft, bonitasoft.com);
- Capella (разработчик – промышленная рабочая группа PolarSys европейского Фонда Eclipse, projects.eclipse.org);
- Visual Paradigm (разработчик – Visual Paradigm, visual-paradigm.com);

2) Российские разработки:

- SILA Union (разработчик – SILA Union, silaunion.ru);
- Business Studio (разработчик – СТУ-Софт, businessstudio.ru);
- Бизнес-инженер (разработчик – БИТЕК, betec.ru);
- BPMN.Studio и ELMA BPM (разработчик – ELMA, elma-bpm.ru);
- Comindware Business Application Platform (разработчик – Comindware, comindware.ru).

Приведённые выше списки являются далеко не полными, но, по нашему мнению, охватывают большинство самых популярных BPM систем и нотаций моделирования.

Принципы стандартизации [Куликова, Куликов, 2017], применяемые в качестве основы для сокращения издержек производственных предприятий, были заложены и развивались ещё во времена СССР. Несмотря на изменившиеся геополитические условия, они не только не потеряли свою актуальность, но приобретают особое значение в свете ожидаемой потребности в кадрах для бизнес-моделирования и анализа организаций. По нашему мнению, дополнительным аргументом для стан-

дартизации той или иной нотации может быть её распространённость (наличие специалистов с соответствующими компетенциями) в дружественных странах.

Определение распространённости нотаций моделирования целесообразно определять по двум направлениям: по количеству «запросов рынка», то есть организаций (вакансий) и по количеству «предложений» – резюме соискателей, в которых декларируется владение той или иной нотацией.

Отбор вакансий и резюме³ производился на сайте HeadHunter⁴ по следующим ключевым словам:

- «бизнес-аналитик»,
- «аналитик бизнес-процессов»,
- «бизнес-архитектор»,
- «системный аналитик»,
- «специалист по процессному управлению»,
- «методолог по процессному управлению».

Поиск ключевых слов производился как в названии, так и в описании (теле) вакансии или резюме (в описании мест работы соискателя). Необходимо отметить, что поиск производился только среди размещённых (находящиеся в архиве не учитывались) вакансий и резюме.

Общая характеристика набора данных приведена в таблице 3.

Таблица 3. Общая характеристика набора данных

Выборка	Количество	Период отбора	География отбора
Вакансии	11799	февраль – март 2023	Российская Федерация, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Республика Азербайджан, Грузия, Республика Кыргызстан, Республика Узбекистан
Резюме	14799		

Разница количества резюме и вакансий в общей выборке составляет 3000 ед. или 11,3%, общее количество объектов исследования 26598 ед.

Распределение вакансий и резюме по регионам поиска приведено на рис. 1а, 1б и 2 соответственно.

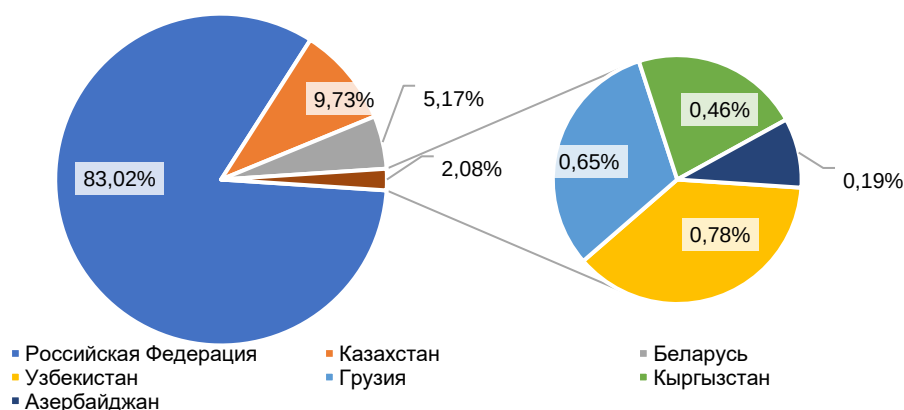


Рис. 1а. Распределение данных в выборе резюме, с учётом РФ

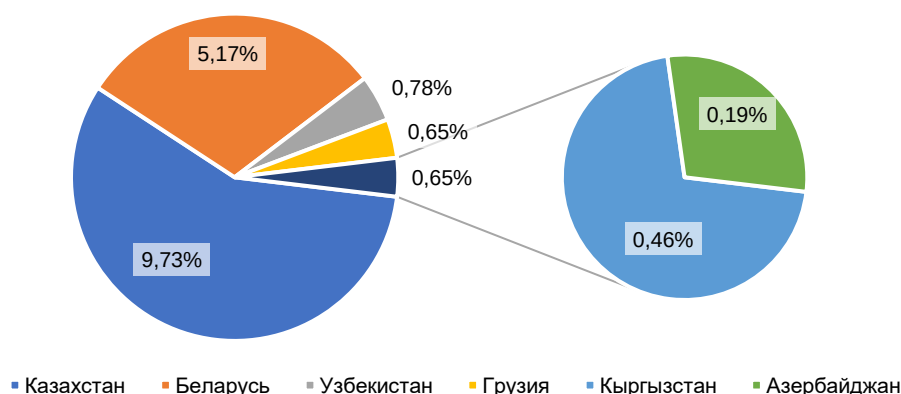


Рис. 1б. Распределение данных в выборе «резюме», без учёта РФ

³ Резюме собирались без персональных данных и кластерных признаков.

1. ⁴ Режим доступа: <https://hh.ru>. [Дата обращения: февраль – март 2023].

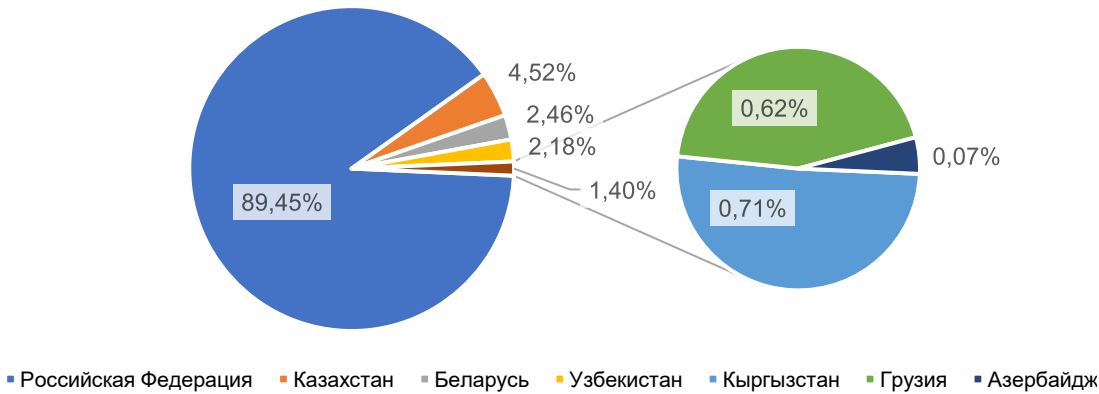


Рис. 2а. Полное распределение в выборке (с учётом РФ)

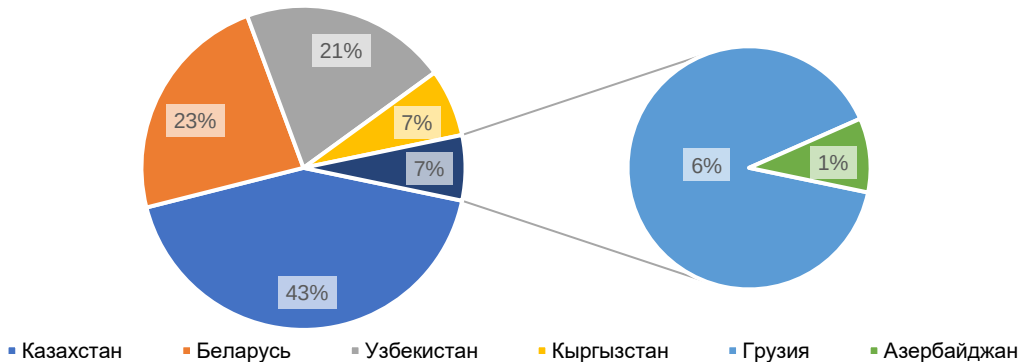
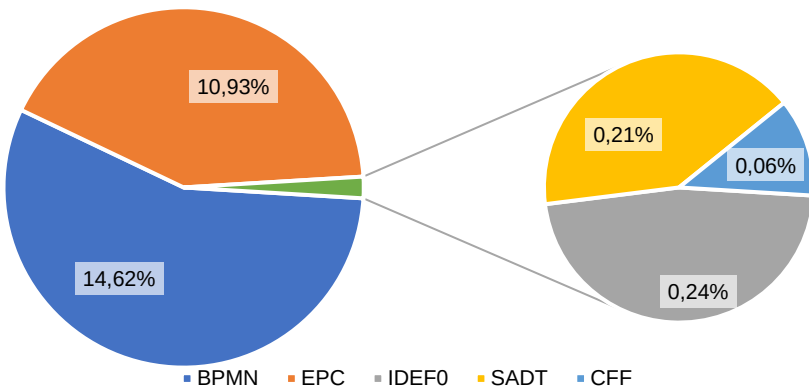
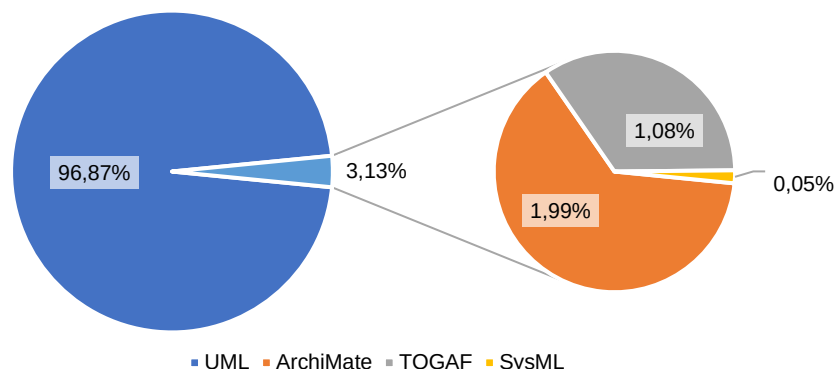


Рис. 2б. Распределение без учёта РФ

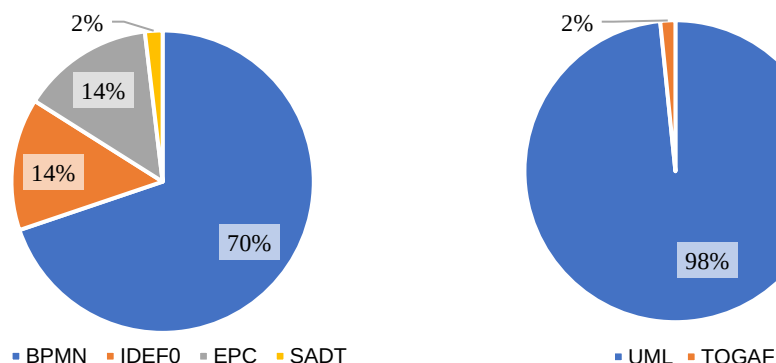
Из рис. 2а и 2б видно, что для обеих выборок сохраняются, приблизительно равные пропорции спроса (выборка «вакансии») и предложения (выборка «резюме»). Можно отметить, что Российская Федерация является лидером по количеству как вакансий, так и резюме среди рассматриваемых стран, однако выборки могут быть расширены с учетом вакансий и резюме на национальных республиканских языках.

После формирования выборок в каждой из них был проведён поиск по ключевым словам – сокращённым наименованием нотаций, приведённым выше. Обозначение нотации должно было, как минимум, один раз упоминаться в описании вакансии или навыках – для выборки «вакансии» и также для выборки «резюме». Для исключения дублирования учитывалось только первое вхождение обозначения нотации. Результаты поиска в выборках «вакансии» и «резюме» приведены на рис. 3 и 4, соответственно.

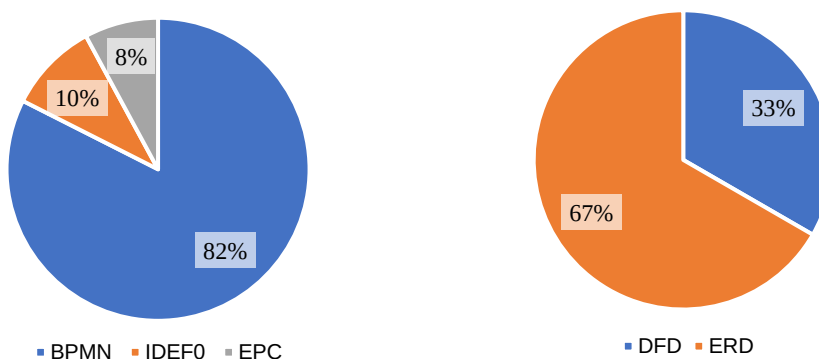




а) Нотации моделирования в выборке РФ



б) Нотации моделирования в выборке Республика Беларусь



в) Нотации моделирования в выборке Республика Казахстан

Рис. 3. Распределение компетенций нотаций моделирования в выборке «вакансии»

Из диаграмм на рис. 3 видно, что наиболее востребованными у работодателей нотациями моделирования процессной архитектуры, применяемыми в Российской Федерации, Республике Беларусь и Республике Казахстан, являются BPMN 2.0, EPC и IDEF0. Стоит отметить, что востребованность нотаций EPC и IDEF0 в Республике Беларусь и Республике Казахстан примерно одинаковая, а в Российской Федерации нотация IDEF0 практически не вызывает интереса у работодателей. По нашему мнению, такое распределение может быть связано с более интенсивным развитием практики бизнес-анализа и соответствующим проникновением современных инструментов моделирования бизнес-процессов в Российской Федерации и ориентацией на сохранение традиционной практики менеджмента качества на крупных предприятиях Республики Беларусь и Казахстан.

Среди нотаций моделирования информационной архитектуры в Российской Федерации и Республике Беларусь очевидным лидером является UML, а в Республике Казахстан ни одной из нотаций данного направления моделирования не выявлено.

В области моделирования структуры потоков данных, компонентов программно-аппаратной среды в Российской Федерации и Республики Казахстан лидирует нотация DFD, при этом необходимо отметить популярность нотации ERD в Республике Казахстан. В резюме, размещенных в Республике Беларусь, нотаций, связанных с рассматриваемой областью моделирования, не выявлено.

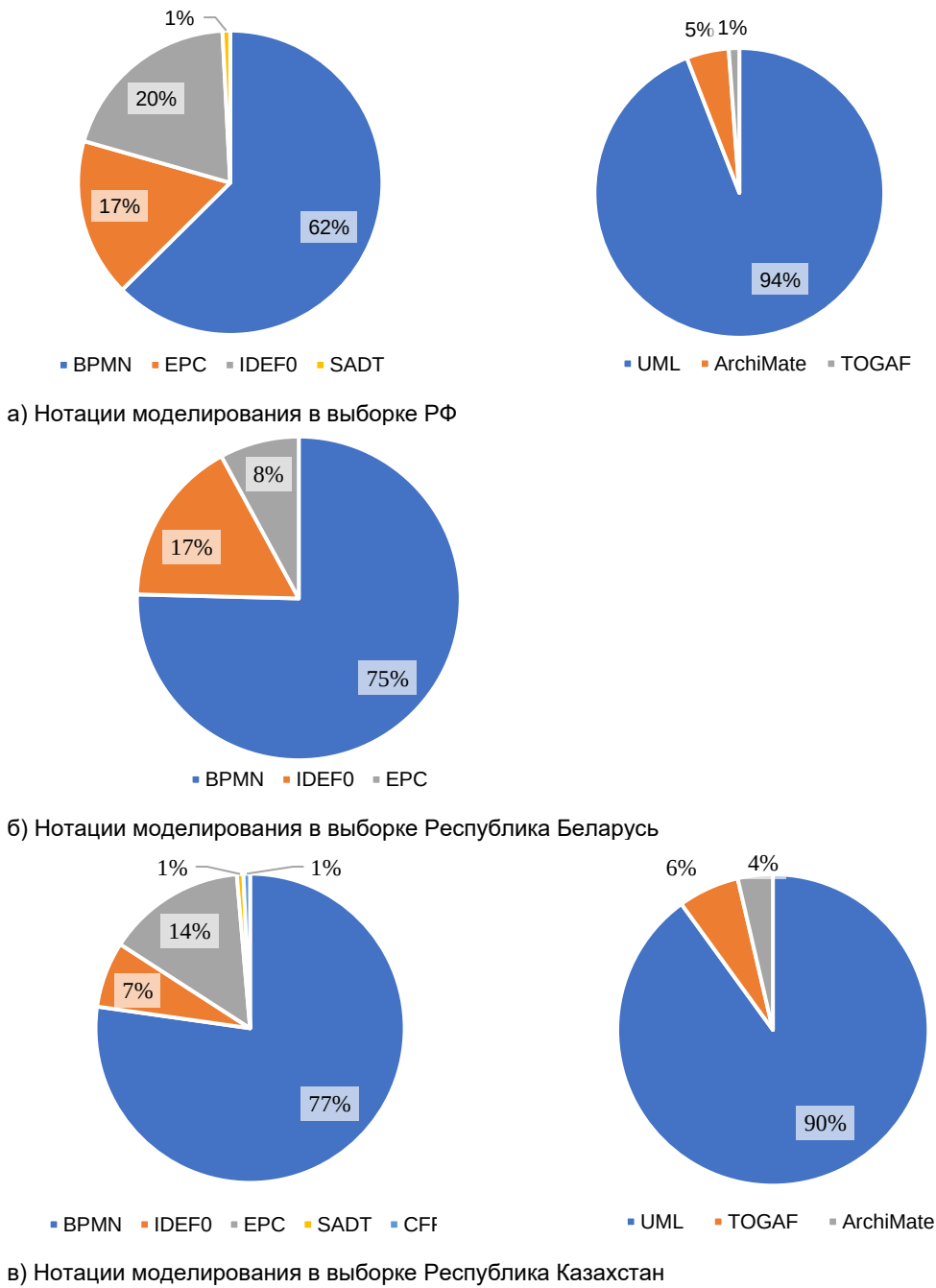


Рис. 4. Распределение компетенций нотаций моделирования в выборке «резюме»

Анализируя распределение заявленных навыков владения нотациями в резюме соискателей, можно сделать вывод о пропорционально равной популярности нотаций моделирования бизнес-процессов во всех рассматриваемых странах (рис. 4) и выстроить следующий приоритетный ряд (от наиболее популярной к менее популярной нотации): BPMN2.0, IDEF0, EPC. Среди нотаций моделирования структуры потоков данных, компонентов программно-аппаратной среды, также как и в случае с выборкой «вакансии», наибольшей популярностью пользуется нотация UML.

Сопоставление выборок позволяет говорить о невостребованности нотации IDEF0 у работодателей в дальнейшем по причине замещения данной нотации более современными, функциональными и, как следствие, более востребованными нотациями: BPMN2.0 и EPC.

Моделирование в любой нотации, вне зависимости от области описания, неразрывно связано со средой, в которой оно осуществляется, поскольку полнота реализации процессных моделей зависит от конкретного ПО.

Исторически в Российской Федерации и странах СНГ для формализации процессов использовалось ПО MS Visio, которое, по нашему мнению, не может считаться полноценной средой моделирова-

ния (как на пример ARIS или SILA Union). Специализированная среда моделирования, прежде всего, должна обеспечить создание и управление иерархической структурой (репозиторием) моделей, что недоступно MS Visio. Однако из-за распространённости данного инструмента он был включен в контур исследования.

Анализ выборки «вакансии» и «резюме» (рис. 5 и рис. 6) показал лидирующие позиции MS Visio среди любых других средств моделирования процессов: востребованность среди вакансий и предложений в среде резюме составляет (для Российской Федерации) от 52% до 58%, соответственно. Стоит отметить, что в странах СНГ востребованность и предложение выше: от 64% (в Республике Беларусь и Республике Узбекистан) до 74% (Республика Казахстан) – для выборки «вакансии» и от 60% в Грузии до 75% в Кыргызстане.

