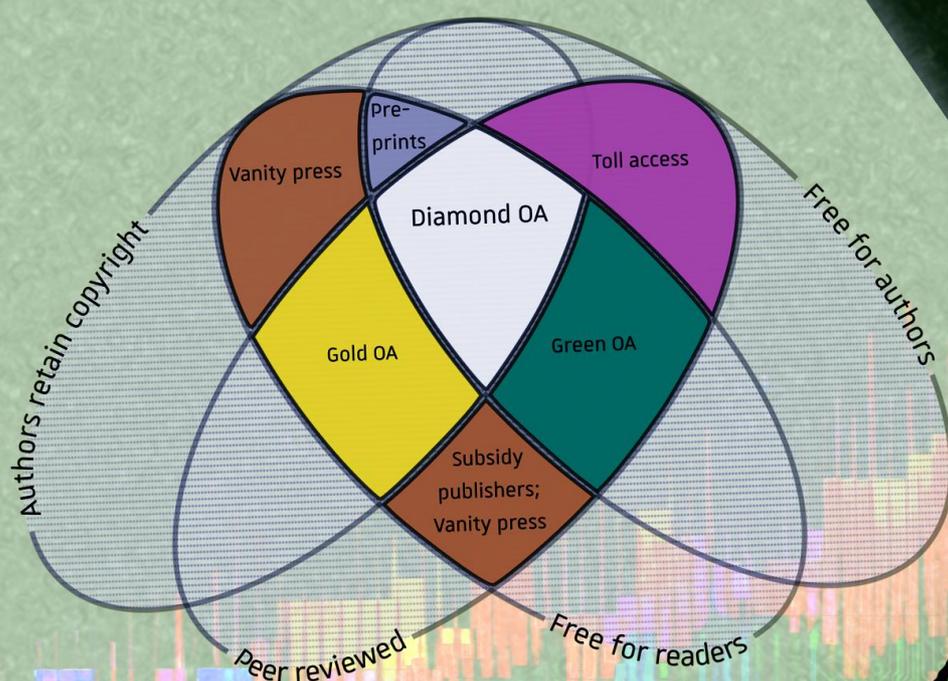


ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА



Редакционный совет электронного журнала «Цифровая экономика»

- Агеев Александр Иванович – д.э.н., генеральный директор Института экономических стратегий, заведующий кафедрой НИЯУ «МИФИ», профессор, академик РАЕН.
- 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», № 3(29) 2024

Выпуск № 3, 2024 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

Костин А.В. – к.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

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 23.09.2020, Авт. печ.л. 9,7

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

Адрес редакции: 117418 Москва, Нахимовский проспект, 47, комн. 516

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

© Журнал «Цифровая экономика», 2024

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. Экономика данных, обучение нейросетей и многомерная геометрия	5
1.2. Костин А. В. Ставка роялти – отраслевой инвариант в IP-сделках и судебных спорах.....	14
1.3. Неволин И.В. Интеграция технологий искусственного интеллекта в информационные системы финансового сектора.....	21
1.4. Волкова А. Д, Костина Т. А., Ноакк Н. В. Антропоморфизм и ИИ: экспериментальное исследование	32
1.5. Волкова А. Д, Грачев И. Д., Костина Т. А., Ларин С. Нн., Ноакк Н. В. Экспериментальные и модельные исследования влияния ИИ на эволюцию коллективного сознания.....	38
1.6. Зеюк Д. А. Обзор методов идентификации подозрительных адресов в публичных блокчейнах	45
1.7. Эдер А. В., Загайнов А.В. Тренды, тенденции и перспективы розничной торговли в России	54
1.8. Егунов В. А., Шабаловский В. А. Использование методов интерпретации и компиляции для повышения эффективности программного обеспечения	65
1.9. Паринов С. И. Концепция экономического индивида с универсальным инструментом координации	72
1.10. Аний Л. Л. Оценка взаимосвязи внутренних затрат на ИКТ и социально-экономических показателей развития регионов России.....	88

Слово редактора

Дорогие читатели, перед вами двадцать девятый с начала выпуска и третий в 2024 году номер журнала «Цифровая экономика». Он целиком состоит из научных статей, что стало традицией, поскольку есть поток научных текстов по актуальным тематикам. Мы стараемся не допустить задержки с публикацией научных текстов, оформленных в соответствии с нашими требованиями и 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 снижает часть забот и технической работы с команды, выпускающей журнал на общественных началах. В стандарте, получившем (независимо) названия *brilliant* и *platinum*. Можно относиться к этому с юмором, но помнить о последствиях. Статьи, подготовленные в точном соответствии с требованиями, пользуются приоритетом при рассмотрении вопроса о включении в очередной выпуск. В результате статьи, подготовленные без учета наших требований, продолжают ожидать официальной публикации с присвоением *doi* и других метаданных, от чего теряют только авторы, поскольку читателям их тексты доступны.

Основная тематика данного выпуска – работа с данными и искусственный интеллект, что связано с актуальностью этой тематики, включая особое внимание к ней со стороны высшего руководства России. Актуальность тематики нашла отражение и в статьях, присылаемых в журнал для публикации. Большая часть из них так или иначе касается искусственного интеллекта. Эта тема затрагивается в разных статьях с точки зрения математики, психологии, техники, экономики и приложений в разных областях.

Редакционная статья на сей раз, как и во многих прошлых выпусках, задает общее направление выпуска, что нашло отражение и в названии «Экономика данных, обучение нейросетей и многомерная геометрия». Фактически это продолжение статьи «Экономика данных и цифровая экономика» из прошлого выпуска. Идея, пронизывающая текст статьи от начала и до ее конца, состоит в том, что не надо воспринимать словосочетания «экономика данных» и «цифровая экономика» слишком буквально. То и другое скорее мемы, чем термины, а потому обсуждать надо не их, а перемены, реально происходящие в экономике, технике и науке. Идет ли речь о цифровой экономике, экономике данных или о больших данных, всегда подразумевается представление информации (будь то сигналы, команды или данные) в цифровом формате или, точнее, в двоичном коде. Но есть нюансы. Частично они связаны с развитием технологий, частично – с использованием математики, но в очень значительной степени с интересами бизнеса и фобиями различных социальных групп. Особое внимание на сей раз уделено математике, поскольку ей по праву принадлежит место царицы наук, а об этом слишком многие просто не знают, так как им этого не объяснили при подготовке к ЕГЭ и не напомнили потом эффективные менеджеры. Между тем результаты, полученные еще советскими математиками, вдруг оказываются актуальными при работе с большими массивами данных, обучении нейронных сетей и информационной безопасности.

Следующая статья, представленная к.э.н. Александром Костиным, в основном посвящена данным, которые можно получить сегодня из независимых источников, и расчетам на их основе отраслевых ставок роялти в лицензионных договорах. Примечательно в ней то, что отраслевые ставки роялти рассматриваются как ориентиры для бизнеса при рассмотрении различных альтернатив развития, включая покупку лицензий, при рассмотрении в судах дел о нарушении исключительных прав, а также как своеобразные отраслевые инварианты. Такой подход не только придает получаемым ставкам роялти объективный характер, но также позволяет постоянно актуализировать результаты расчетов и связывает практическую задачу расчета ставок роялти с теорией двухкомпонентных цен в экономиках с возрастающей отдачей на масштаб. Использование информационных технологий и сервисов позволяет поднять на принципиально новый уровень аналитический метод, считавшийся до недавнего времени одним из нескольких примерно равноценных методов в рамках трех подходов к оценке нематериальных активов. Все это в совокупности позволяет говорить о научном прорыве в данной области.

В статье к.э.н. И.В. Неволлина рассматривается вопрос о том, какие модули современных информационных систем в финансовой сфере используют технологии искусственного интеллекта и как они соотносятся с хранилищами и процессорами данных. Далее следуют две статьи, подготовленные группой авторов (в основном профессиональных психологов) и посвященные вопросам, связанным с восприятием искусственного интеллекта.

Остальные шесть статей также связаны с обработкой данных и искусственным интеллектом в той или иной степени. Их разнообразие не позволяет уделить каждой из них достаточное внимание, а названия и авторов можно найти в оглавлении выпуска журнала.

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. Экономика данных, обучение нейросетей и многомерная геометрия

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

Главное в науке – уметь посмотреть с одной точки зрения на разные предметы и на один предмет – с разных точек зрения».