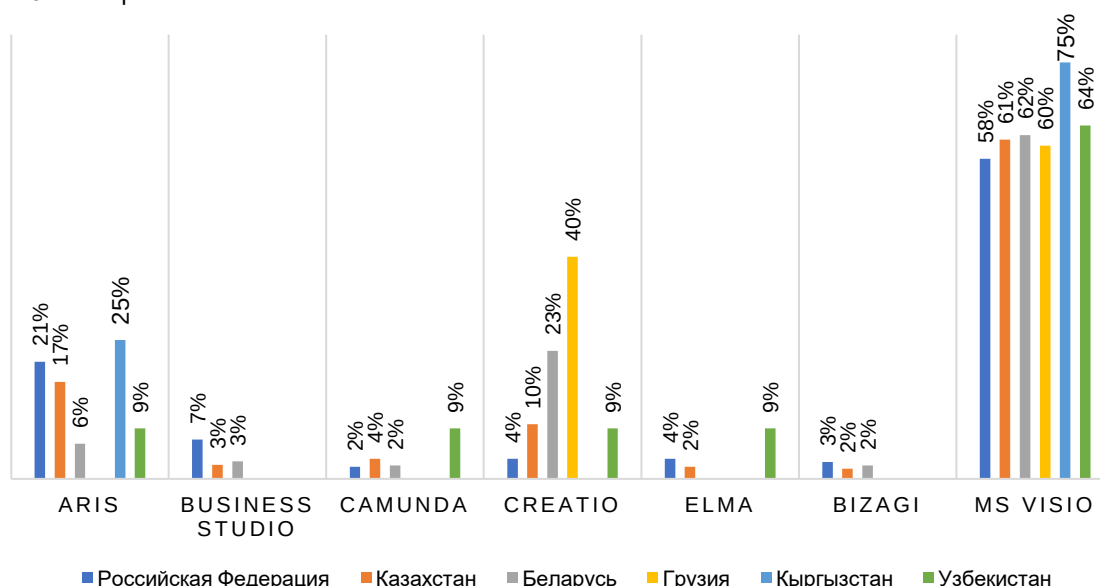


Рис. 5. Распределение инструментов моделирования в выборке «резюме»

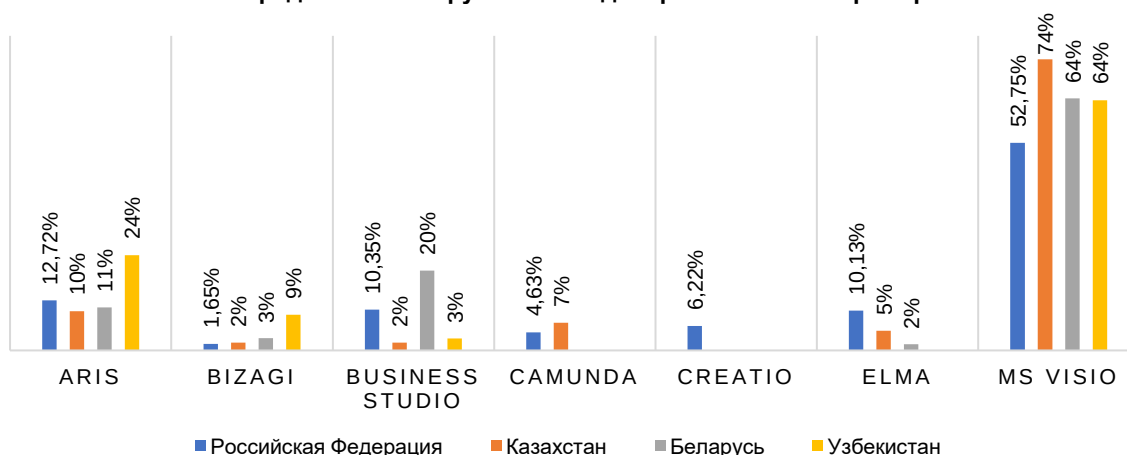


Рис. 6. Распределение инструментов моделирования в выборке «вакансии»

Среди специализированных средств моделирования в обеих выборках преобладают ARIS, Bizagi, Business Studio и ELMA, причём наблюдается однозначная консолидация в обеих выборках только ПО ARIS. Можно отметить, что в целом ПО, способное управлять репозиторием бизнес-процессов, пользуется большей популярностью, чем исполняемые BPMS-системы и системы с продвинутыми возможностями моделирования процессов.

Результаты исследования

По проведённому исследованию, основанному на анализе и сопоставлении рынка спроса («вакансии») и рынка предложения («резюме»), были сделаны следующие выводы:

- 1) Нотации BPMN и EPC являются наиболее востребованными на рынках большинства рассматриваемых стран (для стран СНГ также можно выделить нотацию IDEF0). Утверждение данных нотаций в форме национальных стандартов (с условием адаптации к сложившейся практике) поможет существенно сократить издержки организаций, а также облегчить

привлечение специалистов по бизнес-анализу из рассматриваемых стран. Дополнительно стандартизация нотаций BPMN2.0, EPC и IDEF0 будет способствовать созданию национальных парадигм моделирования бизнес-процессов.

- 2) В качестве основы для стандартизации системных архитектур, программных приложений и объектов информационной инфраструктуры, а также потоков данных целесообразно использовать нотации UML, DFD и ERD, однако, учитывая их слабую распространённость в странах СНГ, вероятность привлечения дополнительных специалистов в Российскую Федерацию оценивается как крайне низкая. Тем не менее, разработка и стандартизация данных нотаций способна дать экономический эффект в ближне- и среднесрочной перспективах.
- 3) Стандартизация ПО для моделирования бизнес-процессов и архитектур, по нашему мнению, нецелесообразна. Однако разработка национальных рекомендаций к базовому функционалу таких систем позволит обеспечить единую полноту реализации нотаций во всех средах моделирования, а также упростить разработку нового и доработку существующего ПО, что в свою очередь приведёт к снижению издержек и, следовательно, стоимости для конечного потребителя.

4) От авторов

Все данные были получены из открытых источников, а само исследование проводилось только за счёт собственных ресурсов авторов, какое-либо ангажирование отсутствует. Авторы выражают благодарность за прочтение статьи и приветствуют конструктивную дискуссию.

Литература

1. Алеников А. С., Мамонова И. В., Кололеева К. И. Вариативные подходы к выбору нотации при моделировании бизнес-процессов на предприятии // Вестник Академии знаний. 2020. №4 (39).
2. Винник М.В., Юмагузин В.В. Долгосрочный прогноз компенсаторной миграции в России // Журнал Новой экономической ассоциации. № 1 (58). С. 48–64, 2023. DOI: 10.31737/22212264_2023_1_48.
3. Гримашевич О.Н. Развитие систем менеджмента качества // Промышленность: экономика, управление, технологии. 2019. №5 (79).
4. Куликова Т.А., Куликов М.В. Стандартизация в Российской Федерации. Законы и порядок // Научный журнал КубГАУ. 2017. №128.
5. Санчес Р.В., Пупо О.Я. Анализ процессов управления развитием государственного сектора услуг на основании классических и современных концепций // Общество: политика, экономика, право. 2020. №8 (85).

References in Cyrillics

1. Alenikov A.S., Mamonova I.V., Kololeeva K.I. Variable approaches to the choice of notation in modeling business processes in an enterprise // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2020. No. 4 (39).
2. Vinnik M.V., Yumaguzin V.V. Long-term forecast of compensatory migration in Russia // Journal of the New Economic Association. No. 1 (58). pp. 48–64, 2023. DOI: 10.31737/22212264_2023_1_48.
3. Grimashevich O.N. Development of quality management systems // Industry: economics, management, technology. 2019. No. 5 (79).
4. Kulikova T.A., Kulikov M.V. Standardization in the Russian Federation. Laws and order // Scientific journal of KubGAU. 2017. No. 128.
5. Sanchez R.V., Pupo O.Ya. Analysis of the processes of managing the development of the public sector of services based on classical and modern concepts // Society: politics, economics, law. 2020. No. 8 (85).

к.т.н. Овчинников Сергей Андреевич – доцент РТУ МИРЭА, партнёр Smart Executive, Москва, Россия (osa@smartexecutive.ru). ORCID: 0000-0003-3877-1946

Серпуховитин Дмитрий Александрович – аспирант ИГСУ РАНХуГС, Москва, Россия (d.serpukhovitin@gmail.com). ORCID: 0000-0002-6865-1913

Ключевые слова:

управление процессами, стандартизация, управление качеством, оптимизация процессов, сокращение издержек, моделирование процессов, цифровизация.

Ph.D. Sergey Ovchinnikov, Dmitry Serpukhovitin. Standards and technologies of process management at innovative organisations.

Keywords:

process management, standardization, quality management, process optimization, cost reduction, process modeling, digitalization.

DOI: 10.34706/DE-2023-03-07

JEL classification: M21 – Экономика бизнеса; F610 – Микроэкономические эффекты.

Abstract

The idea of this study appeared in the course of the analysis by the authors of their own and third-party experience in the creation and development of quality management systems, process management systems, primarily in innovative enterprises. An analysis of the accumulated practical experience of modern Russia, as well as scientific and applied achievements in the field of organizational management, indicates the expediency of formalizing the approaches (rules) for modeling (description) of business processes and the “basic” functionality of the PMS at the level of national standards and recommendations. The study was conducted on the basis of data obtained from the needs (vacancies) and offers (summaries) of the market, analysis of industry experience (professional conferences), as well as the results of the development of national and international standardization (current Russian and foreign standards).

УДК: 004.3

1.8. ОЦЕНКА УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Попов Д.В.¹, Ральникова К.В.¹, Кутикова С.П.¹¹Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Москва, Россия.

В статье анализируются понятия цифровой трансформации как в российской, так и в зарубежной литературе. Изучен опыт цифровых решений в иностранных и отечественных организациях. Представлены различные подходы к оценке уровня цифровой трансформации организаций и выделены основные критерии оценок. На основе выделенных оценок цифровой трансформации сформулированы два универсальных критерия оценки: этапы цифровой трансформации и жизненный цикл управленческой документации.

На основе двух предложенных универсальных критериев построена модель уровня цифровой трансформации организации на основе управленческой документации. В модели для каждого критерия оценки определены показатели, влияющие на эффективность и результативность. Предложены примеры применения модели цифровой трансформации для организаций.

Введение

Одним из завершающих этапов развития цифровой экономики является цифровая трансформация (далее – ЦТ), которая подразумевает использование цифровых технологий для преобразования бизнес-процессов, продуктов, услуг и характера бизнеса в целом.

Как сообщил премьер-министр России во время своего выступления на форуме «Digital Almaty», который прошел 3 февраля, Россия занимает первое место в Европе по количеству пользователей сети Интернет, а на сервисе «Госуслуги» – уже более 100 миллионов авторизованных пользователей, что позволяет России находиться среди мировых лидеров по развитию цифровых госуслуг¹.

Кроме того, в ноябре 2022 года Россия вошла в топ-10 стран-лидеров в сфере ЦТ правительства и цифровизации государственного сектора услуг. Рейтинг был основан на анализе практик страны в сфере ЦТ и цифровизации государственного сектора услуг, а также на оценке прогресса ЦТ государственного сектора посредством использования цифровых технологий².

ЦТ повышает уровень конкурентоспособности организации в скорости реагирования на изменения условий рынка и спроса, а также увеличивает возможности уровня охвата ведения бизнеса как внутри страны, так и на мировых рынках.

Например, в процессе ЦТ можно внедрять цифровые платформы и более продвинутые системы управления [Попов, Кутикова, 2022], а также предоставлять цифровые услуги. Предприятия, занимающиеся развитием цифровых платформ и системы управления, являются наиболее востребованными по сравнению с теми, кто не уделяет этому должное внимание. В российской экономике в качестве положительных примеров можно привести целый ряд компаний, которые находятся на устойчивом пути к ЦТ: такие организации, как «Сбер» и «Яндекс» успешно проводят ЦТ бизнеса, разрабатывают и применяют системы управления на основе цифровых технологий и расширяют перечень и ассортимент цифровых услуг.

Например, в конце 2022 года пользователи сети Интернет столкнулись с новостью обмена активов между тремя отечественными цифровыми гигантами: «Сбером», VK и «Яндексом». В рамках этой сделки VK и «Сбер» поделили между собой активы совместного холдинга таким образом, что «Сбер» оставил себе сервис каршеринга «Ситидрайв» и сервис доставки «Самокат», а VK получил сервис доставки «Delivery Club», который обменял на новостные сервисы «Яндекса» – «Новости» и «Дзен»³. Таким образом, данные компании отказались от увеличения количества своих сервисов в пользу целесообразности и увеличения эффективности своих цифровых площадок.

¹ Насколько хороши цифровые госуслуги в России по сравнению с другими странами? — Текст: электронный // ТАСС: [сайт]. — URL: <https://tass.ru/obschestvo/6123128> (дата обращения: 10.04.2023).

² Всемирный банк признал Россию лидером в области цифровизации госуправления. — Текст: электронный // Министерство экономического развития Российской Федерации: [сайт]. — URL: https://economy.gov.ru/material/news/vsemirnyy_bank_priznal_rossiyu_liderom_v_oblasti_cifrovizacii_gosupravleniya.html (дата обращения: 10.04.2023).

³ VK и «Яндекс» обменялись активами. Что важно знать о сделке. — Текст: электронный // РБК: [сайт]. — URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/23/08/2022/63049f849a79470b81011ac2 (дата обращения: 17.04.2023).

Сама ЦТ организации представляет собой непрерывное улучшение существующих и привычных решений⁴, поэтому при осуществлении ЦТ бизнеса важно применение системного подхода, так как хаотичное внедрение новых технологий может не только не принести желаемого эффекта, но и, напротив, отрицательно сказаться на деятельности организации [Гарифуллин, Зябриков, 2018]. В связи с этим процессы организации, подлежащие ЦТ, необходимо взвешенно оценивать с точки зрения целесообразности и дальнейших рисков как для организации, так и для конечных потребителей ЦТ. В настоящее время достаточно затруднительно определить этап ЦТ и то, какую стратегию организации следует разработать.

Исходя из вышеописанной проблемы, мы выделяем одну из важнейших задач эффективной ЦТ организации — это разработка методики определения стадий ЦТ организации для дальнейшей выработки стратегий и определения целесообразности и рисков трансформации процессов на основе существующих исследований и предложений.

Анализ литературы

В 2017 году в Российской Федерации была утверждена национальная программа “Цифровая экономика Российской Федерации”, целями которой было создание экосистемы цифровой экономики России, создание необходимых и достаточных условий институционального и инфраструктурного характера, а также повышение конкурентоспособности на международном рынке отдельных отраслей экономики Российской Федерации и экономики в целом⁵. Несмотря на то, что программа утратила силу в 2019 году⁶ в пользу разработанного паспорта национального проекта “Цифровая экономика Российской Федерации”, за время ее существования специалистами России и международными институтами было подготовлено и выпущено большое количество стандартов, научных работ, исследований и гипотез.

На сегодняшний день уже предложены модели и методы оценки динамики или уровня ЦТ организации, основанные на внешних и внутренних факторах организации. Одним из ярких примеров является методика расчета индекса цифровизации Макензи, основанная на 24 показателях, позволяющих оценить уровень использования цифровых технологий в повседневной деятельности потребителей, организаций и государственных органов, а также уровень обеспеченности ИКТ-инфраструктурой и развития цифровых инноваций.⁷

Существует также модель структурирования элементов ЦТ бизнеса Джорджа Вестермана, Дидье Боннэ и Эндрю Макафи, которая представляет собой движение к ЦТ в трех ключевых областях: работа с клиентами, операционные процессы фирмы и бизнес-модели фирмы. Данные элементы в совокупности образуют своего рода набор строительных блоков для ЦТ бизнеса [Гарифуллин, Зябриков, 2018].

М.К. Ценжарик, Ю.В. Крылова, В.И. Стешенко в 2020 году предложили свою модель ЦТ в рамках модифицированной стратегической карты в зависимости от сбалансированной системы показателей Р. Каплана и Д. Нортона, выделив финансы, персонал, процессы, клиентов и технологии. Данная модель подчеркивает значимость технологической составляющей в процессах ЦТ и наличия сбалансированной связи технологии с новыми возможностями, кроме того, модифицированная стратегическая карта позволяет определить будущие результаты цифровых преобразований, а также позиционировать цифровой потенциал организации перед началом их проведения. Четыре модели ЦТ, озвученные авторами, предназначены для формирования стратегической цели и определения необходимых для ее реализации ресурсов [Ценжарик, Крылова, Стешенко, 2020].

В России важную часть составляет оценка развития цифровой экономики. Примерами оценки являются методика, разработанная Всемирным банком в сотрудничестве с Институтом развития информационного общества для различных стран мира,⁸ и индикаторы развития, представляемые в кратком статистическом сборнике [Абдрахманова, Васильковский, Вишневский и др., 2023].

Методика ориентирована на диагностику текущей ситуации и формирование плана дальнейших действий. Анализ происходит по трем основным аспектам ЦТ общества и экономики:

1. Факторы развития цифровой экономики.

2. Уровень использования цифровых технологий домохозяйствами и населением, а также для трансформации ключевых сфер деятельности.

3. Воздействие цифровых технологий на социально-экономическое развитие.

Краткий статистический сборник содержит основные индикаторы развития цифровой экономики в России. В основном представленная статистика сравнивается по годам, странам, возрастам. В качестве основных показателей развития выступают следующие:

⁴ Блинов, Дмитрий. Цифровая трансформация / Блинов Дмитрий. — Текст: электронный // dblinov.com: [сайт]. — URL: <https://dblinov.com/post-digital-transformation-overall> (дата обращения: 20.04.2023).

⁵ Распоряжение Правительства РФ № 1632-р от 28.07.2017 // Доступ из СПС «Консультант Плюс».

⁶ Распоряжение Правительства РФ от 12.02.2019 N 195-р // Доступ из СПС «Консультант Плюс».

⁷ Цифровая Россия: новая реальность. Аналитический отчет экспертной группы Digital. ООО «Мак-Кинзи и Компания СиАйЭс» [Электронный ресурс] // TAdviser : [сайт]. — URL: <https://www.tadviser.ru/images/c/c2/Digital-Russia-report.pdf> (дата обращения: 10.02.2023).

⁸ Анализ текущего состояния развития цифровой экономики в России. / Институт развития информационного общества [Электронный ресурс] // Институт развития информационного общества: [сайт]. — URL: <https://iis.ru/wp-content/uploads/2020/12/DECARussia2018rus.pdf> (дата обращения: 10.07.2023).

1. Валовые внутренние затраты на развитие цифровой экономики.
2. Население в цифровой реальности.
3. Дети и интернет.
4. Цифровизация отраслей.
5. Электронные госуслуги.
6. Кадры.
7. Инфраструктура.
8. Сектор ИКТ.

Такой показатель, как “Население в цифровой реальности”, рассматривается с точки зрения распространенности цифровых устройств, доступа к интернету, соотношения тарифов на услуги доступа к интернету со среднедушевыми денежными доходами населения, использования интернета (в том числе с мобильных устройств) населением и с какими целями, а также его цифровых навыков.

В показателе “Электронные госуслуги” учитывается онлайн-взаимодействие населения с органами власти, получение населением государственных и муниципальных услуг в электронной форме, причины отказа населения от получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме, а также онлайн-взаимодействие бизнеса с органами власти, получение государственных услуг в электронном виде и др.

“Цифровизация отраслей” в свою очередь предусматривает фиксированный широкополосный доступ к интернету и его использование в организациях, а также использование цифровых технологий и программных средств, средств защиты информации и др. [Абдрахманова, Васильковский, Вишневский и др., 2023].

По данным Центра цифровой экономики и государственной политики при Правительстве Российской Федерации, объем цифровой экономики России с 2011 года вырос почти в два раза, достигая 11,5 триллионов рублей в 2020 году, а валовые внутренние затраты на развитие цифровой экономики в период с 2017 по 2021 года выросли на 1524 млрд рублей (46 %), что может говорить о том, что все большее количество организаций и предприятий переходят на цифровые технологии и интернет-сервисы для управления бизнес-процессами. [Абдрахманова, Васильковский, Вишневский и др., 2023].

В связи с отставанием России от таких стран, как Германия, США, Япония и Китай в области ЦТ организаций, и отменой программы “Цифровая экономика”, в пользу паспорта национального проекта “Цифровая экономика”, разработка инструмента, который поможет определить целесообразность ЦТ организации, является важной задачей.

Подводя итоги, мы можем заметить следующее: предложенные инструменты вполне применимы, так как затрагивают и макроэкономические показатели, и типовые свойства организации, такие как процессы, маркетинг и продажи, однако эти инструменты не дают четких границ этапов ЦТ и понимания положения организации в настоящий момент времени из-за неадаптированности к различным видам бизнеса, разделяющимся по размерам организации, виду и типу деятельности. Таким образом, в упомянутых инструментах для оценки уровня ЦТ не выделена универсальная стержневая основа для оценки уровня ЦТ, применимая для всех видов бизнеса, соответствующая законодательству РФ.

В результате анализа мы выявили, что в качестве основы может быть рассмотрена управленческая документация, которая опирается на законодательство Российской Федерации (далее – документ). Выявленная основа сможет охватить все типы бизнеса в соответствии с тем, что ЦТ касается всей деятельности организации, так как документ является важной составляющей ЦТ, и именно он свидетельствует о деловой активности любой организации, а управление документами в свою очередь включает в себя создание документов и их ввод систему с целью доказательства ведения деловых операций⁹.

Для оценки уровня ЦТ организации представляется модель классификатора оценки уровня ЦТ организации на основе документа (далее – модель), в качестве критериев которой рассматриваются жизненный цикл документа (далее – ЖЦД) и этапы ЦТ. Теперь рассмотрим состав критериев представленной модели.

Цифровая трансформация

Исследователи из ассоциации EDUCAUSE¹⁰ выделили пять шагов на пути от традиционной аналоговой формы до стадии ЦТ, которые включают в себя:

1. Оцифровку информации.
2. Систематизацию информации.
3. Автоматизацию процессов.
4. Оптимизацию процессов.
5. ЦТ.

На основе пяти шагов принято выделять 3 стадии ЦТ организации [Ценжарик, Крылова, Стешенко, 2020]:

⁹ ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019 // Доступ из СПС «Консультант Плюс».

¹⁰ Consider the Three Ds When Talking about Digital Transformation // EDUCAUSE: [сайт]. – 2020. – URL: <https://er.educause.edu/blogs/2020/6/consider-the-three-ds-when-talking-about-digital-transformation> (дата обращения: 06.02.2023)

1. Оцифровка, включающая в себя оцифровку и систематизацию информации.
2. Цифровизация, включающая в себя не только автоматизацию процессов, но и их оптимизацию.
3. ЦТ.

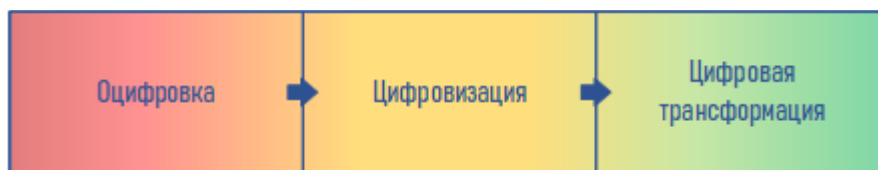


Рис. 1. Стадии ЦТ

Под оцифровкой мы подразумеваем кодирование информации в форму, удобную для использования, хранения и передачи с помощью компьютеров. С точки зрения документа оцифровка включает в себя сканирование, т.е. оцифровку бумажной информации, систематизацию оцифрованной информации и ее классификацию в зависимости от бизнес-процессов. Следовательно, можно выделить 3 подстадии:

1. Оцифровка бумажной информации.
2. Систематизация оцифрованной информации.
3. Классификация оцифрованной информации в зависимости от бизнес-процессов.

Цифровизация – это использование оцифрованной информации и цифровых технологий для внесения изменений в бизнес-процессы и бизнес-модели организации. На стадии цифровизации происходит работа над процессами управления документами, а именно описание, автоматизация и их оптимизация. Цифровизация позволяет быстрее и эффективнее принимать решения, сохранять и обрабатывать информацию и улучшать качество услуг.

Выделяется 3 подстадии цифровизации:

1. Описание процессов.
2. Автоматизация процессов.
3. Оптимизация процессов.

Последняя стадия, ЦТ, подразумевает полную перестройку бизнеса, определяемую цифровыми технологиями. На этапе ЦТ происходят непрерывные улучшения всех бизнес-процессов, управленческой документации, меняется подход самой организации при работе с документами, и сам бизнес, в котором работает организация, выдвигает новые требования по работе с документами. Таким образом, можно выделить 3 подстадии в зависимости от того, что трансформируется:

1. Трансформация всех бизнес-процессов.
2. Трансформация организации.
3. Трансформация бизнеса, в котором работает организация.

Таким образом, выделяется 9 подстадий ЦТ, представленных на рисунке 2.

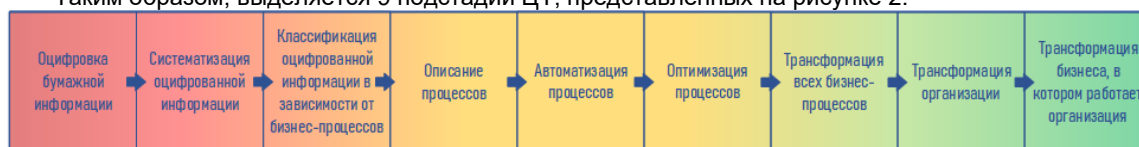


Рис. 2. Подстадии ЦТ

Рассмотрим определения каждой выделенной выше подстадии ЦТ более подробно. (См. таблицу 1)

Таблица 1. Описание подстадий ЦТ.

Стадии цифровой трансформации	Подстадии цифровой трансформации	Описание
Оцифровка	Оцифровка бумажной информации (Сканирование)	Сканирование документа
	Систематизация оцифрованной информации	Деятельность, заключающаяся в обоснованном ранжировании совокупности конкретных документов, т.е. процедура объединения документов, исходя из реквизитов
	Классификация оцифрованной информации в зависимости от бизнес-процессов	Распределение документов в зависимости от существующих в организации видов документов
Цифровизация	Описание процессов	Описание мероприятий, осуществляющихся в организации по документу, и маршрута движения документа

	Автоматизация процессов	Процесс внедрения автоматизированной системы управления для перевода существующих процессов документооборота в цифровой формат
	Оптимизация процессов	Процесс проработки протекающих процессов и анализ их эффективности, а также систем, использующихся в организации, и их реинжиниринг
	Цифровая трансформация	Процесс постоянного улучшения и перевод всех бизнес-процессов в цифровой формат
	Трансформация всех бизнес-процессов	Процесс постоянного улучшения и перевод всех бизнес-процессов в цифровой формат
	Трансформация организации	Полное и непрерывное изменение корпоративной культуры организации в области документооборота
	Трансформация бизнеса, в котором работает организация	Полное и непрерывное изменение подхода к ведению документооборота на уровне законодательства, нацеленное в первую очередь на взаимодействие с внешними организациями и гражданами с помощью цифровых технологий, преимущественно в масштабном, интегрированном или едином цифровом пространстве где, в первую очередь, существует направленность трансформации всех документационных процессов, находящих свое отражение в государственной политике, реализуемой в стратегии и тактике деятельности Федерального архивного агентства [Ларин, 2021]

Существует большое количество способов оценки эффективности ЦТ организации. Одним из показателей по оценке эффективности ЦТ организации является уровень расхода бумаги на обеспечение деятельности.

Расход бумаги

Переход на электронный документооборот позволяет существенно снизить издержки на поддержание процессов, которые можно выразить через расход бумаги.

В ГОСТ Р ИСО 9001- 2015 термин «документированная информация» используется во всех требованиях, относящихся к документам¹¹. В свою очередь сам термин «документированная информация», как и «документ», подразумевает любой формат и любой носитель¹², следовательно, в качестве подтверждения деятельности организации может применяться как бумажный, так и электронный документ. Таким образом, документ может быть цифровым, если это не противоречит законодательству РФ [Попов, Ральникова, 2023].

Данный факт начал отражаться и в Федеральных Законах РФ, например, в ФЗ от 22.11.2021 № 377-ФЗ "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации": документы, связанные с работой, можно оформить в качестве электронных документов, за исключением случаев, предусмотренных статьями 22.2 и 22.3 Трудового кодекса РФ¹³, что в дальнейшем будет сокращать трудозатраты и время оформления сотрудников организации, а также влиять на уровень удовлетворенности потребителей услуг.

Поэтому одним из практических показателей оценки эффективности уровня ЦТ может являться расход бумаги, который вычисляется как материальные и финансовые затраты, которые снижаются пропорционально повышению уровня ЦТ.

Отдельно выделен такой момент, как уменьшение расхода бумажных документов при переходе на различные стадии ЦТ.

При переходе на каждую следующую стадию ЦТ организация открывает для себя множество возможностей для сокращения расходов на управление документами. Например, внедрение и использование электронного документооборота позволяет уменьшить время и расходы, необходимые для перемещения документов между подразделениями, партнерами, вышестоящими организациями и др. Кроме того, можно сократить расходы на хранение документов, так как они могут храниться в системе электронного документооборота, они также могут легко обновляться, дополняться и отслеживаться в режиме реального времени. При этом, при переходе на полностью или частично безбумажный документооборот необходимо обеспечить высокую степень соответствия законодательству и требованиям безопасности [Попов, Ральникова, 2023].

Расход бумаги указывается в процентном соотношении и может выступать в качестве критерия эффективности, который хочет повысить конкретная организация. Следует учитывать, что расход

¹¹ ГОСТ Р ИСО 9001-2015// Доступ из СПС «Консультант Плюс».

¹² ГОСТ Р ИСО 9000-2015// Доступ из СПС «Консультант Плюс».

¹³ Федеральный закон от 22.11.2021 № 377-ФЗ // Доступ из СПС «Консультант Плюс».

бумаги обратно пропорционален уровню ЦТ организации, соответственно, при переходе на новый уровень ЦТ расход бумаги будет снижаться, что положительно влияет на издержки, которые несет организация, так как помимо прямых затрат на приобретение бумаги и содержание помещений для хранения бумажных документов, организация несет издержки упущенных возможностей, например, игнорирования использования электронного документооборота или затягивания процесса внедрения электронной цифровой подписи для подписания документов, что приводит к появлению издержек, оптимизация которых могла бы сэкономить деньги на текущие затраты.

Вторым критерием оценки уровня ЦТ мы выделяем ЖЦД.

Жизненный цикл документа

В ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019 дано следующее определение документа: «документированная информация, созданная, полученная и сохраняемая организацией или частным лицом в качестве доказательства и актива для подтверждения правовых обязательств или деловой транзакции». Документ должен обладать характеристиками аутентичности, достоверности, целостности и пригодности для использования¹⁴.

Берг Д. Б., Ульянова Е. А. и Добряк П. В. определяют ЖЦД как тип поведения документа от момента формирования до момента передачи в архив (на хранение) или уничтожения и выделяют 5 этапов ЖЦД [Берг, Ульянова, Добряк, 2014]:

1. Создание и редактирование.
2. Движение.
3. Выполнение задачи.
4. Мониторинг.
5. Архивное хранение.

Первый этап в каждой организации можно дополнить получением документа из сторонних организаций, вышестоящих министерств и т.д. Данный этап можно разбить на следующие подэтапы:

1. Создание и редактирование.
2. Обработка.
3. Принятие решения о дальнейшем направлении.

Такие этапы, как движение, выполнение задачи и мониторинг, можно охарактеризовать в качестве действий с документами в процессе выполнения широкого спектра операций, например, с целью выполнения должностных инструкций. Выделяются следующие подэтапы:

1. Направление документа в работу.
2. Исполнение.
3. Контроль и уведомления, отслеживание движения и исполнения документов.

Архивное хранение, в зависимости от установленных сроков хранения, также разбивается на три этапа:

1. Хранение в структурном подразделении организации.
2. Хранение в архиве организации.
3. Хранение в главархиве региона.

Здесь мы представляем укрупненный ЖЦД. В итоге мы получили следующий укрупненный ЖЦД (рис.3) и более подробный (рис.4). Описание подэтапов представлено в таблице 2.

ЖЦД включает 9 подэтапов (рис. 4).

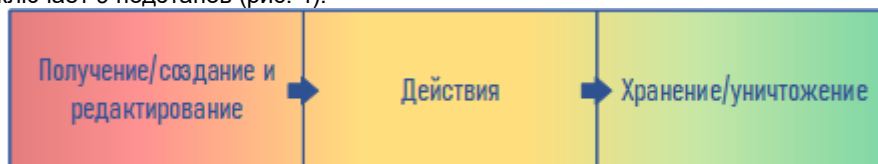


Рис. 3



Рис.4

Подробное определение каждого подэтапа ЖЦД представлено в таблице 2.

¹⁴ ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019 // Доступ из СПС «Консультант Плюс».

Таблица 2. Описание этапов ЖЦД

Этапы жизненного цикла документа	Подэтапы жизненного цикла документа	Описание
Получение/создание и редактирование	Создание и редактирование	Создание или получение от сторонней организации документа с определенными реквизитами, обсуждение, согласование и при необходимости редактирование (в случае создания)
	Обработка	Подготовка документа к дальнейшему направлению
	Принятие решения о дальнейшем направлении	Определение лиц, которые могут проводить широкий спектр операций с документом
Действие	Направление документа в работу	Направление документа в работу ответственным лицам
	Исполнение	Набор действий, связанных с процессом исполнения, и обязательство ответственных лиц к строгому исполнению в установленный срок
	Контроль и уведомление, отслеживание движения и исполнения документа	Отслеживание ответственными лицами перемещений документа и исполнения изложенных в нем поручений
Хранение/уничтожение	Обеспечение хранения документа в структурных подразделениях	Хранение и учет документа в структурном подразделении в соответствии с установленными сроками хранения с обеспечением возможности последующего доступа; для некоторых документов данный этап заменяется уничтожением документа
	Сдача документа в архив для централизованного хранения	Передача документа по описи в архив организации в соответствии с установленными сроками хранения с обеспечением возможности последующего доступа; для некоторых документов данный этап заменяется уничтожением документа
	Передача в Главархив региона	Передача документа постоянного срока хранения по описи в Главархив региона в соответствии с положением об архиве и установленными сроками хранения с обеспечением возможности последующего доступа; для некоторых документов данный этап заменяется уничтожением документа

Цифровизация и трансформация каждого этапа ЖЦД снижает уровень неудовлетворенности потребителей с высоким уровнем цифровой грамотности и повышает результативность пользования цифровыми услугами [Токтарова, Ребко, 2021].

Для оценки результативности организации одним из показателей может являться уровень удовлетворенности потребителей использованием цифровыми услугами, который будет улучшаться при увеличении уровня охвата ЖЦД.

Уровень удовлетворенности цифровой трансформацией

Согласно статистическому сборнику «Индикаторы цифровой экономики: 2021», подготовленному Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций, Федеральной службой государственной статистики и НИУ ВШЭ, доля частично и полностью неудовлетворенного населения качеством предоставления цифровых государственных (муниципальных) услуг в 2014 году составляла 42,5% от общей численности населения России, использующего сеть Интернет [Абдрахманова, Вишневский, Гохберг и др., 2021]. Такое высокое значение показателя неудовлетворенности связано с тем, что уровень цифровой грамотности потребителей на тот момент сильно превышал уровень цифрового предложения, то есть государство и частные организации не обладали таким уровнем ЦТ, чтобы удовлетворить спрос на цифровые услуги. Но уровень неудовлетворенности потребителей с течением времени снижался, что можно связать с развитием сервисов по оказанию цифровых услуг. Несмотря на то, что в 2020 году наблюдалось небольшое снижение уровня удовлетворенности цифровыми услугами, что можно связать с пандемией коронавирусной инфекции и резким повышением спроса на

цифровые услуги, в следующем году уровень удовлетворённости составил 88,4%, что является рекордным значением за все время.

Модель классификатора уровня цифровой трансформации организации на основе управленческой документации, регулируемой законодательством РФ.

На основании двух критериев – ЦТ и ЖЦД – и двух показателей – расход потребления бумаги, влияющей на эффективность, и уровень удовлетворенности, влияющий на результативность, – предлагается модель, представленная на рисунке 5.

С ее помощью появляется возможность определения текущего состояния организации и разработки стратегии по ЦТ, исходя из задач и имеющихся в организации ресурсов.

Модель представляет собой соотношение уровня ЦТ предприятия в зависимости от уровня ЖЦД с определением доли неудовлетворенности потребителей и участников результатами цифровых услуг – с уровнем расхода бумаги.

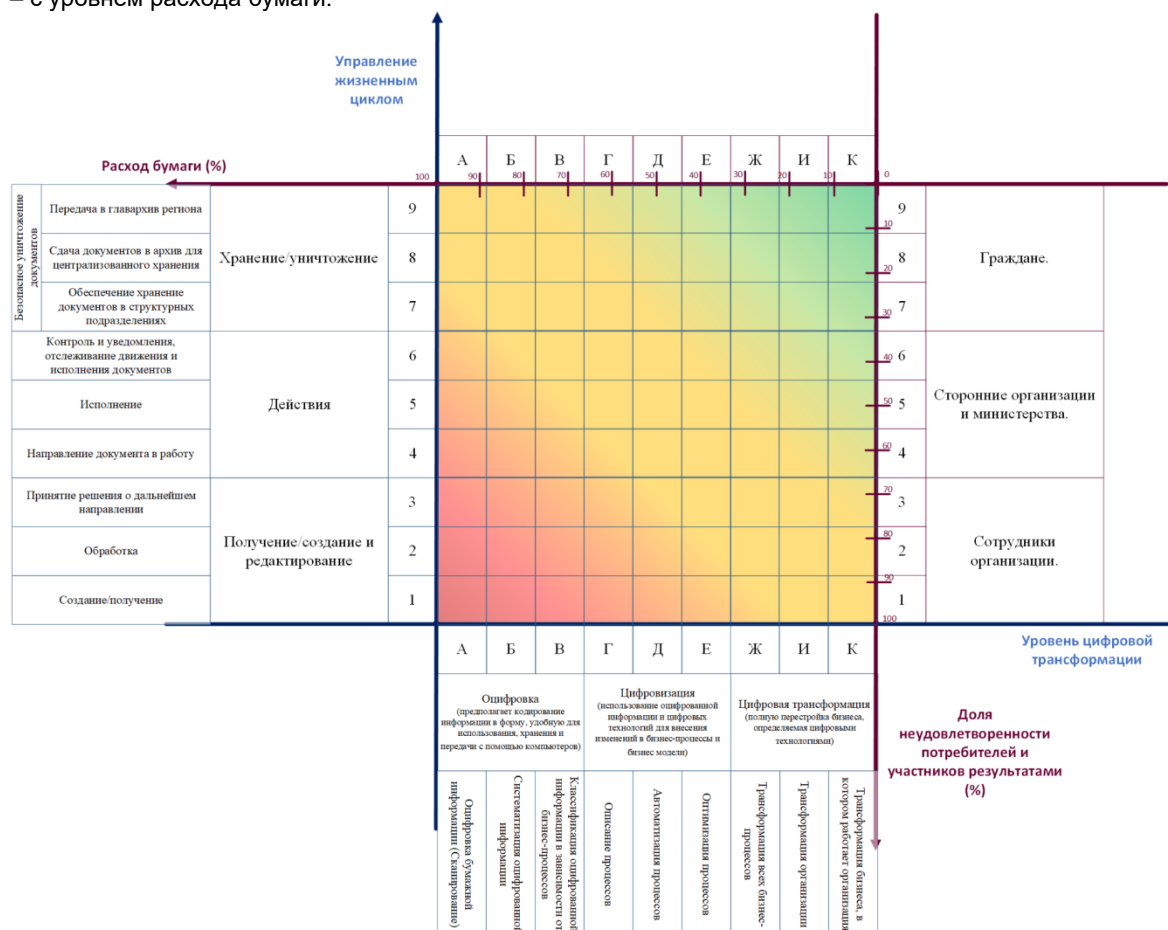


Рис.5 Модель классификатора оценки уровня ЦТ организации на основе управленческой документации, регулируемой законодательством РФ.

Данная модель является полезной для оценки уровня ЦТ организации на основе документа. Она позволяет оценить уровень цифровой готовности предприятия, его способность к использованию цифровых технологий, и принять решение о дальнейших действиях организации с целью повышения уровня качества работы и предоставляемых услуг. Применение данной модели позволит не только определить текущий уровень ЦТ организации, но и разработать стратегию по повышению уровня ЦТ, исходя из поставленных задач и имеющихся ресурсов. Кроме того, представленная модель поможет предприятиям установить приоритеты ЦТ управленческой деятельности и использовать их для планирования цифровых инициатив.

Модель позволяет оценить уровень цифровой готовности организации и является инструментом определения уровня ЦТ организации для обеспечения устойчивого роста, а также может помочь в выстраивании стратегии в соответствии с вектором движения ЦТ (рис. 4).

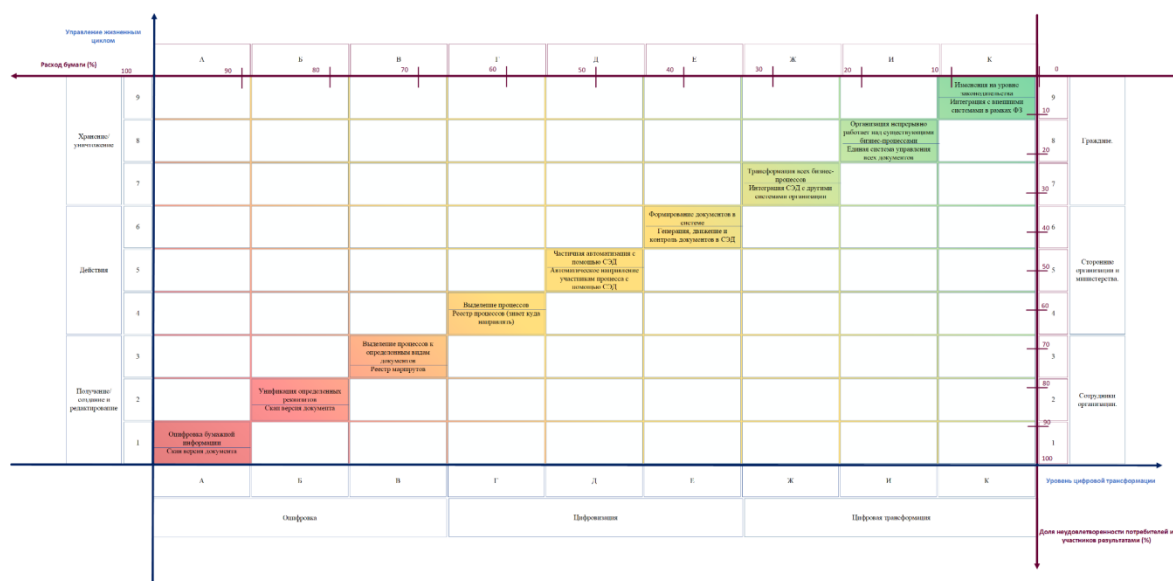


Рис.6 Вектор движения ЦТ

Этапы, описываемые выше, могут выступать в качестве оценки степени применения цифровых технологий, степени внедрения цифровых проектов и продуктов, а также степени применения цифровых стратегий при работе с документами.