*Леонид Витальевич Канторович
своим ученикам*

В статье на конкретных примерах показано, как математика высокого класса иногда помогает решать проблемы в области экономики и информационных технологий, для решения которых она изначально не предназначалась. Особо подчеркивается роль выдающихся отечественных математиков относительно недалекого прошлого.

1. Введение

Эта статья была задумана и написана как продолжение темы цифровизации, заявленной ранее в публикациях [Козырев, 2017, 2024], где много внимания уделено мемам «цифровая экономика» и «экономика данных», истории их появления, а также людям, событиям и коммерческим интересам, стоящим за этими двумя мемами. Такой подход представляется оправданным по ряду причин, одна из которых – очевидное наличие общественного запроса на профессиональное, основанное на фактах, а не мифах и мнениях, разъяснение смысла этих двух словосочетаний, ставших мемам, но не терминами. Разумеется, наивно было бы думать, что написание и публикация статьи в профильном журнале удовлетворит этот запрос. По законам жанра неизбежно образуется «культурный слой» из статей с пересказом авторами мнений друг друга и постепенной утратой какого-либо содержания. Тем не менее, профессиональный ответ на этот запрос должен быть дан, ровно для этого создавался наш журнал, выпускаемый группой энтузиастов. В этом наш профессиональный долг, его надо выполнять и перейти, развивая тему, к более деликатным и сложным вопросам, связанным с развитием технологий и математикой.

Главная цель этой статьи – показать опасность недооценки математики и, прежде всего, чистой математики в работе с данными и абсурдность противопоставления этих двух сфер деятельности. К сожалению, недооценка чистой математики и даже её противопоставление работе с большими данными – явление довольно обычное, свойственное не только «эффективным менеджерам», но и многим молодым людям, связывающим свое будущее с анализом больших данных, искусственным интеллектом и опосредованными компьютером транзакциями. В частности, это можно видеть на примере студентов МФТИ, где отношение студентов к математике становилось все более безразличным, как минимум, на протяжении последних пятнадцати лет. И это при том, что выпускники МФТИ весьма успешны в области применения информационных технологий (ИТ). Разумеется, столь категоричное мнение не может не быть субъективным, но именно потому, что оно основано на личных наблюдениях (своих и близких по духу коллег), то есть на своего рода первичных данных, не улучшенных в угоду хорошей отчетности. Кроме того, нам есть с чем сравнивать, мы тоже когда-то учились, программировали, потом стали учить.

Успехи в области применения ИТ не так значительны, как это принято представлять, хотя прогресс неоспорим. Вычислительные ресурсы тратятся крайне неэффективно, количество совершаемых ошибок растет, а коммерческие интересы фирм далеко не всегда совпадают с интересами пользователей. Особенно ярко это проявляется в области искусственного интеллекта (ИИ), где сам термин слегка отдает рекламой, но не наукой. Если же говорить о коммерческих интересах, то наиболее ярко они представлены в публикациях авторов, аффилированных с парой Google и Alphabet. В частности, они более открыты, чем представители других ИТ-фирм, регулярно пишут о своих достижениях и целях, как правило, задним числом. Но бывают и исключения. Так, совсем недавно в открытом доступе опубликован препринт arXiv:2401.09718, где группа лиц, аффилированных с Google и Alphabet, излагает свои взгляды на прошлое, настоящее и будущее ИИ, его колоссальное положительное влияние на экономику и науку, а также некоторые опасения по поводу возможных злоупотреблений и последствий [Ben-Ishai et al, 2024].

Несколько раньше, команда специалистов, объединенных псевдонимом Google Brain, опубликовала статью [Gilmer et al. 2018], где используется термин «многомерная геометрия», а используется он в контексте обсуждения не решенных до настоящего времени проблем безопасности при обучении нейросетей. Разумеется, 2018 год – это по сегодняшним меркам далекое прошлое, технологии обучения нейросетей за прошедшее время ушли далеко вперед. Но, судя по свежим публикациям, например

[Tanner et al, 2024], проблема не решена до сих пор и, можно быть уверенным, не будет решена, пока ее пытаются решать привычными для современной ИТ-индустрии методами, то есть без обращения к более совершенной математике или техническим средствам. Но той математике, которая может стать новым инструментом, не учат будущих специалистов по ИТ. Беда в том, что заранее трудно сказать, что именно из математики здесь сработает, но это не может быть что-то совсем банальное. Если же говорить о технических средствах, то невольно вспоминаешь об аппаратной защите данных, которая появилась в СССР во времена еще ламповых ЭВМ, но до сих пор используется в некоторых типах процессоров. Разумеется, отсюда не следует, что для решения проблемы, связанной с «отравлением данных» и появлением состязательных примеров, о которых говорится в цитируемых публикациях, необходимо применение аппаратного контроля. Но решение таких проблем может находиться далеко за пределами традиционных для ИТ-индустрии инструментов, в том числе это могут быть неожиданные на первый взгляд математические результаты. Интересный пример – публикация [Liu et al, 2024], где рассматриваются возможности нейросетей на основе результатов, полученных двумя выдающимися советскими математиками А.Н. Колмогоровым и В.И. Арнольдом [Колмогоров, 1956, 1957; Арнольд, 1957, 1959] в ходе дискуссии о решении тринадцатой проблемы Гильберта [Hilbert, 1935]. Более старый, но не менее интересный сюжет – применение тропической геометрии для обучения нейросетей. Он интересен и тем, что тропическая математика – это очень молодое и быстро развивающееся направление, и тем, что она создает своего рода мост между дискретной математикой и геометрией выпуклых многогранников. Основа этого моста – идея двойственности – одна из самых глубоких идей, пронизывающая многие математические дисциплины, а с некоторых пор и экономическую теорию (в её части «для умных»).

Далее изложение строится следующим образом. Сразу за настоящим введением следует раздел о междисциплинарном, или (точнее) мультидисциплинарном подходе и о необходимости понимать друг друга, как минимум, на уровне терминов. Следом за ним идут разделы о состязательных примерах, о тропической геометрии, о сетях Колмогорова-Арнольда и, наконец, о том, что могут полезного сделать экономисты. Этому посвящен эпилог, поскольку называть заключение этот раздел жалко.

2. О междисциплинарном подходе и многозначности слова «данные»

Как уже отмечалось в [Козырев, 2024], тема цифровизации, данных и ИИ касается слишком большого круга вопросов, в решении которых задействованы представители разных специальностей и разных научных дисциплин, использующие одинаковые по написанию и звучанию термины, означающие подчас очень разные предметы и явления. Вторжение в чужую область со своим пониманием терминов или пониманием терминов на бытовом уровне приводит к нелепым ситуациям. Здесь же мы собираемся говорить об экономической реальности, но о такой её части, где одинаковое понимание слов – необходимое, хотя и не всегда достаточное. В этом смысле очень примечателен популярный лозунг «Данные – это новая нефть». Сходство с нефтью здесь ровно в том, что необработанные данные также мало

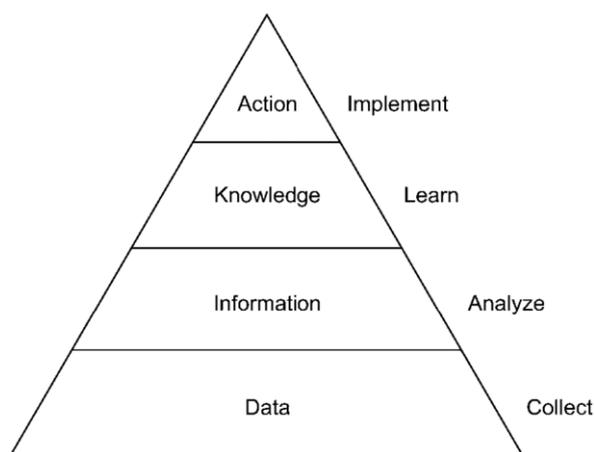


Рис. 1. Пирамида информации.
Источник [Varian, 2019]

пригодны к употреблению, как сырая нефть. В остальном данные радикально отличаются от нефти, что особенно ярко видно на их сложении. Оно идемпотентно, а вычитание для них не определено. На экономическом языке это называется неконкурентностью в потреблении. Именно по этой причине возможно создание открытых баз данных для обучения ИИ. Но этим различия не исчерпываются, а мантра про «новую нефть» только уводит от сути дела.