Среди основных трендов цифровизации наиболее развитым и прогрессивным является управление документацией в финансовом секторе. В настоящее время виден результат активного перехода финансовых организаций на дистанционное обслуживание. В банковском сегменте это проявляется в постоянно увеличивающемся количестве пользователей мобильного и интернет-банкинга. Лидерами среди крупнейших банков по степени цифровизации по итогам первого полугодия 2019 г. стали ПАО «Сбербанк России», АО «Тинькофф Банк» и АО «Альфа-банк» [Ценжарик, Крылова, Стешенко, 2020]. Таким образом, в данных организациях с точки зрения уровня ЦТ:

- Разработаны собственные платформы, сайты или приложения для предоставления услуг физическим и юридическим лицам (например, всем известные приложения Сбербанка на мобильных устройствах).
- Выстроены цифровые процессы без взаимодействия граждан и работников организаций напрямую (мы можем в любой момент оформить счет или кредит в пару кликов).
- Постоянно улучшаются внедренные системы и привлекаются новые возможности (курсы от Сбербанка по финансовой грамотности).
- Уровень использования бумаги, как и уровень неудовлетворенности граждан, стремится к минимуму.
- Произошла трансформация экономического бизнеса на уровне законодательства (примеры законов).

Таким образом, согласно модели, в случае рассмотренных признаков ЦТ и при проработанности вопроса хранения документов и передачи в региональный архив согласно требованиям законодательства, организации находятся на стадии перехода в сектор К9, в случае проработки вопроса интеграции систем, используемых организациями с государственными системами. В случае, если упомянутые вопросы не проработаны и не прорабатываются, то можно сделать предположение, что организации находятся на переходном уровне с сектора И6 к сектору И7.

Заключение

На основании исследования методов оценки ЦТ как зарубежных, так и отечественных авторов предложена отличная от существующих инструментов и методов модель оценки уровня ЦТ на основе двух универсальных критериев. Преимущество данной модели, по сравнению с аналоговыми, является ее адаптированность к разным типам и видам бизнеса и соответствие законодательству Российской Федерации. Особенностью данной модели является то, что одним из критериев выбран ЖЦД, каждый этап которого должен не только соответствовать законодательству Российской Федерации, но и иметь возможность оцениваться со стороны потребителями услуг.

Все изложенное выше является аргументацией для использования классификатора в любой организации, работающей в соответствии с законодательством Российской Федерации, вне зависимости от направления деятельности организации, видов и типов бизнеса. Но наибольшую ценность данная модель принесет государственным организациям и крупным промышленным корпорациям, где наиболее важным и значимым моментом является соблюдение законодательства Российской Федерации в области делопроизводства и архивного дела, т.к. управленческая

документация на завершающих этапах жизненного цикла должна быть не только сохранена внутри организации, но и правильно передана в компетентные государственные органы хранения, например, в главархив региона.

Литература

1. Гарифуллин, Б. М. Цифровая трансформация бизнеса: модели и алгоритмы / Б. М. Гарифуллин, В. В. Зябrikov // Креативная экономика. – 2018. – Т. 12, № 9. – С. 1345-1358. – DOI 10.18334/ce.12.9.39332. – EDN VKHFUG.
2. Жизненный цикл: Берг, Д. Б. Модели жизненного цикла: Учебное пособие / Д. Б. Берг, Е. А. Ульянова, П. В. Добряк. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2014. – 76 с. – ISBN 978-5-7996-1311-2. – EDN ZUYBJZ.
3. Индикаторы цифровой экономики: 2021: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т И60 «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 380 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-7598-2385-8 (в обл.).
4. Ларин, М. В. Цифровая трансформация управления документами / М. В. Ларин // "Генеральный регламент": 300 лет на службе России: От коллежского делопроизводства до цифровой трансформации управления документами : Материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 14–16 октября 2020 года / Российский государственный гуманитарный университет, Историко-архивный институт, Факультет архивоведения и документоведения, Кафедра автоматизированных систем документационного обеспечения управления, Российское общество историков-архивистов (РОИА). – Москва: Российский государственный гуманитарный университет, 2021. – С. 10-19. – EDN NACUXS.
5. Попов Д.В. Архив как фактор цифровой трансформации организации / Д.В. Попов, К.В. Ральникова // Цифровая экономика. – 2023. – № 1 (22). – С.65-71.
6. Попов Д.В. Формирование системы управления организации / Д.В. Попов, С.П. Кутикова // Техническое творчество молодежи – 2022 – № 3(133).
7. Токтарова В.И., Ребко О.В. Цифровая грамотность: понятие, компоненты и оценка // Вестник Марийского государственного университета. 2021. №2 (42).
8. Цензарик М.К., Крылова Ю.В., Стешенко В.И. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КОМПАНИЙ: СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ И МОДЕЛИ // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2020. №3.
9. Цифровая экономика: 2023: краткий статистический сборник / Г. И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». –М.: НИУ ВШЭ, 2023. – 120 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-7598-2744-3 (в обл.).

References in Cyrillics

1. Garifullin, B. M. Cifrovaya transformaciya biznesa: modeli i algoritmy / B. M. Garifullin, V. V. Zyabrikov // Kreativnaya ekonomika. – 2018. – Т. 12, № 9. – С. 1345-1358. – DOI 10.18334/ce.12.9.39332. – EDN VKHFUG.
2. Zhiznennyy cikl: Berg, D. B. Modeli zhiznennogo cikla: Uchebnoe posobie / D. B. Berg, E. A. Ul'yanova, P. V. Dobryak. – Ekaterinburg: Ural'skij federal'nyj universitet, 2014. – 76 s. – ISBN 978-5-7996-1311-2. – EDN ZUYBJZ.
3. Indikatory cifrovoj ekonomiki: 2021: statisticheskij sbornik / G.I. Abdrahmanova, K.O. Vishnevskij, L.M. Gohberg i dr.; Nac. issled. un-t I60 «Vysshaya shkola ekonomiki». – М.: NIU VSHE, 2021. – 380 s. – 300 ekz. – ISBN 978-5-7598-2385-8 (v obl.).
4. Larin, M. V. Cifrovaya transformaciya upravleniya dokumentami / M. V. Larin // "General'nyj reglament": 300 let na sluzhbe Rossii: Ot kollezhskogo deloproizvodstva do cifrovoj transformacii upravleniya dokumentami : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 14–16 oktyabrya 2020 goda / Rossijskij gosudarstvennyj humanitarnyj universitet, Istoriko-arhivnyj institut, Fakul'tet arhivovedeniya i dokumentovedeniya, Kafedra avtomatizirovannyh sistem dokumentacionnogo obespecheniya upravleniya, Rossijskoe obshchestvo istorikov-arhivistov (ROIA). – Moskva: Rossijskij gosudarstvennyj humanitarnyj universitet, 2021. – S. 10-19. – EDN NACUXS.
5. Popov D.V. Arhiv kak faktor cifrovoj transformacii organizacii / D.V. Popov, K.V. Ral'nikova // Cifrovaya ekonomika. – 2023. – № 1 (22). – С.65-71.
6. Popov D.V. Formirovanie sistemy upravleniya organizacii / D.V. Popov, S.P. Kutikova // Tekhnicheskoe tvorchestvo molodezhi – 2022 – № 3(133).
7. Toktarova V.I., Rebko O.V. Cifrovaya gramotnost': ponyatie, komponenty i ocenka // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. 2021. №2 (42).
8. Cenzharik M.K., Krylova YU.V., Steshenko V.I. CIFROVAYA TRANSFORMACIYA KOMPANIJ: STRATEGICHESKIJ ANALIZ, FAKTORY VLIYANIYA I MODELI // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika. 2020. №3.
9. Cifrovaya ekonomika: 2023: kratkij statisticheskij sbornik / G. I. Abdrahmanova, S.A. Vasil'kovskij, K.O. Vishnevskij i dr.; Nac. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». –М.: NIU VSHE, 2023. – 120 s. – 300 ekz. – ISBN 978-5-7598-2744-3 (v obl.).

Попов Дмитрий Владимирович, к.э.н., доцент

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия,

Email: d.popov@stankin.ru

Ральникова Катрина Владиславовна, аспирант

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия

Email: k.ralnikova@stankin.ru

Кутикова Софья Павловна, магистр

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия

Email: sonjamech@mail.ru

Ключевые слова

Цифровая трансформация, автоматизация, оцифровка, оценка уровня цифровой трансформации, документ, электронный документ, жизненный цикл документа, жизненный цикл электронного документа, документооборот, электронный документооборот, нормативно-правовое обеспечение, классификатор, электронные документы, цифровая экономика, эффективность системы управления, оценка эффективности и результативности, модель оценки, классификатор уровня цифровой трансформации.

Dmitrij Popov, Katrina Ralnikova, Sofya Kutikova, Development of a model for assessing the level of digital transformation of an organization.

Keywords

Digital transformation, automation, digitization, assessment of the level of digital transformation, document, electronic document, document lifecycle, electronic document lifecycle, document management, electronic document management, normative-legal support, classifier, electronic documents, digital economy, management system efficiency, efficiency and effectiveness assessment, evaluation model, classifier of the level of digital transformation.

DOI: 10.34706/DE-2023-03-08

JEL classification: M10 – Деловое администрирование: Общее, M15 – Управление ИТ, L86 – информационные и интернет-услуги; Компьютерное программное обеспечение, K39 – Другие основные области права: Другое,

Abstract

The article analyzes the terms of digital transformation in Russian and foreign literature. The experience of digital solutions in foreign and domestic organizations has been studied. Various approaches to assessing the level of digital transformation of organizations are presented and the main evaluation criteria are highlighted. Based on the selected criteria of digital transformation, two universal evaluation criteria are formulated: the stages of digital transformation and the life cycle of management documentation.

Based on the two proposed universal criteria, a model of the level of digital transformation of an organization based on management documentation is constructed. In the model, indicators affecting efficiency and effectiveness are defined for each evaluation criterion. Examples of the application of the digital transformation model for organizations are proposed.

УДК 338.433.4:631.1

1.9. РОЛЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ПЕРЕХОДЕ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ РОССИЙСКОГО АПК

Гейт Н.А., канд. филос. наук

РАНХиГС, Москва

Эдер А.В., канд. техн. наук,

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

Рассматривается тема «устойчивого развития» (УР) как основной парадигмы развития агропромышленного комплекса (АПК) в России. Главным критерием устойчивости развития АПК должен выступать фактор обеспечения населения страны качественной продовольственной продукцией в настоящем и будущем. В качестве реализации модели устойчивого развития в сельском хозяйстве предлагается применение механизма ESG¹ (экология, социальное развитие и корпоративное управление). Принципы ESG должны стать в самой ближайшей перспективе одними из основных факторов развития АПК, уже сейчас они выступают как индикатор грамотного отношения компаний к окружающей среде и их готовности инвестировать в технологии, обеспечивающие устойчивое развитие отрасли. Цифровые технологии являются основными направлениями в развитии отечественного АПК, но на сегодняшний день они не учитываются и не оцениваются как в международных, так и в отечественных рейтингах ESG. По мнению авторов, для придания мобильности развиваемой в России ESG-трансформации АПК, целесообразно более системно и эффективно внедрять цифровизацию. Процесс продвижения цифровизации в переходе к устойчивому развитию АПК в России как фактора обеспечения продовольственной безопасности имеет стратегию, связанную с целями безопасной жизни и фактически выживания нации и обеспечения качества ее жизни и здоровья, а также сохранения и восстановления окружающей среды и углеродной нейтральности сельского хозяйства.

1. Введение

Тема «устойчивого развития» (УР) не перестает быть актуальной для многих отраслей хозяйственной деятельности как в мире, так и в России. По исследованию аналитиков Россельхозбанка, принципы ESG станут в перспективе пяти ближайших лет одними из основных факторов развития агропромышленного комплекса (АПК) в России². В приведенном исследовании, в частности, говорится, что «принципы ESG играют все большую роль и становятся индикатором ответственного отношения компаний к окружающей среде и их готовности инвестировать в технологии, обеспечивающие устойчивое развитие. Сельское хозяйство не исключение».

На современном этапе развития отечественной аграрной отрасли страны появляется необходимость оперативно противостоять не только угрозам, возникшим в связи с ослаблением курса рубля и падением потребительского спроса населения, но и угрозам кибербезопасности, продолжающейся высокой зависимостью от импортного оборудования, техники, производственных и информационных технологий. Л.А. Белова пишет, что «без активизации инновационной составляющей в деятельности отечественных сельхозтоваропроизводителей, ускорения темпов модернизации технико-технологической базы отраслей АПК невозможно поддерживать ритмичность воспроизводственных процессов и обеспечить государственный продовольственный суверенитет» [Белова, 2017].

На наш взгляд, для решения проблемы реализации механизма ESG-трансформации в АПК России целесообразно рассматривать её в совокупности с направлением обеспечения продовольственной безопасности страны. Тем более, что 21 января 2020 г. указом Президента РФ была утверждена новая Доктрина продовольственной безопасности нашей страны.

2. Цели и факторы устойчивости в обеспечении населения безопасной продовольственной продукцией

Сам термин «продовольственная безопасность» был введен в научный оборот еще в первой половине 1970-х гг. Международно-правовое регулирование продовольственной безопасности основывается на нормах Всеобщей декларации о ликвидации голода и недоедания, одобренной Резолюцией 3348 (XXIX) Генеральной Ассамблеи ООН от 17 декабря 1974 г., Римской декларации всемирного саммита по продовольственной безопасности, прошедшего 16-18 ноября 2009 г. и других международных документов, в том числе подготовленных Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и других правовых актах. Неотъемлемой частью концепции продовольственной безопасности является тема качественной сельскохозяйственной продукции. Именно наличие качественного и безопасного продовольствия во многом определяет здоровье подрастающего поколения и всей нации в целом [Эдер, 2006], а его воспроизводство непосредственно связано с эффективностью функционирования АПК и темпами его инновационного обновления» [Гейт, 2020].

Защите прав потребителей на качественные пищевые товары уделяется внимание в Резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 09 апреля 1985 г. № 39/248 «Руководящие принципы для защиты интересов потребителя». Резолюция, в частности, закрепила следующие основные права потребителей: 1) право на безопасность; 2) право на информацию; 3) право на выбор; 4) право быть услышанным; 5)

¹ <https://rshb-am.ru/esg/>

² <https://tass.ru/ekonomika/11512943>

право на возмещение ущерба; 6) право на потребительское образование; 7) право на удовлетворение базовых потребностей; 8) право на здоровую окружающую среду.

Законом РФ «О защите прав потребителей» также регламентируется предоставление изготовителем, исполнителем, продавцом потребителю необходимой и достоверной информации о товарах, работах и услугах, обеспечивающую возможность их правильного выбора. Стратегической целью достижения продовольственной безопасности выступает обеспечение населения страны безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием в объемах, предполагающих рациональные нормы потребления пищевой продукции³. Гарантией ее достижения является стабильность внутреннего производства, а также наличие необходимых резервов и запасов⁴. Как любая проблематика, связанная с обеспечением различных видов безопасности, в оценке ее уровня следует опираться на анализ рисков указанного вида безопасности [Киселев, Строков, Жорова, 2015].

Н.А. Асанова считает, что «решение проблемы продовольственной безопасности связано с демографической и экологической проблемами, проблемами бедности» [Асанова, Исачкова, 2018]. По мнению С.А. Влазневой, «проблема обеспечения населения продовольствием имеет явно выраженный социальный аспект, однако природно-ресурсный потенциал нашей страны обладает стратегическим преимуществом, достаточным для обеспечения продовольственной независимости страны» [Влазнева, Костина, 2015]. Как пишет М.И. Савельева, «...продовольственная безопасность Российской Федерации является фактором сохранения ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей демографической политики, необходимым условием реализации стратегического национального приоритета – повышение качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения». Успешная реализация Государственных программ развития АПК и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия и федеральных целевых программ позволила не только наращивать отечественное производство продуктов питания, но и сформировать агропродовольственный сектор экономики страны, устойчивый к воздействию рисков и угроз продовольственной безопасности [Савельева, 2019].

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации формулирует, что «...продовольственная безопасность Российской Федерации – состояние социально-экономического развития страны, при котором обеспечивается продовольственная независимость Российской Федерации, гарантируется физическая и экономическая доступность для каждого гражданина страны пищевой продукции, соответствующей обязательным требованиям, в объемах не меньше рациональных норм потребления пищевой продукции, необходимой для активного и здорового образа жизни»⁵. Схожее понятие продовольственной безопасности государства закреплено в ст. 1 Модельного закона о продовольственной безопасности, принятого 16 октября 1999 г. на четырнадцатом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ⁶. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» устанавливает «требования безопасности ко всем видам пищевых продуктов, процессам их производства, хранения, транспортировки, реализации и утилизации, а также формы и способы оценки соответствия такой продукции»⁷.

На состояние продовольственной безопасности влияют следующие факторы: степень квалификации управленческого персонала, уровень обеспеченности семенами, удобрениями, средствами защиты растений, современным оборудованием, техникой, технологиями, программным обеспечением отечественного производства; рациональное использование сельскохозяйственных земель; погодноклиматические условия; среднедушевые доходы населения; импорт и экспорт продовольствия и т.д. Глубину существующих проблем в развитии национального АПК связывают с постоянным дефицитом финансов, с неудовлетворительным качеством системы аграрного образования, и, как следствие, отсутствием высококвалифицированных кадров. Повышению уровня национальной продовольственной безопасности России должны способствовать подъем престижа работника сельского хозяйства, повышение инвестиционной привлекательности отрасли, финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), создание конкурентоспособных семян и гибридов, развитие отечественной селекции и генетики. Поступательная цифровизация отрасли также должна способствовать повышению уровня национальной продовольственной безопасности России.

Наряду с традиционными угрозами продовольственной безопасности, необходимо отметить и новые угрозы ее состоянию, среди которых санкционное воздействие и последствия пандемии [Новоселов, Белкина, 2021]. Тема обеспечения продовольственной безопасности в период санкций развивает-

³ Указ Президента РФ от 21.01.2020 N 20 "Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации".

⁴ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утв. Указом Президента Российской Федерации от 30.01.2010 № 120.

⁵ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20.

⁶ Модельный закон о продовольственной безопасности. Принят 16 октября 1999 г. Постановлением № 14-10 на 14-м пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ.

⁷ Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 №880 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции».

ся в научном сообществе достаточно активно и разносторонне [Влазнева, Мишина, 2015]. В сложившейся ситуации многие политики и экономисты увидели шанс для российских сельхозпроизводителей заменить импортные продукты отечественными.

21 декабря 2022 г. в пресс-центре МИЦ «Известия» состоялась презентация доклада Института международных исследований МГИМО на тему: «Продовольственная (не)безопасность в 2022 году. Победители и проигравшие в санкционной войне»⁸. На основании многолетних исследований был сделан вывод, что «...проводимая в России политика импортозамещения позволила достигнуть и превзойти пороговые значения Доктрины продовольственной безопасности по основным продуктам питания. Данный факт существенным образом повлиял на состояние продовольственной независимости России»⁹. Исследователи относят Россию по уровню обеспечения продовольственной безопасности к группе относительно независимых стран в связи со структурой импорта продовольствия. Несомненно, в этой области существует и ряд нерешенных проблем, как и ряд перспективных направлений их решения. Так, например, проблема отставания от пороговых значений по сельскохозяйственным культурам может быть связана с неэффективным использованием земель сельскохозяйственного назначения. Современные вызовы ставят под угрозу оперативное решение задач, связанных с созданием импортозамещающих и экспортно-ориентированных производств, которые являются краеугольным камнем государственного продовольственного суверенитета.

При том, что «продовольственный рынок, по прогнозам экспертов, в перспективе является наиболее эффективной и развивающейся сферой»¹⁰, для ускорения процессов обеспечения продовольственной безопасности государства, общества и личности требуется внедрение новых методов управления, к которым и относится ESG-модель.

3. Значение ESG в обеспечении работы АПК

На настоящий момент имеющийся природоресурсный потенциал в нашей стране используется недостаточно эффективно, поскольку уже сегодня по некоторым видам продовольственных товаров «Россия могла бы обеспечивать не только национальный продовольственный рынок сельскохозяйственной продукцией, но и увеличить свою долю в мировом экспорте» [Кравченко, Сергеева, 2015].