На бытовом уровне, в экономике и информатике слово «данные» понимается очень по-разному в зависимости от того, о чем идет речь. Но, коли речь заходит об экономике данных, имеет смысл ограничить применение этого термина и провести границы между данными, информацией и знаниями. Для этого в информатике применяется концепция «пирамиды данных». На рисунке 1 представлен вид пирамиды данных в том виде, как это понимают и декларируют специалисты из

Google [Varian, 2019]. Данные в этой пирамиде составляют нижний слой, это те первичные данные в нечитаемом человеком виде, которые собирает какое-то устройство. Например, это может быть видеорегистратор, сканер или что-то еще. Вариантов достаточно много даже в случае, когда речь идет только об изображениях. В целом их много больше, но общий признак – предназначенность для чтения и обработки машиной, а не человеком. Следующий слой – информация, предназначенная для восприятия человеком – получается из первичных данных путем их обработки. Слои, обозначенный термином «знания» (Knowledge), состоит из усвоенной человеком информации, на основе которой он принимает решения. Возможно, такая интерпретация покажется слишком узкой, но речь идет о технике, а не о философии или маркетинге. Есть нюансы и с принятием решений.

В классическом варианте схемы работы с данными какая-то система должна собирать необработанные данные, а затем систематизировать и анализировать их, чтобы превратить в информацию - например, в изображение текстового документа, которое может быть понято человеком. Пиксели на изображении превращаются в понятные человеку надписи. Это понимание, полученное из информации, затем может быть преобразовано в знания, которыми обладают люди. Мы можем представить себе данные, хранящиеся в битах, информацию, хранящуюся в документах, и знания, хранящиеся в головах людей. Существуют хорошо развитые рынки и нормативно-правовая база для информации в таком понимании (книг, статей, веб-страниц, музыки, видео) и знаний (консультационные услуги, обучение). Все это или почти все может быть алгоритмизировано и передано машине, как и делается в традиционном машинном обучении (ML). Проблемы здесь тоже есть, но не о них речь.

Сегодняшние достижения ИИ и соразмерные им проблемы связаны с глубинным обучением, они начинаются там, где машина совершает весь путь от сбора первичных данных к действию. Классический пример – управление ИИ автомобилем без какого-либо участия человека. В этом случае нет нужды в получении информации, воспринимаемой человеком, как и в последующем превращении ее в знания, за которыми последует то или иное действие. Такое спрямление пути дает огромное преимущество по сравнению с традиционным пошаговым движением от данных к информации, знаниям и от них к действию. Но этот путь сопряжен с опасностями, связанными с «отравлением данных», составительскими примерами и другими проблемами, которыми занимаются специалисты по информационной безопасности с переменным успехом. Одна из проблем состоит в том, что средства нападения здесь обходятся на порядки дешевле, чем средства обеспечения информационной безопасности. А это – экономика, и решать ее должны экономисты, но не любые, а понимающие техническую сторону вопроса.

Идеальный пример современного экономиста, владеющего смежными специальностями, это Хэл Вэриан. Стоит напомнить, что по магистерской специальности Вэриан математик, по диссертации PhD – специалист по информационным технологиям, а известен он в основном как экономист и автор знаменитого учебника по экономикс промежуточного уровня, то есть с математикой, но без ухода за пределы понимания для студентов экономистов. А потому его мнение по данному вопросу особенно интересно.

Искусственный интеллект и большие данные у всех на слуху благодаря постоянному повторению этих словосочетаний в средствах массовой информации, как правило, без понимания стоящей за ними реальности, включая достигнутый уровень технологий, возможности сбоев и злоупотреблений. Об этих достижениях и проблемах пишут в специальной литературе. О них можно почитать дискуссии на профессиональных сетевых ресурсах. А совсем недавно группа лиц, аффилированных с Google и Alphabet, опубликовала своего рода манифест о влиянии ИИ на разные сферы жизни [Ben-Ishai et al, 2024] с интригующим названием «Искусственный интеллект и возможности для общего процветания: Уроки из истории технологий и экономики». Среди шести авторов этого манифеста чьи вклады в его содержание декларированы как равные, есть и Хэл Вэриан. Тем не менее, весь этот манифест написан в позитивном ключе и без использования формул, вероятно для того, чтобы его прочло максимальное число людей, интересующихся экономикой и влиянием на нее ИИ. Однако с его идеями можно поспорить.

Основная идея манифеста, если отбросить идеологические заявления, состоит в том, что ИИ – технология общего назначения (general-purpose technology), причем в том ряду, куда входят еще паровой двигатель, электричество и персональный компьютер [Bresnahan & Trajtenberg, 1995], ИИ – не один из,



Рисунок 2. Слайд из презентации автора 14.07.2018

а нечто большее по масштабу и глубине. Здесь видится целый ряд подмен. Самая очевидная из них – использование термина «искусственный интеллект», не являющегося термином в общепринятом смысле этого слова. Его наполнение смыслами постоянно меняется. Реально речь идет о новых нейросетевых технологиях, получивших в последнее время действительно широкое распространение, что и позволяет говорить о них в целом как о технологии общего назначения. Но под шапкой ИИ помимо них могут скрываться и какие-то другие технические решения, как, собственно говоря, и было на протяжении примерно семидесяти лет. Популярность ИИ и объем финансирования изменяется от одной «зимы ИИ» к другой с периодами относительного благополучия между «зимами». Каждый раз «зиме» предшествует ажиотаж, связанный с каким-то успехом и очень громкими обещаниями. Потом выясняется, что обещания были сильно завышены или несколько преждевременны, начинается новая «зима» с сокращением финансирования и внимания прессы. Так, в знаменитом матче между AlphaZero и Stockfish в 2017 году программа Stockfish играла с отключенными базами по дебютам и эндшпилям, чтобы «выровнять условия». Но при этом AlphaZero использовала тензорный процессор, а Stockfish – обычный, но ничего тут выравнивать не стали, поскольку «технически невозможно». К

счастью для Google эти детали не получили тогда широкой огласки, хотя внутри шахматного сообщества они обсуждались. Нечто подобное было и в знаменитом матче, когда в 1997 году Deep Blue, созданная командой IBM, обыграла тогдашнего чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова. Ему не давали пользоваться электронным дебютным справочником, то есть он играл так, как принято в матчах между людьми, но его «противник» пользовался таким справочником.

Разумеется, через относительно небольшой период времени машины стали играть так, что человеку в принципе невозможно с ними соперничать, это связано с тем, что шахматы – матричная игра. Каждая стратегия любой из сторон – набор ответов (ходов) для каждой позиции с ходом этой стороны. Их совокупность – полный набор стратегий для каждой из сторон – конечное, но очень большое множество. Однако нет никакой необходимости рассматривать все стратегии. Надо рассматривать их классы. Например, если можно поставить мат в один ход, то нет надобности рассматривать другие ходы. При этом совершенно неважно, как стоят остальные фигуры. Мы имеем дело с одним классом. То же самое с некоторыми нюансами имеет место практически на каждой стадии игры. Множество стратегий разбивается на классы эквивалентности, которых намного меньше, чем стратегий в исходном смысле. И тут оказывается, что самообучение машины с какого-то момента оказывается более быстрым. На момент матча между AlphaZero и Stockfish человек мог обучить программу идеально играть в эндшпилье и очень хорошо в дебюте. Именно эти возможности и отключили Stockfish. В другие подробности вдаваться не будем, речь не об этом, а о том, что погоня за сенсациями и увеличением финансирования постоянно толкает на мелкий или не очень мелкий подлог. Иногда это сходит с рук, иногда нет.

Особенность сегодняшней ситуации в том, что очередная «зима» не наступила в положенный ей срок, а наоборот, возник ажиотаж, связанный с успехами генеративных сетей. Но будет ли от них больше пользы, чем вреда – большой вопрос. Беда в том, что ответ мы узнаем, когда будет уже поздно.

Опосредованные компьютером транзакции, сбор данных и составительские примеры

Об опосредованных компьютером транзакциях говорят и пишут много меньше, чем об ИИ и о данных как «новой нефти», хотя для понимания современной экономики важен и сам этот термин, и стоящая за ним реальность. О них многое было сказано в работах Хэлла Вэриана [Varian, 2010, 2013], но там речь шла о том, что происходит «за пределами Больших Данных» (Beyond Big Data), как и называлась одна из его статей, то есть об информации, полученной в виде следов от разного рода транзакций и представленной в форме, пригодной для восприятия человеком. В частности, речь шла о фотографиях с ценниками на свинину в разных магазинах Шанхая, об информации с датчиков скорости на автомобилях, сдаваемых в аренду или на условиях каршеринга, а также о том, как эту информацию можно использовать для создания новых форм договоров и форм бизнеса. Его правоту в этих вопросах подтвердил стремительный взлет Google после того, как в 2002 году Вэриан пришел туда работать сначала консультантом, а с 2007 – главным экономистом. Но сейчас речь не об этом, а о первичных данных, используемых для обучения нейросетей, минуя превращение их информации, понимаемую людьми.

Очень часто, открывая какой-то ресурс, приходится подтверждать, что Вы не робот. Иногда для этого нужно просто поставить галочку в подходящем поле. Но достаточно часто при попытке скачать текст научной статьи или книги, находящейся в открытом доступе, вдруг возникает необходимость пометить все фотографии, на которых есть светофор или дорожный знак. В этом случае можно с уверенностью сказать, что Вас используют для создания обучающей подборки меченых данных. В случае со светофорами или дорожными знаками это может быть подборка для обучения ИИ управлению автомобилем, хотя и не обязательно. Альтернативные варианты получения такой подборки – это, например, нанять некоторое количество туповатых, но вменяемых фрилансеров, которые бы на платной основе метили фото с теми самыми объектами. В какие суммы это обойдется – вопрос к экономистам. Эксплуатировать тех, кто ищет материалы для статей или совершает покупки в сети, точно дешевле. Еще один вариант – обратиться к открытым базам. Тут снова можно сослаться на цитируемые выше статьи коллег из Google, они указывают множество таких источников. У тех, кто выкладывает огромные массивы меченных данных для обучения чужих сетей, вероятно, есть понимание мотивов своих действий, но они не обязательно те же, что у поэта, написавшего «Граждане, послушайте меня».

Со сбором меченых данных, в том числе из открытых источников, связаны специфические риски, справиться с которыми помогает правильное понимание многомерной геометрии [Dube, 2018, 2020].

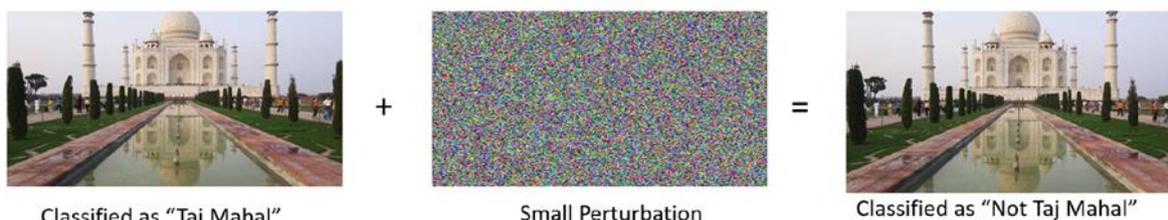


Рисунок 3. Небольшое возмущение приводит к тому, что сеть изменяет результат. Источник [Dube, 2018].

На рисунке 3 приведен пример из работы [Dube, 2018], показывающий резкое изменение ответа сети, настроенной на распознавание знаменитого на весь мир объекта. Там же приводится пример

фейковых неузнаваемых изображений, которые обученная сеть распознает как Тадж Махал. Такие примеры показывают уязвимость сети и возможность опасных ошибок. Например, это может привести к аварии, если сеть неправильно распознает дорожный знак. Примечательно то, что смысл знака может быть совершенно ясен человеку, выделяющему информацию в указанном выше смысле из массива необработанных пикселей, а потом действующего на основании знаний правил дорожного движения и увиденной информации. А машина с обученной сетью перейдет от массива считанных пикселей к управлению более коротким путем, Зато она может увидеть то, чего нет, а есть только сделанный кем-то фейк.

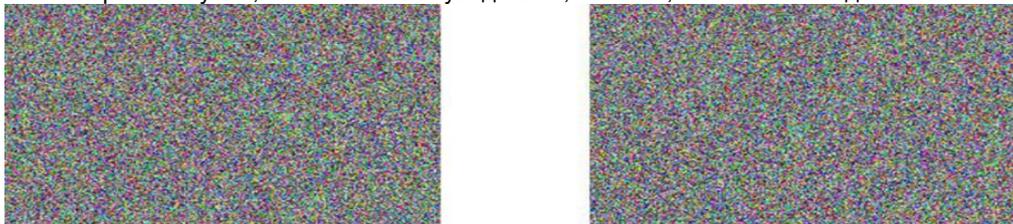


Рисунок 4. Примеры фейковых изображений, распознаваемых сетью как Тадж Махал. Источник [Dube, 2018].

На рисунке 4 как раз изображены два таких фейка. Они безобидны. Но при наличии недружественных намерений можно сделать фейк, по которому будет нанесен удар самой предполагаемой жертвой по себе самой. На эту тему можно фантазировать, но пафос цитируемой публикации не в этом.

В статье [Dube, 2018] глубокое обучение анализируется с математической точки зрения, исследована работа глубоких нейронных сетей и первопричины возникновения противоречивых примеров. Затем обсуждаются возможности улучшить их в будущем и устранить противоречивые примеры. В статье не только получены новые результаты, но и указаны ошибки аргументации в ранее опубликованных статьях по теме. А примечательно то, что все это делается с применением математических свойств многомерных пространств, использована геометрическая и топологическая аргументация. Далее рассматриваются оптимизационные ландшафты глубоких нейронных сетей и количество седловых точек относительно числа локальных минимумов. Там же показано, как природа изображений с множественным разрешением объясняет противоречивые примеры, основанные на возмущениях. Все это преподносится в виде математических формул и утверждений. Наконец, используя гипотезу множественного обучения по частям для естественных изображений, автор исследует работу глубоких нейронных сетей и первопричины возникновения противоречивых примеров, а также обсуждает, как можно улучшить сети в будущем и как можно устранить противоречивые примеры. Были ли эти идеи воплощены в жизнь за последующие годы, не до конца ясно. Но подход Дюбе интересен, в нем чувствуется настоящая математика.

Тропическая геометрия двойственности

Тропическая геометрия получила свое название в честь бразильского математика венгерского происхождения Имре Симона в связи с публикацией [Simon, 1988], оно прижилось как интригующее и в целом более удачное, чем исходное название соответствующей ветви математики – идемпотентного анализа [Маслов, Колокольцев, 1994]. Как и другие ветви математики, идемпотентная математика успешно развивалась в СССР [Воробьев, 1963] и позже в постсоветской России [Кривулин, 2009], хотя первородство при желании можно оспорить. Главное отличие идемпотентной математики от обычной состоит в том, что обычное сложение заменяется идемпотентной бинарной операцией. Чаще всего это операция максимума или минимума. Если говорить конкретно о тропической геометрии, то сложение здесь заменяется операцией минимума, умножение – операцией обычного сложения, а в качестве нуля используется бесконечность, обычно обозначаемая символом ∞ . Получаемая в результате таких замен алгебраическая система представляет из себя полуполе, поскольку операция сложения в ней необратима. В остальном она достаточно похожа на обычную арифметику. Чтобы не возникало путаницы, имеет смысл использовать символ \oplus для идемпотентного сложения и символ \otimes для умножения. Символ ∞ спутать с чем-то еще достаточно сложно. Получаемая алгебраическая система с коммутативными сложением и умножением, но без деления является полуполем. Над этим полуполем строится полноценная (за небольшими исключениями) математика. Там есть свой аналог линейной алгебры и своя геометрия.

Решениями уравнений в этой математике считаются значения переменных, при которых совпадают значения каких-то одночленов. Так, решениями уравнения $ax \oplus by = c$ считаются значения переменных x и y , при которых выполняется хотя бы одно из равенств $ax = bx$, $ax = c$ или $bx = c$. Соответственно, прямая линия в такой геометрии состоит из трех лучей, соединяющихся в точке $ax = by = c$ и разделяющих плоскость на три части. Как это выглядит в конкретном случае, показано на рисунке 5. Уравнение $x^2 \oplus y^2 = 1$ имеет решения $x^2 = 1$, $y^2 = 1$ и $x^2 = y^2$. Его тоже любопытно нарисовать.