Как считает Е.С. Земскова: «Снижение доходов населения и подорожание продовольствия приводят к меньшей обеспеченности населения продуктами питания, ввиду снижения их экономической доступности, а также к увеличению доли расходов на продовольствие в общих расходах населения. Указанный показатель довольно явно сигнализирует о состоянии как сферы уровня и качества жизни, так и продовольственной безопасности, показывая их взаимосвязь» [Земскова, Чудайкина, Казаков, 2015].

Аналитики Россельхозбанка отмечают, что внедрение ESG-подходов в работу компаний АПК уже началось, однако дальнейшее сокращение нагрузки отрасли на окружающую среду возможно за счет внедрения современных технологий; «...это относится как к уже разработанным безотходным технологиям замкнутого цикла, так и к цифровизации сельскохозяйственного производства. Например, на основе цифровых карт состояния почв удобрения вносятся только там, где это реально требуется, и в разумном количестве. В результате снижается нагрузка на окружающую среду»¹¹. «Председатель правления Россельхозбанка Борис Листов, в свою очередь, уверен, что сельское хозяйство уже отвечает многим ESG-принципам: «Нам необходима такая парадигма развития, которая позволит, с одной стороны, укреплять социально-экономическое положение страны, а, с другой, беречь окружающую среду. Уже сейчас ни один проект в сельском хозяйстве не реализуется без анализа потенциального воздействия на окружающую среду, оценки экологических рисков и выполнения требований природоохранного законодательства. Следующий шаг – реализация «зеленых» проектов, когда внедрение наилучших доступных технологий будет прямо направлено на снижение выбросов», – добавил Листов, комментируя выводы аналитиков»¹². Научно определено, что внедрение ESG-принципов позволяет компаниям добиваться экономического эффекта в виде увеличения прибыли и/или сокращения издержек¹³. Бизнес-факторы будут влиять на то, будет ли выгодно вести устойчивое сельское хозяйство. Ценовые диспропорции 2020-2022 гг. уже привели к резкому сокращению посевных площадей в мире, но на это повлияли еще и меры регулирования рынка в каждой конкретной стране.

Следует остановиться и на теме производства органической продукции в рамках настраивания инструментов ESG, что также обусловлено обязанностями государства в сфере защиты прав граждан на полноценное качественное питание и благоприятную окружающую среду, которые «должны удовлетворять физиологические потребности человека в необходимых веществах и энергии, отвечать обычно предъявляемым к природным объектам, ресурсам и пищевым продуктам требованиям в части органолептических и физико-химических показателей и соответствовать установленным нормативными документами требованиям к допустимому содержанию химических, радиологических, биологически актив-

⁸ <https://pc.iz.ru/events/311>

⁹ Там же.

¹⁰ Там же.

¹¹ <https://tass.ru/ekonomika/11512943>

¹² <https://tass.ru/ekonomika/11512943>

¹³ Там же.

ных веществ и их соединений, представляющих опасность для здоровья нынешнего и будущих поколений» [Стефанова, Шалимова, Эдер, Цикин, 2006].

Цифровые технологии и биотехнологии являются драйверами развития АПК, в том числе в области планирования, учета, контроля качества, подбора оптимального севооборота и культуры-предшественника, корректного выбора удобрений и средств защиты растений, управления микроклиматом животноводческих объектов, онлайн-инструментов прослеживаемости и повышения общей эффективности работы оборудования и техники, что влияет на эффективность сельскохозяйственного и пищевого производства и обеспечения УР АПК нашей страны.

Хотя цифровизация является одним из важнейших факторов развития аграрной экономики, она на сегодняшний день не учитывается и не оценивается как в международных, так и в отечественных рейтингах ESG. В то же время информации о том, что ESG-факторы будут включены в критерии цифровизации отрасли, на сегодняшний день тоже нет. В основном за счёт применения удобрений в сельском хозяйстве АПК является одним из лидеров по углеродному следу.

Однако, мы считаем, что неправильно и некорректно делать прямой перенос углеродных единиц от предприятия, производящего удобрения, на предприятие, использующее эти удобрения для выращивания, например, зерновых культур. Удобрения – это вещества, необходимые для питания растений. Эффект их применения обусловлен тем, что удобрения предоставляют растениям один или несколько дефицитных химических компонентов, необходимых для их нормального роста и развития. Вместе с тем удобрения переходят из почвы в биологическую структуру растений и становятся их частью. Поэтому речь идет не о накоплении углеродных единиц, а об их утилизации в результате производственного цикла. Остаточные количества удобрений, которые не были должным образом усвоены растениями, могут быть использованы в следующем цикле производства.

Задача цифровизации – в том числе регистрировать физико-химические показатели почвы и на основе технологических карт для конкретных сельскохозяйственных культур рассчитывать плановые данные по количеству вновь вносимого объема удобрений на конкретную площадь посевов, чтобы не допускать перерасхода. Фактическое количество внесения можно контролировать с помощью специализированного программного обеспечения для техники и навесных устройств. Регистрация данных и управление дифференцированным внесением производится с помощью специализированных датчиков. Таким образом, цифровизация позволит прослеживать всю цепочку углеродного цикла и поможет предприятиям АПК на основе плановых и фактических данных обеспечивать выполнение ESG-принципов в части углеродной нейтральности.

Россия пока отстает от глобального тренда на устойчивое развитие: более 80% российских компаний реального сектора экономики не имеют стратегии устойчивого развития, о чем свидетельствуют данные опроса рейтингового агентства «Эксперт РА», проведенного в феврале 2021 г. среди 150 компаний. Осведомленность российских компаний об ESG-принципах крайне низкая: буквально только 2-3 топ-менеджера обладают информацией, как внедрить практики ответственного финансирования в бизнес-процессы. Однако ситуация постепенно меняется. Для того, чтобы сельское хозяйство, пищевая и перерабатывающая промышленность соответствовали стратегии низкоуглеродного развития, по оценкам Российской академии наук, необходимо привлечь инвестиции в размере 3,6 трлн руб. до 2050 г.¹⁴

По данным Материала Дирекции по ESG, ПАО «Сбербанк»¹⁵, отечественные экспортеры продукции АПК могут увеличить долю на китайском рынке за счет ESG-сертификации и вынесении логотипа ESG на упаковку продукции. Это связано с тем, что на китайском фондовом рынке порядка 40% компаний привлекают инвестиционные средства за счет «зеленых» облигаций, что в совокупности с государственной политикой, направленной на формирование рынка ESG, дает мультипликативный эффект для экономического развития и повышения уровня жизни граждан.

Пилотные выпуски отечественных зеленых облигаций начинают формировать стандарты, однако в виду малой базы пока сложно говорить о достигнутом экономическом эффекте, который выражается в снижении ставки заимствования за счет высокого спроса инвесторов в период размещения. Вместе с этим на отечественный фондовый рынок оказывает влияние отсутствие мер господдержки, как это действует в зарубежных странах.

4. Заключение

Таким образом, тема устойчивого развития АПК через продвижения ESG-модели как фактора обеспечения продовольственной безопасности имеет далеко идущую перспективу, связанную с целями обеспечения качества жизни, здоровья и даже выживания нации через сохранение и восстановление окружающей среды.

Гарантом постоянного наличия продовольственных ресурсов в необходимом количестве и качестве должно выступать государство, которое за счет постоянно совершенствующейся системы регулирования и поддержки АПК должно сосредотачивать имеющиеся ресурсы на «точках роста», способных сохранить агропродовольственный рынок страны и обеспечить физическую и экономическую доступность продо-

¹⁴ <https://www.finam.ru/publications/item/selskomu-xozyaistvu-rf-v-ramkax-esg-transformacii-nuzhno-3-6-trln-rubleiy-investicii-do-2050-goda-20211007-142055>

¹⁵ https://sber.pro/digital/uploads/2022/09/ESG_China_A3_2_1a2c577320.pdf

вольствия каждому человеку, адаптацию нормативной и правовой базы к трансформационным изменениям рыночной конъюнктуры в условиях санкций и постоянных форс-мажорных обстоятельств, а также постоянное повышение технологичности агробизнеса за счет цифровой трансформации АПК.

Цифровизация позволит проследить всю цепочку углеродного цикла и поможет предприятиям АПК на основе плановых и фактических данных обеспечивать выполнение ESG-принципов в части углеродной нейтральности.

Литература

1. Асанова, Н.А. Совершенствования бюджетной политики и тенденции социально-экономического развития Краснодарского края / Н.А. Асанова, Л.Н. Исачкова. // В сборнике: Проблемы и перспективы развития теории и практики экономического анализа. – 2018. – № 1. – С. 7-13.
2. Белова, Л.А. Инновации как фактор развития сельского хозяйства региона / Л.А. Белова, А.А. Якушкина // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 12-2 (89). – С. 270-275.
3. Влазнева, С.А. Продовольственная безопасность России в период санкций / С.А. Влазнева Н.А. Мишина // Продовольственная политика и безопасность. – 2015. – Т. 2. – № 3. – С. 153-166.
4. Влазнева, С.А. Продовольственная безопасность России в современных условиях. В книге Приоритетные направления развития и экономическая безопасность Российской Федерации / С.А. Влазнева, Е.В. Костина. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2015. – С. 33-36.
5. Гейт, Н.А. Поддержка органического сельского хозяйства как направление обеспечения продовольственной безопасности // Черные дыры в российском законодательстве. – 2020. – № 3. – С. 71-72.
6. Земскова, Е.С. Доходы населения и продовольственная безопасность государства / Е.С. Земскова, Ю.А. Чудайкина, С.В. Казаков // Контентус. – 2015. – № 5. – С. 123-138.
7. Киселев, С.В. Агропромышленный комплекс России в условиях санкций и необходимости обеспечения продовольственной безопасности / С.В. Киселев, А.С. Строков, М.Д. Жорова и др. // АПК: Экономика, управление. – 2015. – № 2. – С. 12-18.
8. Кравченко, А.А. Продовольственная безопасность и развитие рынка биотоплива: конфликт интересов / А.А. Кравченко, О.О. Сергеева // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. – 2015. – № 3. – С. 56-68.
9. Новоселов, С.Н. Продовольственная безопасность на фоне пандемийных процессов / С.Н. Новоселов, Е.Н. Белкина // Московский экономический журнал. – 2021. – № 9. – С. 140-151.
10. Савельева, М.И. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации – в действии / М.И. Савельева // Все о мясе. – 2019. – № 1. – С. 8-11. DOI: 10.21323/2071-2499-2019-1-8-11.
11. Стефанова, И.Л. Оценка биологической ценности детских мясных консервов по содержанию и фракционному составу белков / И.Л. Стефанова, О.А. Шалимова, А.В. Эдер, С.С. Цикин // Стратегия научного обеспечения развития конкурентоспособного производства отечественных продуктов питания высокого качества: Материал Всероссийской научно-практической конференции, Волгоград, 2006. / Волгоградский государственный технический университет, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции. Том Часть 1. – Волгоград: Перемена, 2006. – С. 188-196.
12. Эдер, А.В. Детские мясные консервы из мяса птицы – новое направление в производстве функционального детского питания / А.В. Эдер, С.С. Цикин, О.А. Ковалева // Проблемы развития АПК Орловской области, Орел, 11-12 мая 2006 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет, 2006. – С. 127-132.

References in Cyrillics

1. Asanova, N.A. Sovershenstvovaniya bjudzhetnoj politiki i tendencii social'no-jekonomicheskogo razvitiya Krasnodarskogo kraja / N.A. Asanova, L.N. Isachkova. // V sbornike: Problemy i perspektivy razvitiya teorii i praktiki jekonomicheskogo analiza. – 2018. – № 1. – S. 7-13.
2. Belova, L.A. Innovacii kak faktor razvitiya sel'skogo hozjajstva regiona / L.A. Belova, A.A. Jakushkina // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2017. – № 12-2 (89). – S. 270-275.
3. Vlazneva, S.A. Prodovol'stvennaja bezopasnost' Rossii v period sankcij / S.A. Vlazneva N.A. Mishina // Prodovol'stvennaja politika i bezopasnost'. – 2015. – T. 2. – № 3. – S. 153-166.
4. Vlazneva, S.A. Prodovol'stvennaja bezopasnost' Rossii v sovremennyh uslovijah. V knige Prioritetnye napravlenija razvitiya i jekonomicheskaja bezopasnost' Rossijskoj Federacii / S.A. Vlazneva, E.V. Kostina. – Penza: Privolzhskij Dom znaniy, 2015. – S. 33-36.
5. Gejt, N.A. Podderzhka organicheskogo sel'skogo hozjajstva kak napravlenie obespechenija prodovol'stvennoj bezopasnosti // Chernye dyry v rossijskom zakonodatel'stve. – 2020. – № 3. – S. 71-72.
6. Zemskova, E.S. Dohody naselenija i prodovol'stvennaja bezopasnost' gosudarstva / E.S. Zemskova, Ju.A. Chudajkina, S.V. Kazakov // Kontentus. – 2015. – № 5. – S. 123-138.
7. Kiselev, S.V. Agropromyshlennij kompleks Rossii v uslovijah sankcij i neobhodimosti obespechenija prodovol'stvennoj bezopasnosti / S.V. Kiselev, A.S. Strokov, M.D. Zhorova i dr. // APK: Jekonomika, upravlenie. – 2015. – № 2. – S. 12-18.

8. Kravchenko, A.A. Prodovol'stvennaja bezopasnost' i razvitie rynka biotopliva: konflikt interesov / A.A. Kravchenko, O.O. Sergeeva // Aziatsko-Tihookeanskij region: jekonomika, politika, pravo. – 2015. – № 3. – S. 56-68.
9. Novoselov, S.N. Prodovol'stvennaja bezopasnost' na fone pandemijnyh processov / S.N. Novoselov, E.N. Belkina // Moskovskij jekonomicheskij zhurnal. – 2021. – № 9. – S. 140-151.
10. Savel'eva, M.I. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii – v dejstvii / M.I. Savel'eva // Vse o mjase. – 2019. – № 1. – S. 8-11. DOI: 10.21323/2071-2499-2019-1-8-11.
11. Stefanova, I.L. Ocenka biologicheskoy cennosti detskih mjasnyh konservov po sodержaniyu i frakcionnomu sostavu belkov / I.L. Stefanova, O.A. Shalimova, A.V. Eder, S.S. Cikin // Strategija nauchnogo obespechenija razvitija konkurentosposobnogo proizvodstva otechestvennyh produktov pitaniya vysokogo kachestva: Material Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd, 2006. / Volgogradskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, Povolzhskij nauchno-issledovatel'skij institut proizvodstva i pererabotki mjasomolochnoj produkcii. Tom Chast' 1. – Volgograd: Peremena, 2006. – S. 188-196.
12. Eder, A.V. Detskie mjasnye konservy iz mjasa pticy – novoe napravlenie v proizvodstve funkcional'nogo detskogo pitaniya / A.V. Eder, S.S. Cikin, O.A. Kovaleva // Problemy razvitija APK Orlovskoj oblasti, Orel, 11-12 maja 2006 goda. – Orel: Orlovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2006. – S. 127-132.

Ключевые слова:

устойчивое развитие, ESG, экономика, продовольственная безопасность, продовольственный суверенитет, цифровизация АПК, зеленые облигации, углеродная нейтральность

*Гейт Наталья Александровна, канд. филос. наук, доцент, PhD
Доцент кафедры управления природопользованием и охраны окружающей среды ИГСУ РАНХиГС
при Президенте Российской Федерации
Член-корреспондент РЭА, главный научный сотрудник
НИИ Центр экологической промышленной политики
AuthorID: 296273
Email: geytnat@mail.ru*

*Эдер Александр Владимирович, канд. техн. наук
Доцент кафедры прикладной информатики Российского государственного аграрного
университета МСХА им. К.А. Тимирязева,
директор по отраслевым решениям ЗАО «КРОК инкорпорейтед»,
эксперт Национальной технологической инициативы 2.0 по направлению «ТехНет»
AuthorID: 646163
ORCID 0000-0003-2434-7781
Email: alexander.eder@mail.ru*

Natalia Geyt, Alexander Eder. The role of digitization in the transition to sustainable development of Russian agriculture

Keywords:

sustainable development, ESG, digital economy, food security, food sovereignty, digitalization of agricultural, green bonds, carbon neutrality

DOI: 10.34706/DE-2023-03-09

JEL classification: F36 Финансовые аспекты экономической интеграции; M21 Экономика бизнеса; Q01 Устойчивое развитие

Abstract

The topic of sustainable development is being considered as the primary paradigm for agricultural development in Russia. The key criterion for the sustainability of agricultural development should be the factor of ensuring the country's population with quality food products in the present and future. The implementation of the sustainable development model in agriculture suggests the application of the ESG mechanism (environmental, social development, and corporate governance). ESG principles should become one of the main factors in the development of agriculture in the near future; they already serve as indicators of companies' responsible environmental practices and their readiness to invest in technologies that ensure sustainable industry development. Digital technologies are the main directions in the development of domestic agriculture, but currently, they are not considered or evaluated in international and domestic ESG ratings. According to the authors, for the purpose of providing mobility to the ESG transformation of agriculture in Russia, it is advisable to systematically and efficiently introduce digitization. The promotion of digitization in the transition to sustainable development of agriculture in Russia, as a factor in ensuring food security, has a strategy associated with the goals of a safe life and the actual survival of the nation, ensuring the quality of life and health, as well as the preservation and restoration of the environment and carbon neutrality in agriculture.

УДК: 519.712.2

1.10. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Варнухов А.Ю., Зобнин Б.Б.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

Определена задача структурно-параметрического синтеза технологического процесса. Предложено представление и методика вычисления результата моделируемого технологического процесса в виде орграфа. Разработан метод решения поставленной задачи на основе модифицированного генетического алгоритма. Показаны результаты проведенного эксперимента и сформулированы направления развития метода.

Введение

Происходящий процесс цифровой трансформации в экономике усиливает необходимость модернизации и преобразований в подходах планирования и управления производственными, организационными и бизнес-процессами в организациях [Kraus Sascha et al., 2021] и [Teixeira & Tavares-Lehmann, 2023]. Вместе с тем растущее конкурентное давление и изменения во внешней среде приводят к постоянному поиску способов адаптации и инновационных стратегий для повышения основных экономических показателей эффективности деятельности организации [Osintsev & Khalilian, 2023]. Одним из направлений повышения эффективности является оптимизация производственных процессов. Под оптимизацией производственного процесса можно понимать выбор такой совокупности действий, методов, ресурсов и управляющих воздействий, которые приводят к значимому увеличению производительности, повышению качества, снижению издержек или затрачиваемого времени. Для этого применяются подходы, основанные на анализе внутренних процессов, математическом и имитационном моделировании [Волошко, Ивутин, Крюков, 2020] и [Савенкова, 2021], концепции шести сигм и бережливого производства [Денисова, Петрова, Сопин, 2022], [Aripin et al., 2023] и [Achibat et al., 2023], проектном управлении [Матюшок, Фомина, Хрусталева, 2014], а также применяются технологии «умного производства». Важной частью производственного процесса является технологический процесс, который позволяет преобразовывать исходные ресурсы в конечный продукт. В свою очередь каждый технологический процесс может образовывать иерархическую систему, которая состоит из вложенных в нее подпроцессов. Операцией технологического процесса называется элемент процесса, обладающий признаком условной неделимости, при котором дальнейшая декомпозиция нецелесообразна. Каждая операция может обладать набором параметров, которые задают характер и особенности ее функционирования. В частности, при изготовлении изделий могут быть применены различные режимы работы оборудования, варианты обработки, использования ресурсов и график работы. Поиск параметров, задающих работу технологического процесса, при которых обеспечивается минимизация себестоимости, времени на обработку и других критериев оценки, является задачей параметрической оптимизации. Известны различные подходы к решению этой задачи с применением аппарата линейного и динамического программирования, на основе хронометража, сетей Петри и так далее [Тациенко, Шатко, Баканов, 2020] и [Сочнев, 2020]. В общем виде задачу оптимизации можно сформулировать следующим образом: пусть имеется целевая функция (1), которая определяет требуемый критерий. Необходимо из определенного множества X , которое представляет собой совокупность параметров операции, при условии соблюдения ограничений (2-4), подобрать такое x^* , что выполняется (5).

$$f: X \rightarrow \mathbb{R} \quad (1)$$

$$x_{il} \leq x_i \leq x_{ir} \quad (2)$$

$$x_i \in \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\} \quad (3)$$

$$g_k(x_i) \leq 0; g_m(x_i) = 0; g_o(x_i) < 0 \quad (4)$$

$$f(x^*) = \min f(x), x \in X \quad (5).$$

В качестве критерия часто выступают такие показатели, как: удельные затраты, себестоимость, затрачиваемое время и другие.

Для многих технологических процессов допускается возможность построения различной структурной организации и последовательности выполнения операций. Таким образом, подбор композиции элементов технологического процесса обуславливает необходимость постановки задачи синтеза структуры при наличии заданного критерия оптимальности. Среди подходов решения задачи структурной оптимизации можно отметить поисковые, аналитические, численные и графические методы. При этом часто возникают затруднения в формализации условий, правил и накладываемых ограничений, что обуславливает сложность решения задач данного вида. Могут возникать случаи, при которых искомая структура должна содержать только выборочное подмножество из всей совокупности доступных операций. В частности, представляют интерес методы синтеза оптимальных технологических маршрутов [Попов, Запольская, Попова, 2020]. Таким образом, задача оптимизации технологического процес-

са и его составляющих является актуальной и значимой для повышения эффективности функционирования предприятий и обеспечения возможностей цифровой трансформации.