С увеличением числа переменных растет размерность пространства. Его уже трудно нарисовать. Но даже простейший случай с разделением плоскости на три части имеет нетривиальные практические приложения. Например, в 1998 году банк Англии раздавал кредиты на 100 миллиардов фунтов стерлингов (в сумме) по низким ставкам с надежным обеспечением, по более высоким ставкам с менее надежным обеспечением, причем без ограничения числа заявок от каждого просителя. Все 100 миллиардов фунтов стерлингов были розданы, причем все получили кредит на условиях более благоприятных, чем они готовы

были взяты. Кто-то кредит не получил. Это были те, кто просил кредит на лучших условиях, чем «прямая» отсечения. Пикантность ситуации как раз в том, что эта «прямая» делила плоскость на 3, а не на 2 части.

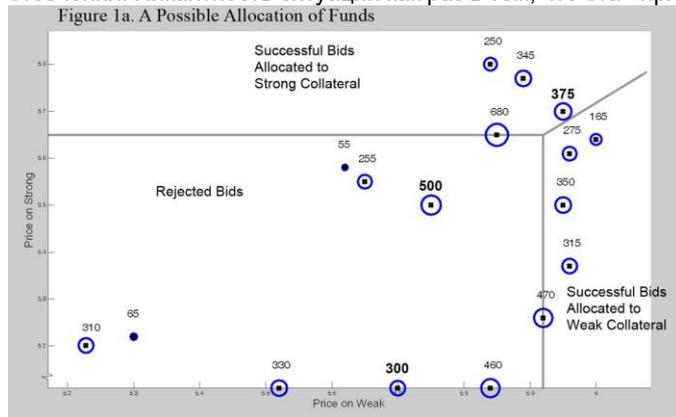


Рисунок 5. Тропическая прямая при раздаче кредитов 1998 г. Источник [Klempereger, 2008]

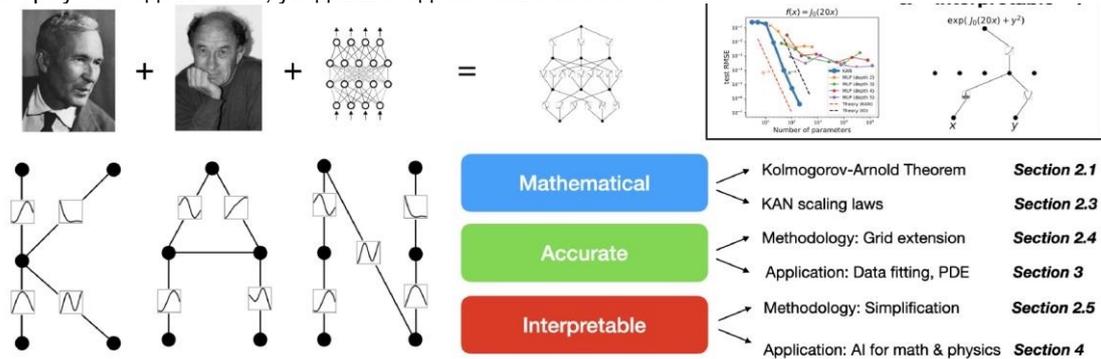
При всем при том применение тропической геометрии в экономике пока делает лишь первые шаги. Гораздо удачнее обстоит дело с её использованием при обучении нейронных сетей. С этим же отчасти связано и само её название в честь бразильского математика, ставшего пионером данного направления. И снова здесь большие данные, но это не те данные, или, точнее, не только те данные, которые получаются из цифровых следов. Очень большое количество данных для обучения нейронных сетей приходится собирать вручную. Это стоит дорого. Но и тут есть надежда на улучшение ситуации. Она тоже связана с чистой (до поры) математикой. Тропическая геометрия несколько превышает тот уровень, который Вэриан счел доступным

для экономистов, когда писал свои учебники по экономикс промежуточного уровня, но в данном случае это не столь уж важно. Достаточно понимать, что она есть и востребована не только в экономике, но и в работе с данными. Она очень удобна при работе с задачами на графах, а высокую эффективность ее применения обеспечивает связь с геометрией выпуклых многогранников [Baldwin, Klempereger, 2012]. Эта связь возникает через двойственность и многогранник Ньютона, то есть она обязана своим наличием достаточно давним достижениям математики. Примечательно здесь то, что двойственная задача для исходной целочисленной задачи, сформулированной на языке тропической геометрии, оказывается непрерывной и потому проще решаемой. Тропическая геометрия нашла довольно широкое применение в обучении нейросетей [Bhatia et al., 2024]. Ей учат в ряде российских вузов [Кормаков, 2002], в частности, на ВМК МГУ и в СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Сети Колмогорова-Арнольда (KAN)

Совсем недавно появилось сообщение [Liu et al, 2024] о работах по созданию нового вида нейросетей на основе теоремы о представлении, которая появилась в результате дискуссии между двумя выдающимися советскими математиками А.Н. Колмогоровым и В.И. Арнольдом о 13-й проблеме Гильберта, откуда возникло название такого рода сетей. Стоит отметить, что речь идет об очень глубоком математическом результате, состоящем из двух частей. Сначала Колмогоров [Колмогоров, 1956] показал возможность представления непрерывных функций $n \geq 3$ переменных в виде суперпозиции функций трех переменных. Потом Арнольд свел это к суперпозиции двух переменных [Арнольд, 1957, 1958].

И только совсем недавно этот результат нашел применение в области ИИ, что вызвало большой восторг у исследователей, увидевших здесь новые возможности.



Our proposed Kolmogorov-Arnold networks are in honor of two great late mathematicians, Andrey Kolmogorov and Vladimir Arnold. KANs are mathematically sound, accurate and interpretable.

Рисунок 6. Источник [Liu et al, 2024].

Сети Колмогорова-Арнольда (KAN) предлагаются в цитируемой работе [Liu et al, 2024] как многообещающая альтернатива популярным сегодня многослойным перцептронам (MLP). С точки зрения математика её очевидными преимуществами надо считать относительную компактность, красоту и понятность. В то время как MLP имеют фиксированные функции активации на узлах (нейронах), KAN имеют обучаемые функции активации на ребрах (весах). KAN вообще не имеют линейных весов – каждый

весовой параметр заменяется одномерной функцией, параметризованной как сплайн. В цитируемой работе показано, что это, казалось бы, простое изменение позволяет KAN превосходить MLP с точки зрения точности и интерпретируемости в небольших задачах, связанных с искусственным интеллектом и естественными науками. Что касается точности, то небольшие KAN могут достичь сопоставимой или лучшей точности, чем более крупные MLP, в задачах подбора функций. Теоретически и эмпирически KAN обладают более быстрыми законами нейронного масштабирования, чем MLP. Для удобства интерпретации KAN могут быть интуитивно визуализированы и легко взаимодействовать с пользователями-людьми. С их приходом в область искусственного интеллекта (ИИ) наступает конец бравированию набившим оскомину «мы сами не понимаем, как она (сеть) это делает».

Бравировать непониманием – занятие, строго говоря, не для ученых. Тем не менее, в сфере ИИ это непонимание часто преподносится чуть ли не как свидетельство высокого уровня ИИ (еще не общего ИИ, но почти). Похоже, этой «прекрасной эпохе» приходит конец.

Там же [Liu et al, 2024] на двух примерах из области математики и физики показано, что KAN могут быть полезны ученым, помогая (заново) открывать математические формулы и физические законы. Таким образом, KAN – многообещающая альтернатива MLP, она открывает возможности для дальнейшего совершенствования современных моделей глубокого обучения, основанных вплоть до настоящего времени преимущественно на MLP. Но смысл этой истории глубже, она вызывает ассоциации.