Целью исследования является разработка метода построения оптимальной модели технологического процесса с учетом налагаемых ограничений.

Постановка задачи

Пусть имеется множество элементарных операций $O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ некоторого технологического процесса. Для каждой операции из множества O задан известный входной поток, который преобразуется операцией O_i в некоторый выходной поток. При этом очевидно, что в реальном производственном процессе различные операции могут иметь на входе определенные изделия или сырье и производить на выходе из операции другие изделия или полуфабрикаты. Исходя из этого, существуют и определены правила, которые ограничивают доступные входы и выходы для каждой операции. Кроме этого, каждая операция может обладать набором параметров вида (2-4), которые задают особенности ее функционирования: режим работы, расписание, мощность, и так далее. Требуется найти технологический процесс, который является композицией элементарных операций из множества O и переходов между ними, удовлетворяющий следующим условиям:

- ▶ соответствует наложенным ограничениям на входные и выходные потоки каждой операции;
- ▶ оптимален с точки зрения критерия оценки его эффективности;
- ▶ может состоять как из некоторых, так и из всех возможных элементарных операций множества O .

Учитывая вышеизложенное, можно заключить в обобщенном виде, что требуется решить задачу структурно-параметрического синтеза и оптимизации технологического процесса.

Метод построения модели технологического процесса

Технологический процесс может быть представлен различными способами, например, в виде инструкций, схем, таблицы последовательностей, сетевого графика и так далее. В настоящей работе предлагается использовать представление в виде графа операций. Поскольку для каждой операции установлены конкретные входные и выходные потоки, то будем использовать ориентированный граф (далее – орграф). Пример такого графа показан на рисунке 1.

Орграф $G = (O, T)$ технологического процесса состоит из двух множеств O и T . Множество узлов O является подмножеством множества всех доступных операций моделируемого технологического процесса. Множество дуг T определяет переходы между операциями и состоит из упорядоченных троек $(O_i, O_j, w_{ij}) \in T$, где O_i соответствует операции, из которой совершается переход, а O_j операции, в которую совершается переход. Для каждой дуги в графе задан ее вес w_{ij} , при этом для каждого узла O_i должно выполняться (6), где J – это множество узлов, в которые совершается переход из O_i .

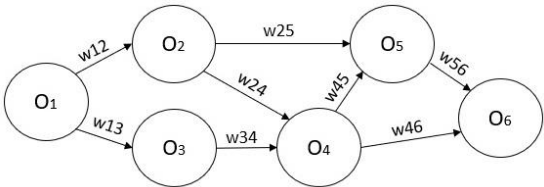


Рисунок 1. Пример орграфа
Источник: составлено авторами

$$\sum_{j \in J} w_{ij} = 1$$

(6).

Последовательности переходов вида $T_1, T_2, \dots, T_n$ описывают «маршруты» технологического процесса. Для задания правил взаимодействия между операциями, которые ограничивают возможные переходы, используется матрица смежности. Пример такой матрицы показан в таблице 1.

Таблица 1. Матрица правил взаимодействия между операциями

	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O ₅	O ₆
O ₁	0	1	1	0	0	0
O ₂	0	0	0	1	1	0
O ₃	0	1	0	0	1	0
O ₄	0	0	0	0	1	1
O ₅	0	0	1	0	0	1
O ₆	0	0	0	0	0	0

Каждая строка матрицы правил указывает операцию, из которой совершается исходящий переход. Столбцы матрицы обозначают направление, куда совершается переход. Если задан допустимый переход из операции O_1 в O_2 , то на пересечении первой строки и второго столбца указывается единица и ноль в противоположном случае. Поскольку в рассматриваемой задаче не допускается образование петель, то главная диагональ матрицы всегда заполнена нолями. Из матрицы правил можно определить операции, с которых начинается и которыми заканчивается технологический процесс. Операции, у которых в столбце, соответствующем их индексу, стоят одни ноли, будут начальными. Операции, у которых в строке, соответствующей их индексу, стоят одни ноли, будут конечными. Возможна ситуация, когда технологический процесс содержит такое множество операций, которые могут комбинироваться между собой так, что все строки и столбцы матрицы правил будут содержать, по меньшей мере,

одну единицу. Тогда необходимо дополнить матрицу виртуальными операциями таким образом, чтобы были заданы начальные и конечные операции.

Поскольку разные операции в технологических процессах преобразуют входные потоки в выходные по некоторому закону, то для каждой операции зададим функцию вида (7), в которой аргументы $p_1, p_2, \dots, p_n$ определяют параметры операции.

$$y = F(x, p_1, p_2, \dots, p_n), x \in \mathbb{R}^m, y \in \mathbb{R}^k, p_n \in \mathbb{R} \quad (7).$$

Например, если рассмотреть технологическую операцию по очистке проточной воды фильтром, то можно представить перерабатываемую воду как вектор $x = (a_1, a_2, \dots, a_m)$, в котором каждая компонента a_m содержит состав воды (концентрацию взвеси, тяжелых металлов, солей и прочее). Тогда через операцию очистки функция (7) преобразует характеристики исходной воды путем модификации компонентов вектора.

Допустим, получен некоторый орграф, представляющий технологический процесс, и выполнено вышеизложенное. Требуется рассчитать итоговый выход модели процесса после преобразований совершенными операциями. Для этого составим упорядоченную последовательность узлов для последующего расчета. Порядок в последовательности должен быть таким, чтобы узлы, в которые совершается переход, располагались позднее, чем узлы, из которых совершается переход. Для составления такой последовательности можно использовать подходы, основанные на поиске в глубину (DFS), а также алгоритмы Демукрона, Кана или Тарьяна. Для непосредственного расчета выполним следующие шаги:

- 1) инициализируем входными значениями начальные узлы;
- 2) возьмем первый узел O_i из упорядоченной последовательности узлов;
- 3) найдем все входящие в узел O_i дуги из множества T и составим линейную комбинацию, состоящую из весов w_{ij} дуг и значений входящих узлов O_j ;
- 4) выполним расчет по формуле (7) и запишем результат в узел O_i ;
- 5) удалим узел O_i из упорядоченной последовательности;
- 6) если в последовательности остались узлы, то перейти на шаг 2.

После выполнения указанных выше шагов в конечных узлах будет находиться итоговый выход модели технологического процесса. Если в орграфе технологического процесса содержатся обратные переходы, то в этом случае необходимо проделать аналогичные шаги за исключением того, что требуется выполнить несколько проходов и узлы, из которых исходят обратные дуги, должны быть инициализированы при первом проходе нолями. В качестве итогового выхода можно взять среднее от полученных результатов.

Для поиска решений в форме орграфа технологической операции применим подход на основе модифицированного генетического алгоритма. Генетические алгоритмы используются для обучения нейросетей, приближения функций, решения NP-полных задач, построения конечных автоматов, задач

моделирования, динамического программирования и других областях [Almufti et al., 2023]. Концепция работы генетического алгоритма построена на принципах упрощенного эволюционного развития. Сначала создается исходная популяция, состоящая из разнообразных особей. Каждая особь представляет собой решение или его часть, которое закодировано в виде хромосомы. После этого производится воздействие на популяцию оператором отбора и при помощи функции оценки отбираются наиболее приспособленные для дальнейшего развития особи. Выжившие на этапе отбора особи скрещиваются между собой с целью получения более жизнеспособного потомства, которое обладает признаками своих родителей. Такая рекомбинация позволяет вести контролируемое и направленное эволюционное развитие в процессе поиска решений. Для обеспечения разнообразия в популяции применяется оператор мутации. Мутация носит случайный характер и выполняется путем изменения некоторых частей решения внутри отдельных особей. Остановка эволюционного процесса может происходить после того, как найдено искомое решение или достигнут лимит по количеству оцениваемых поколений популяции.

В качестве теоретического подкрепления работы генетических алгоритмов выступает теорема о шаблонах Дж. Холланда. Стоит отметить, что принципы работы алгоритма носят вероятностный характер и обладают свойством обеспечения разнообразия потенциальных решений в каждом поколении популяции. Схема работы генетического алгоритма представлена на рисунке 2.

В классической реализации генетического алгоритма при создании популяции используются особи, хромосомы которых закодированы в векторы фиксированной длины вида $v = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ где a_n — это бинарные или вещественные числа. Оператор скрещивания реализуется путем замены i -ой компо-

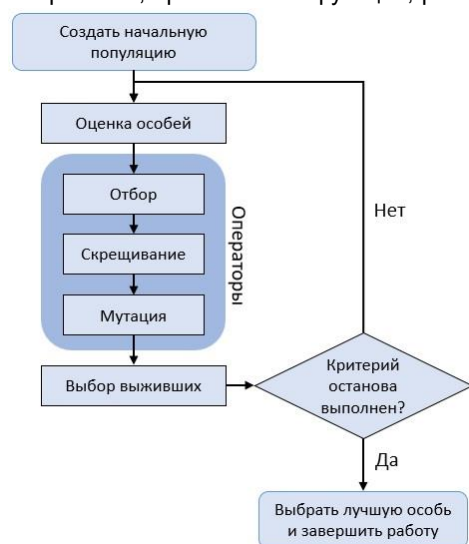


Рисунок 2. Общая схема работы
Источник: составлено авторами

ненты вектора хромосомы одной особи на j-ую компоненту вектора хромосомы другой особи. Оператор мутации выполняется путем случайного изменения i-ой компоненты вектора хромосомы.

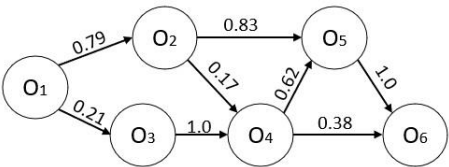
Поскольку решаемая задача поиска допускает переменное, и более того, заранее неизвестное количество операций технологического процесса, то применение фиксированной длины хромосомы, а значит и классической реализации генетического алгоритма невозможно. При этом стоит отметить, что имеются работы, в которых продемонстрирована возможность применения генетического алгоритма с хромосомами переменной длины [Cruz-Piris et al., 2019] и [Liu et al., 2023].

В настоящей работе для соблюдения наложенных условий и ограничений предложены отличные от классического: способ кодирования решения в виде хромосомы, способ выполнять оператор скрещивания, а также способ выполнять оператор мутации.

Для кодирования решения в виде хромосомы представим орграф в виде множества маршрутов, где отдельный маршрут состоит из последовательности операций. Процесс составления одного маршрута заключается в случайном выборе начальной операции, после чего из выходов этой операции, в соответствии с матрицей правил, случайным образом выберем следующую операцию, а затем для этой операции повторим поиск и выбор последующей и будем действовать таким образом, пока не достигнем конечной операции. Составленный таким образом маршрут будет удовлетворять наложенным ограничениям на входящие и исходящие потоки операций. Если объединить N таких маршрутов, то получится образовать верный орграф технологического процесса. Кроме маршрутов в хромосоме будем хранить множество дуг T для полученного орграфа. Пример хромосомы показан на рисунке 3.

Оператор скрещивания будет воздействовать на уровне маршрутов хромосомы. У каждой из двух выбранных оператором отбора для рекомбинации родительских особей выделяется по одному маршруту. В хромосому одной особи добавляется маршрут из другой особи, при этом добавленный маршрут удаляется. Если в процессе скрещивания образуются «висячие» узлы, то они также удаляются из хромосомы. Если при добавлении или удалении маршрута изменяется количество исходящих дуг узла, то для них выполняется пересчет весов согласно (6). Таким образом, соблюдается корректность операций и всего технологического процесса. Пример скрещивания показан на рисунке 4.

Оператор мутации состоит из двух процедур. Первая процедура заключается в модификации весовых коэффициентов после очередной итерации цикла развития популяции. Поскольку мутация носит вероятностный характер, определим уровень $P_w \in [0, 1]$ для контроля над запуском процедуры мутации. Для каждого узла орграфа сгенерируем случайную величину $P_{rand} \in [0, 1]$ и в случае, если P_{rand} меньше P_w , то зададим новые веса для всех исходящих дуг из этого узла с учетом (6). Вторая процедура используется для обеспечения возможности расширения или сужения пространства поиска. Обозначим вероятность изменения маршрутной сети внутри хромосомы $P_{route} \in [0, 1]$. Если у особи не произошла мутация весовых коэффициентов, то для нее с вероятностью P_{route} будем добавлять или удалять маршруты в хромосоме после очередной итерации генетического алгоритма.



R1=O1-O2-O4-O5-O6
R2=O1-O2-O5-O6
R3=O1-O3-O4-O6

O1	O2	O1	O3	...	...
0.79		0.21		...	

Рисунок 3. Пример кодирования
Источник: составлено авторами

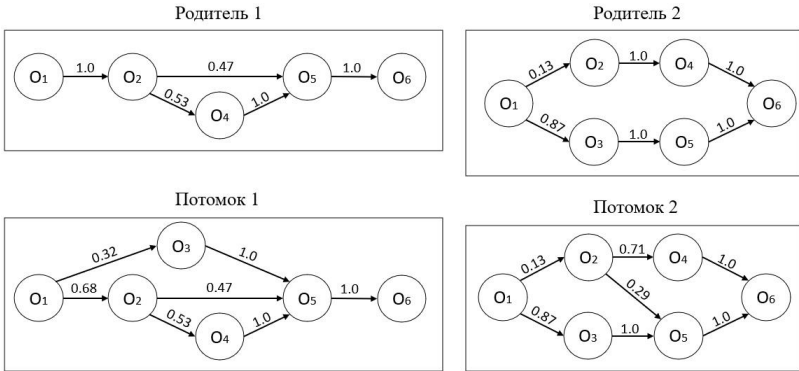


Рисунок 4. Рекомбинация особей
Источник: составлено авторами

Эксперимент

Под руководством профессора Б.Б. Зобнина выполняется проект по разработке комплекса безрегентной очистки кисло-рудничных шахтных вод, нацеленный на снижение экологических последствий самоизлива на шахтах, которые находятся на «мокрой» консервации. Одной из задач в процессе разработки является поиск оптимальной структуры построения комплекса из имеющейся компонентной базы. С точки зрения технологического процесса комплекс состоит из множества операций, выполняемых для получения очищенной воды: откачка воды насосами, фильтрационная очистка, промывка, осаждение и так далее. При этом каждая операция может быть реализована с помощью различных компонентов. Так, для операции очистки могут быть использованы разные виды фильтров. В свою

очередь каждый такой фильтр характеризуется различным исполнением, производительностью, потерями, размерами и фильтрующими материалами загрузки. Таким образом, множество допустимых операций технологического процесса задается доступной компонентной базой. Матрица правил процесса определяется возможностью соединения между собой компонентов и общими требованиями к реализуемому процессу очистки. Функции вида (7) задавались модельным способом, поскольку компонентная база находится в стадии формирования. Для оценки приспособленности особи использовалась формула (8), которая определяется как разность суммарного выпуска очищенной воды Q и величины затрат на ее производство с учетом затрат на ремонт комплекса в случае выхода из строя его компонентов.

$$Fitness(x) = Q - \left(\sum_{k \in K} S_k(x_k) + \sum_{i=1}^n P_i C_i \right), n = |K| \quad (8).$$

В формуле (8) множество K состоит из компонентов технологического процесса. Каждое слагаемое S_k отражает затраты на осуществление k -ой операции при условии x_k входа, P_i показывает вероятность выхода из строя i -ого компонента, C_i – средняя стоимость ремонта вышедшего из строя компонента. Для остальных параметров установлены следующие значения: количество особей начальной популяции 100, уровень P_w мутации 0.05, величина P_{route} равна 0.10, критерием останова выбрано максимальное количество итераций 100. График развития популяции показан на рисунке 5.

На графике развития можно заметить, что начальные поколения имели низкую приспособленность, однако с развитием популяции виден рост как средней, так и максимальной приспособленности особей. Несмотря на падения, которые наблюдались в процессе эксперимента, направленное эволюционное развитие позволило обеспечить общее движение популяции к поиску лучшего решения.

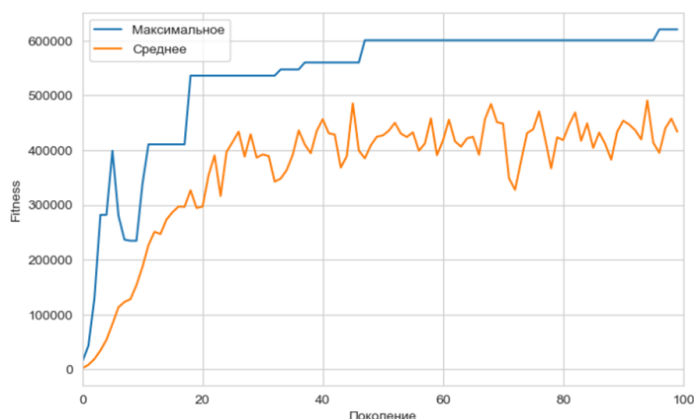


Рисунок 5. Зависимость приспособленности
Источник: составлено авторами

Заключение

Предложенный в настоящей работе метод в условиях проведенного эксперимента показал свою работоспособность и возможность его применения к поставленной задаче. При этом для использования генетического алгоритма потребовалось разработать способ хранения решения в виде хромосомы, реализовать операторы скрещивания и мутации, а также определить функцию для оценки приспособленности особей в популяции. Из проведенного эксперимента также стало понятно, что итоговый результат работы зависит от выбора гиперпараметров и начальной популяции. Данный метод можно использовать как для проектирования технологических процессов с нуля, так и для оценки эффекта от проведения модернизации при появлении новых технологических операций. Задание для каждой операции функции в виде (7) позволяет выполнить расчет модели произвольной структуры и смысла. В качестве дальнейшего развития метода целесообразно разработать подходы, увязывающие множество технологических процессов между собой с учетом различных уровней иерархии производственных процессов, а также исследовать вопрос снижения зависимости от начальной популяции.

В отличие от других детерминированных подходов семейство генетических алгоритмов используют операторы, которые имеют вероятностный характер, однако в совокупности применяемых методов удается использовать случайность для направленного поиска решений. Важной особенностью методов, которые основаны на идее эволюционного развития, является возможность их применения к задачам, которые имеют сложную математическую формулировку или вообще не поддаются математическому представлению. Среди других достоинств можно отметить стойкость к шумовым колебаниям и допустимость применения распределенных вычислений.

Литература

1. Волошко А.Г., Ивутин А.Н., Крюков О.С. (2020), Методы моделирования и анализа производственных процессов для разработки стратегии модернизации предприятия // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – No 12. – С. 36–44
2. Денисова Я.В., Петрова А.С., Сопин В.Ф. (2022), Оптимизация производственного процесса путем внедрения методов бережливого производства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, vol. 84, no. 2 (92), 2022, pp. 315-323

3. Матюшок С.В., Фомина А.В., Хрусталеv Е.Ю. (2014), Проектный подход как метод повышения экономической эффективности наукоемких промышленных предприятий // Экономический анализ: теория и практика, no. 34 (385), 2014, pp. 2-16
4. Попов А.П., Запольская А.Н., Попова Т.А. (2020), Многовариантный подход в решении оптимизационных задач составления алгоритмического описания маршрутов обработки // Транспортное машиностроение, no. 11 (96), 2020, pp. 18-25
5. Савенкова Н.П. (2021), Новый подход к математическому моделированию календарного планирования на промышленном предприятии / Н.П. Савенкова, В.С. Лапонин, А.Ю. Мокин, Л.А. Артемьева, А.А. Дряженков // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2021. – No 2 (135). – С. 103-114
6. Сочнев А.Н. (2020), Постановка задачи оптимизации в терминологии сетей петри // Вестник кибернетики, no. 1 (37), 2020, pp. 85-90
7. Тациенко В.П., Шатко Д.Б., Баканов А.А. (2020), Оптимизация технологического процесса на основе хронометража его ключевых операций // Вестник Кузбасского государственного технического университета, no. 1 (137), 2020, pp. 12-19
8. Achibat, Fatima Ezzahra & Lebkiri, Ahmed & Aouane, M. & Lougraimzi, Hanane & Berrid, Nabyl & Maqboul, Abdelaziz (2023), Analysis of the Impact of Six Sigma and Lean Manufacturing on the Performance of Companies. Management Systems in Production Engineering. 31. 191-196. 10.2478/mspe-2023-0020
9. Almufti, Saman & Shaban, Awaz & Ali, Rasan & Fuente, Jayson (2023), Overview of Metaheuristic Algorithms. Polaris Global Journal of Scholarly Research and Trends. 2. 10-32
10. Aripin, Norhana Mohd, Nawanir, Gusman, Mahmud, Fatimah, Fauzi, Muhammad Ashraf, Hussain, Suhaidah and Lee, Khai Loon (2023), Systematic Literature Review: Theory Perspective in Lean Manufacturing Performance // Management Systems in Production Engineering, vol.31, no.2, 2023, pp.230-241
11. Cruz-Piris, Luis & Marsá-Maestre, Ivan & López-Carmona, Miguel (2019), A Variable-Length Chromosome Genetic Algorithm to Solve a Road Traffic Coordination Multipath Problem. IEEE Access. PP. 1-1
12. Kraus, Sascha & Jones, Paul & Kailer, Norbert & Weinmann, Alexandra & Chaparro-Banegas, Nuria & Roig-Tierno, Norat (2021), Digital Transformation: An Overview of the Current State of the Art of Research. SAGE Open. 11. 10.1177/21582440211047576
13. Liu, Xiaoming & Wang, Liang & Cao, Yongji & Ma, Ruicong & Wang, Yao & Li, Changgang & Liu, Rui & Zou, Shihao (2023), Renewable Scenario Generation Based on The Hybrid Genetic Algorithm with Variable Chromosome Length. Energies. 16. 3180
14. Osintsev N. and Khalilian B. (2023), Does organizational performance increase with innovation and strategic planning, J. Oper. Strateg Anal., vol. 1, no. 1, pp. 25–33
15. Teixeira, J.E. and Tavares-Lehmann, A.T. (2023), Industry 4.0: the future of manufacturing from the perspective of business and economics – a bibliometric literature review, Competitiveness Review, Vol. 33 No. 2, pp. 458-482

References in Cyrillics

1. Voloshko A.G., Ivutin A.N., Kryukov O.S. (2020), Metody modelirovaniya i analiza proizvodstvennykh protsessov dlya razrabotki strategii modernizatsii predpriyatiya // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2020. – No 12. – pp. 36-44
2. Denisova Ya.V., Petrova A.S., Sopin V.F. (2022), Optimizatsiya proizvodstvennogo protsessa putem vnedreniya metodov berezhlivogo proizvodstva // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii, vol. 84, no. 2 (92), 2022, pp. 315-323
3. Matyushok S.V., Fomina A.V., Khrustalev E.Yu. (2014), Proektnyi podkhod kak metod povysheniya ekonomicheskoi effektivnosti naukoemkikh promyshlennykh predpriyatii // Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika, no. 34 (385), 2014, pp. 2-16
4. Popov A.P., Zapol'skaya A.N., Popova T.A. (2020), Mnogovariantnyi podkhod v reshenii optimizatsionnykh zadach sostavleniya algoritmicheskogo opisaniya marshrutov obrabotki // Transportnoe mashinostroenie, no. 11 (96), 2020, pp. 18-25
5. Savenkova N.P. (2021), Novyi podkhod k matematicheskomu modelirovaniyu kalendarного planirovaniya na promyshlennom predpriyatii / N.P. Savenkova, V.S. Laponin, A.Yu. Mokin, L.A. Artem'eva, A.A. Dryazhenkov // Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Priborostroenie. – 2021. – No 2 (135). – pp. 103-114
6. Sochnev A.N. (2020), Postanovka zadachi optimizatsii v terminologii setei petri // Vestnik kibernetiki, no. 1 (37), 2020, pp. 85-90
7. Tatsienko V.P., Shat'ko D.B., Bakanov A.A. (2020), Optimizatsiya tekhnologicheskogo protsessa na osnove khronometrazha ego klyuchevykh operatsii // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, no. 1 (137), 2020, pp. 12-19
8. Achibat, Fatima Ezzahra & Lebkiri, Ahmed & Aouane, M. & Lougraimzi, Hanane & Berrid, Nabyl & Maqboul, Abdelaziz (2023), Analysis of the Impact of Six Sigma and Lean Manufacturing on the Per-

- formance of Companies. Management Systems in Production Engineering. 31. 191-196. 10.2478/mspe-2023-0020
9. Almufti, Saman & Shaban, Awaz & Ali, Rasan & Fuente, Jayson (2023), Overview of Metaheuristic Algorithms. Polaris Global Journal of Scholarly Research and Trends. 2. 10-32
 10. Aripin, Norhana Mohd, Nawanir, Gusman, Mahmud, Fatimah, Fauzi, Muhammad Ashraf, Hussain, Suhaidah and Lee, Khai Loon (2023), Systematic Literature Review: Theory Perspective in Lean Manufacturing Performance // Management Systems in Production Engineering, vol.31, no.2, 2023, pp.230-241
 11. Cruz-Piris, Luis & Marsá-Maestre, Ivan & López-Carmona, Miguel (2019), A Variable-Length Chromosome Genetic Algorithm to Solve a Road Traffic Coordination Multipath Problem. IEEE Access. PP. 1-1
 12. Kraus, Sascha & Jones, Paul & Kailer, Norbert & Weinmann, Alexandra & Chaparro-Banegas, Nuria & Roig-Tierno, Norat (2021), Digital Transformation: An Overview of the Current State of the Art of Research. SAGE Open. 11. 10.1177/21582440211047576
 13. Liu, Xiaoming & Wang, Liang & Cao, Yongji & Ma, Ruicong & Wang, Yao & Li, Changgang & Liu, Rui & Zou, Shihao (2023), Renewable Scenario Generation Based on The Hybrid Genetic Algorithm with Variable Chromosome Length. Energies. 16. 3180
 14. Osintsev N. and Khalilian B. (2023), Does organizational performance increase with innovation and strategic planning, J. Oper. Strateg Anal., vol. 1, no. 1, pp. 25–33
 15. Teixeira, J.E. and Tavares-Lehmann, A.T. (2023), Industry 4.0: the future of manufacturing from the perspective of business and economics – a bibliometric literature review, Competitiveness Review, Vol. 33 No. 2, pp. 458-482

Ключевые слова

Технологический процесс, структурно-параметрический синтез, оптимизация, генетический алгоритм, модель процесса.

*Варнухов Артем Юрьевич,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия
vudyart@gmail.com*

*Зобнин Борис Борисович, д.т.н., профессор
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия
zobninbb@mail.ru*

Artem Varnukhov, Boris B. Zobnin A method for constructing a process model based on an oriented graph of operations using a genetic algorithm

Keywords

Technological process, structural-parametric synthesis, optimization, genetic algorithm, process model.

DOI: 10.34706/DE-2023-03-10

JEL classification C61 – Методы оптимизации, программные модели, динамический анализ

Abstract

The problem of structural-parametric synthesis of the technological process is defined. A representation and a method for calculating the result of the simulated technological process in the form of a digraph is proposed. A method for solving the problem based on a modified genetic algorithm has been developed. The results of the experiment are shown and the directions of the method development are formulated.

1.11. СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ В ИНДУСТРИИ 4.0

Балычев С. Ю.¹, Батьковский А. М.², Батьковский М. А.³, Белоусов Ф. А.², Неволин И.В.²

¹ Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия;

² Центральный экономико-математический институт Российской академии наук,

³ АО «НИЦ «Интеллектрон», Москва, Россия

Цель настоящего исследования – анализ распределения вычислительных ресурсов, используемых фирмами при осуществлении своей деятельности на основе концепции Индустрии 4.0. Другой уровень организации производства и управления, повышение гибкости и адаптивности бизнес-систем за счет развития автоматизации и обмена данными в постоянном взаимодействии с внешней средой – эти аспекты цифровой экономики влияют на сложность проблемы в контексте. Развитие информационных технологий должно сопровождаться разработкой новых решений для поддержки изменений, с которыми сталкивается отрасль. Поэтому оптимизация распределения вычислительных ресурсов в условиях распространения технологий Индустрии 4.0 приобретает большое научное и практическое значение. Методологический подход, используемый в исследовании, основывается на фундаментальных результатах исследований в области трансформации информационно-коммуникационных технологий, общих принципах теории управления, методах ЭКВ-данных.

1. Введение

1.1. Параллельные вычисления

В связи с растущим спросом на высокопроизводительные вычисления необходимы инструменты и методы для управления очередью задач с учетом возрастающей важности и безопасности. Удовлетворение спроса на вычислительную технику способствует научному прогрессу и промышленному развитию, обеспечивая достижение целей бизнеса, правительства и общества [Batkovskiy, Sudakov, Fomina, 2020]. Ограниченные и дорогостоящие аппаратные ресурсы ставят вопрос о приоритете при планировании вычислений и выделении им вычислительной мощности. Следует принимать во внимание разделение процессов в общей инфраструктуре, а также частные знания, лежащие в основе обрабатываемой задачи. Эти знания относятся к алгоритмам, технике, используемой в вычислениях, и бизнес-контексту конкретной задачи. Все это обеспечивает конкурентное преимущество в индустрии 4.0. Таким образом, распределение ресурсов между задачами принимает форму проблемы с неполной информацией. Мы формулируем это как задачу оптимизации для высокотехнологичной фирмы по обеспечению своевременного выполнения ее разнообразных проектов. Например, это подходит для оборонных предприятий, разрабатывающих программы и планы диверсификации производства.

Индустрия 4.0 предполагает использование высокопроизводительных вычислений и больших данных в процессах проектирования и производства [Tau et al, 2018]. Цифровые близнецы относятся к числу основных объектов и моделей в отрасли. Глубокое понимание этого термина выходит за рамки статистических моделей. Действительно, он основан на системе конечно-разностных уравнений [Боровков, 2018]. Цифровые двойники – компьютерные модели реальных объектов – позволяют инженерам быстро находить успешные дизайнерские решения и использовать максимум доступных возможностей благодаря современным материалам, а также тестировать их на виртуальных стендах. Именно компьютерный компонент позволяет сократить количество прототипов и, как следствие, сократить стадию разработки и быстрее вывести продукт на рынок [Боровков, 2018].

Суперкомпьютерные технологии и обработка больших объемов данных стали ключом к конкурентным преимуществам, а их эффективное использование связано с вопросами архитектуры систем, безопасности, юридическими проблемами и значимыми результатами. Последний пункт понятен: расчеты должны быть максимально приближены к реальности и основываться на модели с однозначной интерпретацией. Например, в случае цифровых двойников для автомобильной промышленности качество моделирования обеспечивает результаты, которые отличаются от физических тестов на несколько процентов [Боровков, 2018].

Юридические проблемы связаны с используемым программным обеспечением и наборами данных. Нелицензионные продукты и несанкционированный доступ к данным создают риски, как минимум, прерывания проекта, а в худшем случае – судебного преследования. Особый вопрос в юридической литературе касается правообладателя результатов моделирования и критериев, удовлетворяющих различным правовым требованиям для защиты [Gervais, 2019].

Концепция "больших данных" – неотъемлемая часть вычислительной техники в рамках индустрии 4.0 – характеризует скорость, разнообразие и объем данных. Можно кратко выразить основную идею больших данных с некоторым упрощением, указав на распределенную среду хранения и обработки: когда аппаратные и программные возможности выходят за рамки одного компьютера, задействуются

технологии распараллеливания между отдельными устройствами [International Organization for Standardization (ISO) and International Electrotechnical Commission (IEC), 2019]. Более того, параллелизм возникает не только в контексте хранения данных, но и в вычислениях: физические задачи, решаемые на пространственной сетке, очень естественны для параллельных вычислений [Saad, 2003]. Таким образом, когда дело доходит до реализации, вопрос архитектуры относится к диапазону устройств, их количеству, аппаратным настройкам, а также используемому программному обеспечению [ISO & IEC, 2020]. Инструмент для HPC может быть собран либо на самостоятельно установленной инфраструктуре фирмы, либо в облаке, арендованном у внешнего поставщика. Термины "самостоятельно установленный" или "внешний поставщик" относятся к организации – субъекту высокотехнологичной отрасли. Действительно, самостоятельно установленная инфраструктура является активом организации, в то время как облачный провайдер является внешним по отношению к организации с точки зрения прав собственности. Профессиональное сообщество уделяет особое внимание архитектуре систем, использующих большие данные, по крайней мере, по двум причинам. Первая – это разработка стандартов для таких систем, которые охватывали бы основные концепции проектирования, верификации, безопасности и обработки данных. Вторая – это выбор коммерческого продукта, сделанный фирмой в соответствии с задачами обработки больших данных.

1.2. Ответственность за инфраструктуру

Собственные серверы и системы хранения данных позволяют компании устанавливать четкие и прозрачные правила безопасности для пользователей и супервизоров: выбирать подходящее оборудование, управлять установленным программным обеспечением и сетевыми подключениями, определять политику доступа для узлов кластера и т.д. Но недостатком является то, что вся ответственность за происходящее лежит на фирме: она самостоятельно несет все расходы по функционированию кластера, нанимает персонал соответствующей квалификации, приобретает оборудование для обеспечения безопасности и т.д. Облачные технологии, в свою очередь, обещают гибкость масштабирования (емкость может быть быстро увеличена или уменьшена), оплату только за использованные ресурсы. Однако они полагаются на доверие к поставщику услуг с точки зрения безопасности и отказоустойчивости системы. Но, учитывая инфраструктуру за пределами фирмы, пользователь не может быть уверен в том, что его действия не контролируются третьей стороной. Более того, внешний контроль весьма вероятен, поскольку ведение журнала является неотъемлемой частью безопасности [Luo et al, 2019]. В дополнение к внешнему контролю человек раскрывает третью сторону (поставщику услуг – владельцу вычислительного кластера) план использования ресурсов – требования внутренних команд, разрабатывающих определенные проекты.

В случае регулярной работы с компьютерными моделями самоустанавливающаяся инфраструктура становится разумной. Способность внедрить соответствующую политику безопасности – это всего лишь один из факторов. Однако иногда это становится необходимым, как, например, в оборонной промышленности. Есть и другие аргументы в пользу этого выбора. Анализ показывает, что облачные вычисления обеспечивают более низкую общую стоимость владения в течение короткого периода времени и при низкой потребности в вычислениях [De Alfonso et al, 2013; Filiopoulou, 2020; Nikolaou et al, 2019]. Если расчеты и обработка больших объемов данных входят в повседневную деятельность фирмы, дешевле установить собственную инфраструктуру. Ответственность за внешние атаки и отказоустойчивость системы ложится на фирму. Например, в случае физических вычислений, которые не имеют коммерческой ценности, наиболее типичные атаки направлены на отключение кластера – DDOS-атаки или перегрузку сети, – что, конечно, затрудняет работу и может привести к очистке аппаратной памяти, что влечет за собой потерю результатов текущих вычислений, но не приводит к утечке данных.

Независимо от выбора инфраструктуры, необходимо обеспечить изоляцию процессов, инициируемых отдельными пользователями, друг от друга, а также их хранение. Это хорошо известная техническая проблема, которая особенно актуальна в случае распределенных ресурсов. Фактически, возникает проблема безопасности в широком смысле: как защитить данные от злоумышленников, а также разграничить процессы, которые используют общую инфраструктуру.

1.3. Вклад в работу

Мы рассматриваем фирму, у которой есть портфель задач для высокопроизводительных вычислений. Каждая задача характеризуется потребностью в вычислительных ресурсах, а специфика зависит от различных команд внутри фирмы, каждая из которых разрабатывает отдельный продукт. Запросы команд на ресурсы могут быть искажены – скорее всего, завышены, а реже занижены – объемами вычислительных ядер и памяти. Каковы бы ни были причины этих искажений, их можно объяснить желанием команды обеспечить свое развитие: как в соответствии с внутренними правилами компании, так и по личным соображениям команды. Следующий раздел разъясняет этот момент и показывает, что такое искажение является разумным, поскольку окружающая среда получает неверный сигнал о характере решаемой проблемы и, таким образом, сталкивается с растущими затратами на сбор информации о фирме и ее проектах.

Мы предлагаем алгоритм для поддержки распределения вычислительных ресурсов между различными задачами в условиях неполной информации. Преимущество этого алгоритма заключается в

том, что заявителям – командам, ищущим ресурсы, – не нужно раскрывать полную информацию о влиянии ядер и памяти на скорость и качество предлагаемого ими решения. Соглашение заключается после реакции заявителей на предложение центрального планировщика. Теория гарантирует сходимость алгоритма и равновесие по Парето при естественных ограничениях.

2. Материалы и методы

Представьте себе фирму, которая разрабатывает множество инженерных проектов. Для тестирования конкретных схем и проектных решений фирма использует цифровую технику. С учетом этого путь к конечному продукту в каждом проекте лежит через серию вычислительных экспериментов с различными моделями, различными условиями и ограничениями. Таким образом, каждому проекту необходим определенный набор ИТ-средств, включая вычислительные узлы, центр обработки данных и сетевую инфраструктуру. Мы оставляем используемое программное обеспечение за рамками обсуждения, предполагая, что физическая инфраструктура, а также программы, поддерживающие вычисления, позволяют каждому проекту выполнять все необходимые вычисления, в том числе параллельные. Как правило, у каждой команды есть уникальный поставщик таких ресурсов. На уровне фирмы вопрос заключается в том, как обеспечить проектные группы необходимыми ресурсами в условиях физических и организационных ограничений фирмы, максимизируя выгоды и согласовывая интересы команд и руководства. В своей работе мы стремимся разработать алгоритм, обеспечивающий равновесие в распределении компьютерных ресурсов между проектными командами внутри фирмы. Равновесие, на котором мы фокусируемся, близко к концепции теории игр: в таком состоянии отклонение любого параметра ухудшает доступность ресурсов для определенного проекта.

Решение задачи оптимизации дает точный ответ на этот вопрос. Часто в литературе по оптимальному планированию инфраструктуры проблема рассматривается с точки зрения энергопотребления [Niewiadomska-Szynkiewicz, Arabas, 2018; Singh, Dziurzynski, Indrusiak, 2015]. Хранение данных и вычислительные мощности потребляют огромное количество энергии – это основная статья расходов, в которую также входят коммуникации, техническое обслуживание, администрирование и т.д. Более того, значительная часть этой литературы посвящена динамической балансировке нагрузки, то есть распределению задач на работающем вычислительном кластере, когда задания поступают в режиме реального времени. Оптимизация такого рода основана на специальных датчиках и контроллерах для изменения напряжения на отдельных устройствах. Такие технические меры выходят за рамки данной статьи, и мы упоминаем динамическую оптимизацию, поскольку она также требует оценки вычислительной сложности поступающих задач – оценки спроса на ресурсы. Это важный момент в нашем контексте, поскольку, во-первых, такая оценка может косвенно указывать на используемые алгоритмы и масштаб проблемы. Во-вторых, нет никаких сомнений в возможности такой оценки. Очевидно, что оборудование определенной спецификации тратит характерное время на типичные операции, однако типология довольно ограничена в контексте организации. Перечень программного обеспечения для моделирования физических процессов часто ограничен: дешевле собрать необходимую конфигурацию из коммерческих пакетов со встроенными алгоритмами, чем разрабатывать новый продукт для конкретной задачи. Но этот программный компонент также известен внутри организации. Другими словами, благодаря популярности используемых инструментов – вычислительного оборудования и программного обеспечения – можно строить догадки о характере решаемой проблемы. Точные параметры часто являются частной информацией, которая остается секретной независимо от того, введен ли в отношении них соответствующий правовой режим или нет. Например, патенты на способы приготовления смесей, на компоненты из сплавов оперируют диапазоном значений в их описании и формуле изобретения. Причина кроется не только в более широком охвате возможных реализаций продукта, но и в сокращении точных значений, полученных в ходе длительных исследований и многих дорогостоящих экспериментов. Поскольку патент является документом, относящимся к конкретной стране, возможно легальное использование изобретения в юрисдикции, не имеющей правовой охраны. Отсутствие точных характеристик в тексте патента оставляет потенциальному пользователю мало вариантов: нужно либо самостоятельно провести серию экспериментов и скорректировать значения, либо обратиться за помощью к изобретателю. Во втором случае лицензионное соглашение заключается и действует даже на территории, где изобретение не охраняется законом!

Скрытие подробностей о решаемых задачах даже от команд и группировок внутри фирмы, не говоря уже о неразглашении информации за пределами фирмы, соответствует протоколам информационной безопасности. В настоящее время социальная инженерия занимает значительное место в планировании внешних атак. Это включает в себя поиск инсайдера внутри организации и сбор информации об атакованной инфраструктуре. Среди прочего, например, количество и местоположение серверов – это информация, которая должна быть скрыта для обеспечения отказоустойчивости системы. С точки зрения коммерческих интересов и конкурентных преимуществ, квалификация сотрудников, используемые алгоритмы и разработанные компьютерные модели имеют высокую ценность. Организационные меры по предотвращению утечки передовых разработок включают режим коммерческой тайны с ограничением доступа лиц к соответствующей информации. В то же время даже сигнал о характере работы – запрашиваемых ресурсах и рабочем времени – может стать поводом для пристального внимания к проекту и его участникам.

Это, с одной стороны, необходимые ресурсы, полученные в результате решения задачи оптимизации, а с другой стороны, они рассматриваются как сигнал для злоумышленников и, следовательно, не должны разглашаться. Учитывая это, для достижения вышеупомянутой цели работы – разработки алгоритма, приводящего к равновесному распределению ресурсов, – необходимо решить следующие задачи:

- 1) описать принятие проектной командой решения о раскрытии заявки на вычислительные ресурсы;
- 2) описать процедуру согласования стимулов в условиях неполной информации, включая преднамеренные искажения;
- 3) обеспечить равновесие результирующего распределения;
- 4) представить решение вышеперечисленных задач в виде формального алгоритма.