В далеком уже 1972 году к д.ф.-м.н. Г.Ш. Рубинштейну в Институт математики СО АН СССР пришли физики из Института ядерной физики СО АН СССР и попросили помочь в создании математической модели для оптимального размещения нового оборудования в одном из помещений. Бывший аспирант Л.В. Канторовича и автор весьма любопытного приложения к его книге [Канторович, 1960] предложил нарисовать контуры агрегатов на бумаге, вырезать и подвигать по нарисованному же полу помещения, сохранив пропорции. А потом рассказал автору этой статьи (в тот момент студенту-дипломнику) про решение задачи о проводах и изоляции, решаемой с применением бильярдных шаров и ремня (рис 7). С точки зрения математики здесь важно только сечение, пропорции между наибольшим сечением бильярдного шара и сечением провода в идеале такие же, как между сечением ремня и изоляционной трубки. И в этом соль.



Рисунок 7. Одинаковое сечение – ключ к решению

Эпилог

Приведенные выше примеры использования при работе с данными красивых математических идей, относимых до последнего времени к чистой математике, показывают фантастическую продуктивность этой науки. В самом деле, все перечисленные выше достижения в этой области (до их применения) получены людьми очень высокой квалификации, но с зарплатой просто несоизмеримой с зарплатой кинозвезд или топ-менеджеров. При этом не тратилась энергия, как при физических экспериментах, не велись раскопки и так далее. Но на их основе созданы более совершенные математические методы. Более эффективные вычислительные процедуры, используемые во множестве компьютеров много-много раз, приносят колоссальную экономию. Впрочем, чистая математика прекрасна и без этого.

Подводя итог сказанному выше, можно заметить, что экономистам есть чем заняться в экономике данных, если есть желание занять конструктивную позицию. Осмысленные вопросы, как минимум, отчасти относящиеся к компетенции экономистов представлены ниже в разбивке на 4 группы.

1. Как можно использовать во благо «следы» опосредованных компьютерами транзакций?
 - a. Как предложение адаптируется к реальному спросу, а как это может вести к завышению цен и играть против пользователя (покупателя)?
 - b. Так ли страшна ценовая дискриминация (дифференциация цен) или без этого и двух-компонентных цен экономика с растущей отдачей на масштаб не живет?
 - c. Какие формы аукционов становятся возможны, а какие отпадают?
1. Как накопление информации порождает надзорный капитализм?
 - a. Кто владеет и/или распоряжается Большими Данными?
 - b. Уживутся ли приватность, удобство и безопасность вместе?
 - c. «Новая нефть» – это Большие Данные или эксплуатируемое большинство?
2. Где экономически оправдано применение генеративных сетей, если сопоставить затраты на обучение и реальный эффект?
 - a. Какие профессии могут быть реально заменены ИИ?
 - b. Где это экономически нецелесообразно?
 - c. А как это коснется самих экономистов?
3. Каковы экономические перспективы промышленного майнинга?
 - a. Как растут затраты энергии?
 - b. Каково соотношение между пользой (с учетом мультипликативного эффекта) и затрат?
 - c. Чем может быть оправдан практически очевидный отрицательный результат?

4. Зачем люди играют в эту игру под названием «промышленный майнинг»?
 - a. Как растёт объём хранимой информации в системах блокчейн с ростом числа участников?
 - b. Как решается проблема слишком быстрого роста?
 - c. Как при этом происходит отказ от изначально декларируемой концепции и её целей?

На часть из перечисленных выше вопросов уже есть ответы, например в книге [Zuboff, 2019], уже переведённой на русский язык и широко обсуждаемой гуманитариями. Но совсем не очевидно, что эти ответы устроят тех, кто сегодня принимает решения,

Литература

1. Арнольд В. И. (1957) О функциях трех переменных, ДАН СССР, т. 114, № 4 (1957), 679—681.
2. Арнольд В. И. (1959) О представлении непрерывных функций трех переменных суперпозициями непрерывных функций двух переменных, Матем. сб., 1959, том 90, номер 1, 3—74
3. Канторович Л.В. (1960) Экономический расчет наилучшего использования ресурсов, М.: Издательство АН СССР, 1960.
4. Воробьев, Н. Н. (1963) Экстремальная алгебра матриц, Докл. АН СССР, 1963, том 152, « 1, 24—27
5. Козырев А.Н. (2018), Цифровая экономика и цифровизация в исторической перспективе // Цифровая экономика, № 1, 2018, с.5-19, DOI: [10.34706/DE-2018-01-01](https://doi.org/10.34706/DE-2018-01-01)
6. Козырев А.Н. (2024) Цифровая экономика и экономика данных // Цифровая экономика № 2(28), 2024 – с. 5–13. DOI: [10.33276/de-2024-02-01](https://doi.org/10.33276/de-2024-02-01)
7. Колмогоров А.Н. (1965) Три подхода к определению понятия «количество информации» // Проблемы передачи информации. – 1965. – Т.1 – Вып. 1. – с. 3–115.
8. Колмогоров А. Н. (1956), О представлении непрерывных функций нескольких переменных суперпозициями непрерывных функций меньшего числа переменных, ДАН СССР, т. 108, № 2 (1956), 179—182.
9. Колмогоров А.Н. (1957), О представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиций непрерывных функций одного переменного и сложения, ДАН СССР, т. 114, № 5 (1957), 953—956.).
10. Кормаков, Г. В. (2002) Интерпретация процесса переобучения искусственных нейронных сетей с использованием тропической геометрии / Г. В. Кормаков // Прикладная математика и информатика. – Москва: ООО "МАКС Пресс", 2022. – С. 86-105. – EDN ZRDXMF.
11. Кривулин Н.К. (2009), Методы идемпотентной алгебры в задачах моделирования сложных систем. – СПб: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2009. – 256 с.
12. Маслов В.П., Колокольцев (1994), Идемпотентный анализ и его применение в оптимальном управлении. М.: Физматлит, 1994, ISBN 5-02-014886-5. 144 с.
13. Baldwin E., Klemperer P. (2012): "Tropical Geometry to Analyse Demand," Working Paper, Nuffield College, [PDF Tropical Geometry to Analyse Demand \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/312211111)
14. Ben-Ishai, G., Dean, J., Manyika, J., Porat, R., Varian, H., Walker, K. (2024), AI and the Opportunity for Shared Prosperity: Lessons from the History of Technology and the Economy arXiv preprint arXiv:2401.09718, 2024, Equal contributions, the authors are affiliated with Google and Alphabet.
15. Bhatia, S., Cao, Y., Lezeau, P., Monod, A. (2024) Tropical Expressivity of Neural Networks, arXiv:2405.20174v1 [cs.LG] 30 May 2024
16. Bresnahan T. F., Trajtenberg, M. (1995) General purpose technologies 'Engines of growth'? Journal of Econometrics, Volume 65, Issue 1, January 1995, Pages 83-108
17. Gilmer, J., Metz, L., Faghri, F., Schoenholz, S., Raghu, M., Wattenberg, M. & Goodfellow, I.n (2018) The Relationship Between High-Dimensional Geometry and Adversarial Examples, arXiv: 1801.02774v3 [cs.CV] 10 Sep 2018
18. Ben-Ishai, G., Dean, J., Manyika, J., Porat, R., Varian, H., Walker, K. (2024), AI and the Opportunity for Shared Prosperity: Lessons from the History of Technology and the Economy arXiv preprint arXiv:2401.09718, 2024, Equal contributions, the authors are affiliated with Google and Alphabet.
19. Dube S. (2018) High Dimensional Spaces, Deep Learning and Adversarial Examples, arXiv:1801.00634v5 [cs.CV] 15 Apr 2018.
20. Dube S. (2021) An Intuitive Exploration of Artificial Intelligence: Theory and Applications of Deep Learning". Publisher: Springer Nature.
21. Klemperer, P. (2008) A New Auction for Substitutes: Central Bank Liquidity Auctions, the U.S. TARP, and Variable Product-Mix Auctions. <http://www.pauklempere.org>
22. D. Hilbert, Gesammette Abhandlungen Vol. 3, No. 17, Berlin, 1935.
23. Klemperer P. (2010) The product-mix auction: A new auction design for differentiated goods. Journal of the European Economic Association, 8(2-3):526-536, 2010.
24. Ziming Liu, Yixuan Wang, Sachin Vaidya, Fabian Ruehle, James Halverson, Marin Soljac'ic, Thomas Y. Hou, Max Tegmark, (2024) KAN: Kolmogorov–Arnold Networks, <https://arxiv.org/abs/2404.19756>
25. Simon I. (1988), *Recognizable sets with multiplicities in the tropical semiring*, Mathematical foundations of computer science, 1988 (Carlsbad, 1988), Lecture Notes in Comput.Sci., vol. 324, Springer, Berlin, 1988, pp. 107-120. 1

26. Varian, H. (2021) Economics at Google: The first ten years. *Bus Econ* 56, 195–199 (2021). <https://doi.org/10.1057/s11369-021-00243-2>
27. Zuboff, Sh. (2019) *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York, Public Affairs, 2019, 704 pp.
28. Varian H (2019), *Artificial Intelligence, Economics, and Industrial Organization* // National Bureau of Economic Research, Volume Title: *The Economics of Artificial Intelligence*, p. 399 – 419
29. Varian H (2018), *Use and Abuse of Network Effects*". *Toward a Just Society: Joseph Stiglitz and Twenty-First Century Economics*, edited by Martin Guzman, New York Chichester, West Sussex: Columbia University Press, 2018, pp. 227-239. <https://doi.org/10.7312/guzm18672-013>
30. Varian, H. (2013) Beyond Big Data. *Bus Econ* 49, 27–31 (2014). <https://doi.org/10.1057/be.2014.1>
31. Varian, Hal R. (2010). "Computer Mediated Transactions," *American Economic Review*, VOL. 100, NO. 2, MAY 2010, pp. 1–10.

References in Cyrillics

1. Arnol'd V. I. (1957) O funkciyax trex peremenny'x, *DAN SSSR*, t. 114, № 4 (1957), 679—681.
2. Arnol'd V. I. (1959) O predstavlenii nepreryvny'x funkciy trex peremenny'x superpoziciyami nepreryvny'x funkciy dvux peremenny'x, *Matem. sb.*, 1959, tom 90, nomer 1, 3–74
3. Vorob'ev, N. N. (1963) E'kstremalnaya algebra matricz, *Dokl. AN SSSR*, 1963, tom 152, № 1, 24–27
4. Kantorovich L.V. (1960) E'konomicheskiy raschet nailuchshego ispol'zovaniya resursov, M.: Izdatel'stvo AN SSSR, 1960.
5. Kozyrev A.N. (2018), *Cifrovaya e'konomika i cifrovizaciya v istoricheskoy perspektive* // *Cifrovaya e'konomika*, № 1, 2018, s.5-19, DOI: 10.34706/DE-2018-01-01
6. Kozyrev A.N. (2024) *Cifrovaya e'konomika i e'konomika danny'x* // *Cifrovaya e'konomika* № 2(28), 2024 – s. 5–13. DOI: 10.33276/de-2024-02-01
7. Kolmogorov A.N. (1965) Tri podxoda k opredeleniyu ponyatiya «kolichestvo informacii» // *Problemy peredachi informacii*. – 1965. – T.1 – Vy'p. 1. – s. 3–11.
8. Kolmogorov A. N. (1956), O predstavlenii nepreryvny'x funkciy neskol'kix peremenny'x super-poziciyami nepreryvny'x funkciy men'shego chisla peremenny'x, *DAN SSSR*, t. 108, № 2 (1956), 179-182.
9. Kolmogorov A.N. (1957), O predstavlenii nepreryvny'x funkciy neskol'kix peremenny'x v vide superpozicij nepreryvny'x funkciy odnogo peremennogo i slozheniya, *DAN SSSR*, t. 114, № 5 (1957), 953-956.).
10. Kormakov, G. V. (2002) Interpretaciya processa pereobucheniya iskusstvenny'x nejronny'x setej s ispol'zovaniem tropicheskoj geometrii / G. V. Kormakov // *Prikladnaya matematika i informatika*. – Moskva: OOO "MAKS Press", 2022. – S. 86-105. – EDN ZRDXXMF.
11. Krivulin, N.K. (2009), *Metody idempotentnoj algebrы v zadachax modelirovaniya slozhny'x sistem*. – SP: Izd-vo S.-Peterb. Un-ta, 2009. – 256 s.
12. Maslov V.P., Kolokol'cev (1994), *Idempotentny'j analiz i ego primenenie v optimal'nom upravlenii*. M.: Fizmatlit, 1994, ISBN 5-02-014886-5. 144 s.

Ключевые слова

Большие данные, компьютерно-опосредованные транзакции, генеративные сети, глубинное обучение, обучение с подкреплением, тропическая математика

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, Data Economy, neural network learning and multidimensional geometry

Keywords

Big Data, computer-mediated transactions, generative networks, deep learning, reinforcement learning, tropical mathematics.

DOI: 10.34706/DE-2024-03-01

JEL classification C8 Методология сбора и оценки данных; компьютерные программы; O33 – Научно-технический прогресс: этапы и последствия; процесс распространения

Abstract

The article uses specific examples to show how high-class mathematics sometimes helps to solve problems in the field of economics and information technology, for which it was not originally intended. The role of outstanding Russian mathematicians of the relatively recent past is particularly emphasized. interpreter.

УДК: 330.13, 330.45, 347.94

1.2. Ставка роялти – отраслевой инвариант в IP-сделках и судебных спорах

Костин А.В.
ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

В статье показана фундаментальная роль отраслевых ставок роялти в лицензионных договорах и аналитического метода их расчета. Аналитический метод расчета ставок роялти (RoS - Royalty on Sales price) на основе рентабельности продаж (ROS) и прибыли до вычета процентов и налогов (EBIT - Earnings Before Interest and Taxes) отличается высокой точностью и учитывает специфику отраслей, в которых используется объект интеллектуальной собственности. Этот метод широко применяется как в судебных экспертизах, так и в коммерческих сделках, охватывая расчеты убытков, оценку рыночной стоимости исключительных прав, а также определение размеров компенсации и вознаграждения авторам в различных юрисдикциях. Показано, что ставка роялти является ключевым элементом двухкомпонентного ценообразования в лицензионных сделках, обеспечивая гибкость и эффективность в управлении интеллектуальной собственностью.

Введение

Универсальным показателем в процессе управления нематериальными активами в бизнесе и важным измерителем в сделках и судебных спорах является ставка роялти за использование объектов интеллектуальной собственности (далее - ОИС). Такая практика сложилась достаточно давно и воспринимается как норма. В статье [Козырев, 2023] дано теоретическое объяснение этого факта. Показано, что разделение выплат по лицензионному договору на паушальный платеж и роялти можно рассматривать как идеальный пример двухкомпонентных цен в условиях возрастающей отдачи на масштаб. Роялти, вместе с паушальными платежами, обеспечивают гибкость и эффективность в управлении интеллектуальной собственностью. При этом именно ставку роялти можно рассматривать как отраслевой инвариант, поскольку сумма платежа в виде роялти пропорциональна объему использования лицензии, тогда как величина паушального платежа определяется при заключении сделки. В наукоемких отраслях компании постоянно вынуждены делать выбор между самостоятельной разработкой технических решений и покупкой лицензий у компаний, предлагающих такие решения. И тут ставка роялти выступает в той же роли, что цена на обычном товарном рынке. По мере роста наукоемкости экономики точный расчет ставок роялти становится все более актуальным, причем касается это все более широкого круга компаний, а информационные технологии создают для этого новые возможности.

На сегодняшний день в мировой и отечественной практике существуют три группы методов расчета ставок роялти: а) рыночный метод¹; б) аналитические методы; в) метод отраслевых стандартов. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, а также свои требования к качеству данных.

Упрощенность метода "отраслевых стандартов" [Костин, 2024а] заключается в его способности предоставлять интуитивно понятные границы диапазонов ставок роялти на основе установившегося коллективного согласия в определенных отраслях для определенного класса ОИС. Этот подход подобен культурным нормам, например, принятым в разных странах нормам чаевых. Он удобен в ситуациях, когда не требуется глубокий анализ, а нужно быстро определить приблизительные ставки, что может быть актуально при ограниченных ресурсах или времени. Основные условия для применения метода подразумевают наличие доступных аналитических и статистических данных по отраслям и видам ОИС, которые точно отражают текущие экономические условия. Метод прост в использовании, но ограничен необходимостью в надежных и актуальных данных, а также тем, что при отсутствии детальных данных может оказаться недостаточным, требуя более сложных подходов.