Методологическую основу работы составляют методы оптимизации. Согласование стимулов в условиях неполной информации – хорошо известная экономическая проблема, которая могла бы быть решена без участия человека при наличии современных технологий – с помощью компьютерного посредника [Nevolin, Kozyrev, 2014; Zhang, Zhu, 2019]. Методы решения включают двойные аукционы [Ba, Stallaert, Whinston, 2001], последовательные уступки [Гольштейн, Борисова, Дубсон, 1990] и методы из теории переговоров [Ehtamo, Kettunen, Nämäläinen, 2001], предлагающие участникам торгов обменять один ресурс на другой с улучшением полезности.

Акцент на компьютерном посреднике, с одной стороны, обеспечивает объективность принимаемого решения с учетом лежащей в его основе формальной процедуры. С другой стороны, машина обеспечивает довольно быстрый пересчет переговорного набора из ограниченного, хотя и довольно большого числа комбинаций. Двойные аукционы побуждают команды сообщать правдивые оценки и могут потребовать внешних ресурсов для обеспечения совместимости стимулов [Ba, Stallaert, Whinston, 2001] или штрафов, аналогичных основному налогу Кларка [Detering, 2001]. Это не всегда уместно и несовместимо с рассматриваемым контекстом – распределением уже имеющихся вычислительных ресурсов без дополнительных обновлений. Метод последовательных уступок требует пропорционального обмена ресурсами. Таким образом, дополнительно требуется процедура направленного поиска. Согласно теории переговоров, можно оптимизировать усилия для достижения консенсусного подхода, и поэтому эта теория выглядит наиболее многообещающей для формализации процедуры поэтапного достижения результата.

Мы относим наш метод к последнему подходу. Предполагается, что каждая команда внутри фирмы решает проблему оптимизации: она стремится выполнять вычисления требуемого качества с учетом доступного количества ядер и компьютерной памяти. Конечно, общий объем ресурсов фирмы, доступных для одной команды, позволяет ей создать более детализированного цифрового двойника и, следовательно, получить результат более высокого качества. Но монополизация ресурсов привела бы к неудачам в других проектах. Таким образом, ограничения в задаче оптимизации команды должны учитывать спрос со стороны их коллег. Однако, как упоминалось выше, каждая команда излагает свое требование с искаженными показателями. При формализации алгоритма мы предполагаем, что проблема каждого кандидата влечет за собой ее собственные ограничения при построении цифрового двойника, и взаимосвязь между всеми проблемами задается уравнением баланса.

3. Результаты

Введем обозначения для формализации алгоритма распределения компьютерных ресурсов между вычислительными задачами, при этом каждая задача будет выполняться одной командой внутри фирмы. Пусть фирма разрабатывает J продуктов (или исследовательских проектов) с J вычислительными задачами – по одной на продукт (или проект). Задания пронумерованы индексом j . Каждая команда стремится завершить свои расчеты как можно скорее. А спрос на компьютерные ресурсы состоит из множества $\{t, CP, MP\}$, где t – ожидаемое время вычисления, CP означает вычислительные ядра, а MP – память компьютера. При планировании ресурсов команда стремится обеспечить качество расчетов (точность аппроксимации, детализацию при разбиении на разделы и т.д.) выше определенного порогового значения q . Ресурсы также имеют естественную нижнюю границу: доступная память компьютера не должна быть ниже порогового значения m . В противном случае компьютер или кластер не смогли бы работать с переменными минимальной размерности. Также естественно предположить, что качество вычисления φ является монотонной выпуклой функцией, которая увеличивается с увеличением доступных ресурсов. Эта функция, как и функция времени на решение задачи, является частным знанием команды, что позволяет классифицировать проблему распределения компьютерных ресурсов как оптимизацию в условиях неполной информации. Итак, у нас есть J задач выпуклого программирования:

$$t_j(CP_j, MP_j) \rightarrow \min \quad (1)$$

s.t.

$$\varphi_j(CP_j, MP_j) \geq q_j \quad (2)$$

$$MP_j \geq m_j \quad (3)$$

$$CP_j \geq 0 \quad (4)$$

Эти задачи связаны с двумя ограничениями:

$$\sum_{j=1}^J CP_j = \overline{CP} \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^J MP_j = \overline{MP} \quad (6)$$

Мы следуем работе А.Н. Козырева [Козырев, 1975] по разработке алгоритма выравнивания стимулов в условиях неполной информации. По своей сути это итеративный процесс. На каждом этапе командам предлагается решение, и их реакция рассматривается как встречное предложение ресурсов. Вначале нужна отправная точка – пусть это будет набор $\{CP_1^0, \dots, CP_J^0, MP_1^0, \dots, MP_J^0\}$. В ответ каждая команда j выдвигает свой ответ $\{CP_j^1, MP_j^1\}$ в командный центр, или посреднику. Этот ответ на самом деле является аппроксимацией субдифференциала функции полезности $t_j(CP_j, MP_j)$. Получив ответы, посредник (программное обеспечение могло бы выполнять эту роль благодаря формализации алгоритма) перераспределяет доступные ресурсы $\{\overline{CP}, \overline{MP}\}$ между командами в соответствии с их предложениями. В результате до команд доводится набор $\{CP_1^2, \dots, CP_J^2, MP_1^2, \dots, MP_J^2\}$, и все отвечают новым набором $\{CP_j^3, MP_j^3\}$. Это продолжается до тех пор, пока ответы команд не будут отличаться от заявленного набора на небольшое предопределенное значение. А.Н. Козырев доказал, что для линейной функции $tt_j(CP_j, MP_j)$ и $\varphi_j(CP_j, MP_j)$ алгоритм сходится и обеспечивает Парето-оптимальность решения. Фактически, алгоритм также сходится в случае монотонных неубывающих функций.

При заданных субдифференциалах алгоритм работает следующим образом:

- 1) Посредник сообщает о текущем распределении ресурсов.
- 2) Посредник получает ответы от команд, каждый из которых является приближением субградиента в текущей точке.
- 3) С учетом субградиентов вычисляется луч с вектором направления, равным сумме субградиентов команд.
- 4) Для каждого ответа посредник вычисляет вектор обмена как проекцию на ортогональное построенному выше лучу подпространство.
- 5) С учетом неполноты информации коэффициенты масштабирования рассчитываются таким образом, чтобы новое распределение не выходило за пределы диапазона допустимых значений. Минимальный коэффициент выбирается при достижении одной из команд его предела с точки зрения качества или компьютерной памяти.
- 6) С учетом результатов обмена ресурсами между командами рассчитывается новое распределение.
- 7) Повторяются шаги (1) – (6).

В нашей работе мы предполагаем, что проектная команда является рациональным агентом, который оптимизирует свою полезность, решая задачу, аналогичную уравнениям (1)-(4). Это предположение в соответствии с задачей 1 данного исследования необходимо для доказательства равновесия – задачи 3 исследования. Однако даже при использовании других механизмов, лежащих в основе решения, сходимость процедуры гарантируется в соответствии с упорядоченными предпочтениями агентов.

Следует отметить, что компьютерный посредник важен для согласования стимулов (задача 2 исследования), поскольку именно машина вычисляет обмен ресурсами и связывает участников. Его вторая роль заключается в том, чтобы скрывать заявку каждой команды от остальных участников переговоров. Эта звездообразная топология, когда все команды подключены к центру управления, имеет преимущество перед технологиями распределенного реестра в этом аспекте. Ни один участник не имеет доступа к другим приложениям, даже в зашифрованном виде.

4. Обсуждение

Литература по оптимизации вычислительных ресурсов часто рассматривает эту тему с точки зрения энергопотребления [Niewiadomska-Szynkiewicz, Arabas, 2018; Singh, Dziurzynski, Indrusiak, 2015]. Такие работы наиболее актуальны для центров обработки данных и поставщиков облачных услуг, поскольку в этих случаях решающее значение имеют затраты на обслуживание инфраструктуры, обеспечивающей поток работ. В то же время избыточный спрос на них не является проблемой: принятые процедуры просто «отключают» на некоторое время простаивающие мощности. В модельной ситуации, на которой мы фокусируемся, важно как можно точнее выявить предпочтения. Ресурсы фирмы значительно более ограничены, чем у поставщиков услуг. Поэтому важно максимально эффективно использовать существующую инфраструктуру, избегая простоев проектных команд.

Очевидно, что, следуя алгоритму оптимизации, какая-то команда (или даже несколько команд) могла бы располагать избыточными ресурсами – больше, чем на самом деле необходимо для вычислений. Это связано с уравнениями баланса (5)-(6): все вычислительные ядра и вся память должны быть распределены между задачами. Это предполагает две возможности для фирмы. Во-первых, команда получает результат более высокого качества в соответствии с имеющимися ресурсами. Во-вторых, избыточная мощность может быть «отключена» в режиме динамической балансировки нагрузки. То есть наш алгоритм применим к той части архитектуры высокопроизводительных систем, которая

называется Global Computing Resource Manager, в то время как менеджер локальных вычислительных ресурсов отвечает за динамическую балансировку [Niewiadomska-Szynkiewicz, Arabas, 2018].

Наконец, мы должны отметить предположения о монотонности функции времени t и функции качества ϕ . Алгоритм гарантирует, что каждое новое отчетное распределение будет не хуже предыдущего. Но это происходит только тогда, когда функции ресурса монотонны. Если ответ посреднику противоречит тенденции в обмене ресурсами, следует задуматься об отсутствии представления о форме функций t и ϕ внутри команды или оппортунистическом поведении команды, стремящейся достичь дополнительных целей, выходящих за рамки заявленных. В любом случае, это повод повнимательнее присмотреться к деятельности такой команды.

5. Заключение

Предлагаемый алгоритм распределения вычислительных ресурсов внутри фирмы относится к индустрии 4.0. Данные и высокопроизводительные вычисления играют все возрастающую роль в экономике. В результате у сотрудников возрастает спрос на вычислительную инфраструктуру, и эта инфраструктура – ограниченный и дорогостоящий ресурс – должна быть распределена между ними. Однако политика безопасности часто ограничивает раскрытие информации, и поэтому руководство фирмы сталкивается с проблемой оптимизации в условиях неполной информации. Решение проблемы предполагает последовательный обмен ресурсами внутри фирмы, при этом каждый участник объявляет только об увеличении или уменьшении объема получаемых ресурсов. Такой подход не исключает динамического балансирования нагрузки. Действительно, это элемент планирования – этап, предшествующий вычислениям на вычислительном кластере.

Применение алгоритма не подходит для случая облачных вычислений, поскольку администратор поставщик услуг – заинтересован в высоком спросе, а дополнительные условия оттолкнули бы новых пользователей. В то же время новые рабочие места появляются динамично, и стимулы пользователей невозможно согласовать заранее. Остается только встроить новые задания в существующую очередь.

Благодарности

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 21–78–20001 «Разработка теории и модельных инструментов оптимизации управления диверсификацией оборонного производства в условиях экономического кризиса и растущих угроз национальной безопасности России».

Литература

1. Боровков А.И. (2018) Умные технологии на службе продуктовых программ // Проектный вестник, 2, 32–36.
2. Гольштейн Е.Г., Борисова Э.П., Дубсон М.С. (1990) Диалоговая система анализа многокритериальных задач // Экономика и математические методы, 26 (4).
3. Козырев А.Н. (1975). Оптимизация распределения ресурсов в системе линейных производственных моделей. Оптимизация, 16(33), 62.
4. Ba, S., Stallaert, J., & Whinston, A. B. (2001). Optimal investment in knowledge within a firm using a market mechanism. *Management Science*, 47(9), 1203–1219.
5. Batkovskiy, A.M., Sudakov, V.A. & Fomina, A.V. (2020) Minimization of Information Losses in the Management of Innovation Development in the Digital Economy. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 115, 336–343
6. De Alfonso, C., Caballer, M., Alvarruiz, F., & Moltó, G. (2013). An economic and energy-aware analysis of the viability of outsourcing cluster computing to a cloud. *Future Generation Computer Systems*, 29(3), 704–712
7. Detering, D. (2001). *Ökonomie der Medieninhalte: alloкативе Effizienz und soziale Chancengleichheit in den neuen Medien*. Münster: LIT Verlag.
8. Ehtamo, H., Kettunen, E., & Hämäläinen, R. P. (2001). Searching for joint gains in multi-party negotiations. *European Journal of Operational Research*, 130(1), 54–69.
9. Filiopoulou, E. (2020). *Analysis of Pricing Strategies of Infrastructure as a Service (IaaS)* (PhD dissertation). Athens, Greece: Harokopio University.
10. Gervais, D. (2019). Exploring the interfaces between big data and intellectual property law. *J. Intell. Prop. Info. Tech. & Elec. Com. L.*, 10, 3.
11. Information technology — Big data — Overview and vocabulary. (2019). ISO/IEC 20546:2019 from Feb 2019. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission
12. Information technology — Big data reference architecture — Part 3: Reference architecture. (2020). ISO/IEC 20547-3:2020 from Mar 2020. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission
13. Luo et al, 2019 Luo, Z., Qu, Z., Nguyen, T., Zeng, H., & Lu, Z. (2019). Security of HPC systems: From a log-analyzing perspective. *EAI Endorsed Transactions on Security and Safety*, 6(21), e5.
14. Nevolin, I., & Kozыrev, A. (2014). Developing CRIS module for technology transfer. *Procedia Computer Science*, 33, 158–162.

15. Niewiadomska-Szynkiewicz, E., & Arabas, P. (2018). Resource management system for HPC computing. *In Conference on Automation* (pp. 52-61). Springer, Cham.
16. Nikolaou, P., Sazeides, Y., Lampropoulos, A., Guilhot, D., Bartoli, A., Papadimitriou, G., ... & Karakostas, G. (2019). On the Evaluation of the Total-Cost-of-Ownership Trade-offs in Edge vs Cloud deployments: A Wireless-Denial-of-Service Case Study. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*.
17. Saad, Y. (2003). *Iterative methods for sparse linear systems*. 2nd ed. Society for Industrial and Applied Mathematics. 528
18. Singh, A. K., Dziuranski, P., & Indrusiak, L. S. (2015). Value and energy optimizing dynamic resource allocation in many-core HPC systems. *In 2015 IEEE 7th International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)* (pp. 180-185). IEEE.
19. Tay, S. I., Lee, T. C., Hamid, N. Z. A., & Ahmad, A. N. A. (2018). An overview of industry 4.0: Definition, components, and government initiatives. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 10(14), 1379-1387.
20. Zhang, R., & Zhu, Q. (2019). Consensus-based distributed discrete optimal transport for decentralized resource matching. *IEEE Transactions on Signal and Information Processing over Networks*, 5(3), 511-524.

References in Cyrillics

1. Borovkov, A.I. (2018). Smart technology serving product programs. *Project bulletin*, (2), 32-36.
2. Golshein, E.G., Borisova, E.P., & Dubson, M.S. (1990). Dialogue System for Analysis of Multi-Criteria Problems. *Economics and mathematical methods*. 26, 4.
3. Kozyrev, A.N. (1975). Optimization for resources distribution in a system of linear production models. *Optimization*, 16(33), 62.

Сергей Юрьевич Балычев (0000-0003-0162-232),
Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия.
e-mail: bs0209@inbox.ru

Александр Михайлович Батьковский (0000-0002-5145-5748),
Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия
e-mail: batkovsky@yandex.ru

Михаил Александрович Батьковский (0000-0002-4930-0675),
АО «НИЦ «Интеллектрон», Москва, Россия
e-mail: batkovsky@yandex.ru

Фёдор Анатольевич Белоусов (0000-0002-3040-3148),
Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия
e-mail: sky_tt@list.ru

Иван Викторович Неволин (0000-0002-8462-9011)
Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия
e-mail: i.nevolin@cemi.rssi.ru

Ключевые слова

Оптимизация, Высокопроизводительные вычисления, большие данные, нагрузка.

Sergey Yu Balychev, Aleksandr M. Batkovskiy, Michael A. Batkovskiy, Fedor A. Belousov, Ivan V. Nevolin, Shared Resources in Industry 4.0

Keywords

Optimization, High Performance Computing, Big data, load.

DOI: 10.34706/DE-2023-03-11

JEL classification: C61 – методы оптимизации, модели программирования, динамический анализ

Abstract

The purpose of the present study is to analyze the distribution of computing resources used by firms performing their activities based on the concept of Industry 4.0. A different level of production and management organization, increasing flexibility and adaptability of business systems through the development of automation and data exchange in constant interaction with the external environment – these aspects of the digital economy affect the complexity of the problem in context. The development of information technology should be accompanied by the development of new solutions to support the changes the industry faces. Therefore,

optimization of computing resources distribution given the spreading Industry 4.0 technologies becomes of high scientific and practical importance. The methodological approach used in the study grounds on fundamental results from research into information and communication technologies transformation, general principles of management theory, methods of economic analysis, mathematical modeling in economics. As a result of the study, a procedure to distribute computing resources within a firm is developed. The procedure is relevant in the context of Industry 4.0 and reflects the author's approach to the analysis of the process under consideration. The novelty of the results obtained consists of the developed algorithm that supports computing resources assignment to individual tasks under incomplete information. This algorithm sets a rather general framework for resources management and takes into account security issues. Given this, the algorithm described deserves attention in designing computing infrastructure of a firm. Implementation of the algorithm promises an increase in the efficiency of firms employing Industry 4.0 technologies and, accordingly, innovative development acceleration.

Памятка для авторов публикаций в журнале «Цифровая экономика»

В нашем журнале выполняются все требования Diamond-OA, включая отсутствие платы как со стороны авторов, так и со стороны читателей, рецензирование, а также проверка на плагиат и избыточное самоцитирование. Авторские права на опубликованные статьи остаются за авторами.

В журнале нет штатных сотрудников, все работы, включая проверку на плагиат, рецензирование, работу корректора и форматирование, выполняются группой единомышленников на общественных началах, а потому мы рассчитываем на такое же отношение к своим правам и обязанностям со стороны авторов. Материалы, опубликованные ранее (полностью или в значительной своей части) в других изданиях, не принимаются. Мы очень надеемся, что предполагаемые авторы избавят нас от работы с такими текстами.

Первое, что предлагается автору, желающему опубликовать статью в нашем журнале, – это зарегистрироваться в качестве потенциального автора и самому разместить предлагаемый к публикации текст на сайте журнала в отведенном для этого разделе (научные статьи, мнения, обзоры, рецензии, переводы). Тем самым автор принимает условия журнала и дает добро на публикацию своей статьи в журнале после прохождения всех предусмотренных процедур. Статья, прошедшая проверку и рецензирование, получает отметку о том, что она будет опубликована в журнале.

При отборе статей для публикации в очередном выпуске включение статьи в этот выпуск определяется, прежде всего, соотношением объемом материалов, в принципе годных для публикации, и фиксированным (96 страниц 9-м кеглем) объемом выпуска. Во внимание принимается соответствие тематики, время подачи материала и его готовность к публикации.

Полная готовность научной статьи к публикации означает ее соответствие принятому в журнале стандарту, включая правильное оформление списка литературы и ссылок, полные сведения об авторах, индексы JEL, аннотацию и ключевые слова на русском и английском, редактируемые формулы (набранные Word и в нем же редактируемые), ручную нумерацию разделов, рисунков и таблиц. Если нумерация автоматическая, она может сбиться при вставке статьи в общий блок.

Заголовок не должен быть длинным. Иначе в колонтитуле будет бессмыслица. Не надо набирать заголовки большими буквами. Надо использовать опцию «все прописные». Это важно!

В списке литературы научные статьи упорядочиваются по алфавиту, причем сначала идут русскоязычные публикации, потом англоязычные и пр. Это нужно, чтобы не возникло путаницы при формировании транслитерации кириллических статей. Источники данных, нормативные и методические материалы идут отдельным списком. Ссылки на интернет-ресурсы, газетные публикации и т.д. желательно давать в сносках. Ссылки на научные публикации должны быть даны в формате [Автор, 2023]. При необходимости к году может быть добавлена латинская буква 2023a, 2023b.

Публикация статьи означает получение ей метаданных, включая DOI, номер выпуска, страницы. Выпуск журнала делается в формате pdf, причем в таком виде, что его сразу можно отдать в типографию и сделать твердую (бумажную) копию, если кто-то из авторов хочет ее иметь для себя. Бумажная версия выпуска имеет статус буклета, печатается за счет автора (заказчика) и в количестве, определенном заказчиком.

Статьи, размещенные авторами на сайте журнала, доступны читателям немедленно, еще до того, как прошли рецензирование. Они не считаются опубликованными до прохождения рецензирования и технических процедур. Но самим фактом размещения и предварительной регистрации человек разрешает это опубликовать, отпадает необходимость в письменном договоре. Если автор присылает статью в журнал и просит ее разместить, он нарушает стандартную процедуру и может создать нам сложности в будущем.

Старайтесь следовать правилам и не создавать нам проблем!