Рыночный метод расчета ставок роялти недостаточно эффективен для сложных объектов, таких как изобретения и связанные с ними секреты производства (ноу-хау), из-за ресурсных ограничений, возникающих при приобретении исходных данных из коммерческих баз данных² (например, RoyaltyStat, RoyaltyRange, RoyaltySource, ktMINE), что вынуждает исследователей полагаться на малые выборки.

Основные источники данных для расчета ставок роялти рыночным методом содержатся в коммерческих базах данных и отчетах публичных компаний на сайте sec.gov, но это далеко не всегда обеспечивает доступ к детализированной и точной информации о базе роялти и финансовых условиях в лицензионных договорах или договорах коммерческой концессии.

¹ Рыночный метод, также известный как метод аналогов, базируется на анализе ставок роялти из лицензионных соглашений на аналогичные объекты.

² Phillips, Scott D. (2006). Determination of royalty rates for trademarks/brands [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/3Abvvt> (Дата обращения: 20.09.2024)

В своих исследованиях Барух Лев [Лев, 2003] подчеркивает проблемы, связанные с использованием ограниченных данных лицензионных сделок при расчете роялти, среди которых можно выделить:

- неполноту данных, которая проявляется в отсутствии полноценной картины рынка из-за уникальности лицензионных сделок;
- эффект выборочного искажения, когда определенные типы соглашений могут доминировать в выборке, что приводит к необъективной оценке диапазона ставок роялти;
- усиление когнитивных искажений при использовании ограниченных данных, что влияет на объективность выводов.

При использовании малых выборок для расчета ставок роялти исследователи часто допускают ошибки, описанные в работах Тверски и Канемана, что связано с различными эвристиками. Так, эвристика репрезентативности может привести к ошибочному предположению о достаточности небольшой выборки для отражения всей отрасли. Как отмечают авторы, "сходство, или репрезентативность, не зависит от многих факторов, которые должны влиять на вероятностные оценки" [Tversky & Kahneman, 1974]. Это приводит к игнорированию изменчивости более значительных выборок.

Эвристика доступности может исказить оценку состояния отрасли, если исследователи полагаются на легко доступные, но ограниченные данные. По мнению Тверски и Канемана, "опора на доступность приводит к предсказуемым предвзятостям" [Tversky & Kahneman, 1974], поскольку имеющиеся данные не всегда отражают полную картину.

Эвристика якорения может воздействовать на исследователей, склоняя их использовать начальные значения из ограниченных данных в качестве отправной точки, часто приводя к необоснованным корректировкам и смещениям к первоначальному значению [Tversky & Kahneman, 1974].

Поведенческие аспекты и психология переговоров

В работе Даниэля Канемана [Канеман, 2023] подчеркивается важность учета поведенческих аспектов в процессе принятия решений, что особым образом преобразует подход к оценке ставок роялти за использование объектов интеллектуальной собственности. Ожидания и восприятие риска играют ключевую роль, так как стороны, вовлеченные в IP-сделки, часто основывают свои решения на субъективных и неформализованных ожиданиях будущей прибыльности, что может исказить реальную стоимость соглашений. Моделирование различных "что если" сценариев помогает глубже понять истинную стоимость и потенциальные риски, что особенно важно в условиях финансового и рыночного анализа. Организационные и культурные факторы также оказывают значительное влияние, так как они сказываются на восприятии ценности интеллектуальной собственности и управлении ожиданиями. Психология переговоров, освещенная Канеманом, демонстрирует, насколько важно понимание поведенческих и эмоциональных аспектов для достижения справедливых и обоснованных условий лицензионных соглашений, минимизируя влияние возможных предвзятостей. Эти идеи предлагают усовершенствованные стратегии, которые могут быть применены для повышения точности и прозрачности в оценке ставок роялти.

Использование больших данных для расчета роялти

Большое количество данных позволяет улучшать расчеты ставок роялти, так как помогает выявлять скрытые тенденции и корреляции в IP-сделках, уменьшая зависимость от недостатков выборочных данных. Большие данные преобразуют подход к анализу и интерпретации информации. Неточности на микроуровне могут стать катализатором для новых открытий на макроуровне, что подчеркивается утверждением из [Майер-Шенбергер & Кукьер, 2014, с.17]: "То, что мы теряем из-за неточности на микроуровне, позволяет нам делать открытия на макроуровне". Это поддерживает идею, что в мире больших данных знание причин явлений становится вторичным, так как "нам не всегда нужно знать причины, которые стоят за теми или иными явлениями" [Майер-Шенбергер & Кукьер, 2014, с.18], и лучше позволить данным говорить самим за себя.

Большие данные помогают выявлять взаимосвязи в информации, которые ранее были трудноуловимы: "Большие данные позволяют увидеть и понять связи между фрагментами информации, которые до недавнего времени мы только пытались уловить" [Майер-Шенбергер & Кукьер, 2014, с.21]. Это концептуально расширяет возможности для исследований и уменьшает "одержимость точностью", которая ранее была свойственна эпохе ограниченных выборок: "В мире, где правили выборки, стремление к точности принимало характер одержимости, сбор лишь ограниченного числа точек данных неминуемо вел к распространению ошибок, тем самым снижая точность общих результатов" [Майер-Шенбергер & Кукьер, 2014, с.31].

Наконец, большие данные открывают возможности не только для улучшения существующих методов, но и для инноваций: "Большие данные позволяют не только делать лучше то, что мы уже умеем, но и изобретать что-то новое" [Майер-Шенбергер & Кукьер, 2014, с.153]. Эти цитаты демонстрируют, как большие данные изменяют парадигмы понимания и применяются для создания новых методов и моделей.

Роль аналитических методов, основанных на Big Data

К аналитическим методам расчета ставок роялти можно отнести «Правило 25%» (или «Правило большого пальца» - англ. "Rule of Thumb"), Метод Новосельцева³, Метод Мухамедшина⁴, метод⁵ LABRATE ROYALTY PRO, рейтинговый метод.

В работах отечественных авторов изложены методы расчета ставок роялти, базирующиеся на таких параметрах, как "рентабельность производства" [Азгалдов & Карпова, 2006] и "рентабельность затрат" [Лосева, 2022]. Однако эти параметры имеют слабую связь с "выручкой от продаж" лицензионной продукции, которая чаще всего служит основой для расчета роялти, и отличаются от подходов, описанных в зарубежной литературе [Goldscheider, 1995]. Специалисты Школы оценщиков интеллектуальной собственности и Центрального экономико-математического института РАН пришли к выводу о необходимости создания метода расчета ставок роялти [Костин, 2024a, 2024b], основанного на использовании больших данных (по всем отраслям, в которых используется или планируется использовать ОИС). Новый метод опирается на показатель "рентабельность продаж" (операционная маржа) и "рентабельность по EBIT" (операционная доходность). Такой подход учитывает российские особенности и соответствует международной практике. Он включает анализ показателей финансово-хозяйственной деятельности компаний с положительной рентабельностью продаж (ROS) и прибылью до вычета процентов и налогов (EBIT) в динамике за каждый год в пятилетнем периоде, что позволяет минимизировать когнитивные искажения и обеспечивает более точные и обоснованные расчеты ставки роялти.

Проведенный экспертами ЦЭМИ РАН и Школы оценщиков интеллектуальной собственности в 2021 году анализ ставок роялти в БД RoyaltyRange (рис. 1) показал, что их значения находятся в очень широком диапазоне: от 0,5% до 100% (при различной базе роялти).

Обобщение отечественных и зарубежных методов расчета ставок роялти привело к созданию аналитического метода по расчету ставок роялти за использование объектов интеллектуальной собственности на основе больших данных бухгалтерской отчетности всех предприятий отраслей, в которых используется или может использоваться исследуемый ОИС. Важным элементом этого метода стала нечеткая логика (fuzzy logic), которая позволяет учитывать неопределенность и нечеткость исходных данных (EBIT Margin, Return on Sales, Sales, Operating Profit, EBIT, Licensor's Share), что было невозможно при использовании традиционных детерминированных методов. Применение методов нечеткой логики при согласовании результатов оценки с указанием на публикации автора [Костин & Смирнов, 2012] отражено в стандартах Российского общества оценщиков 2020 года⁶.



Рис.1 Количество лицензионных договоров в RoyaltyRange по диапазону роялти (ноябрь, 2021)

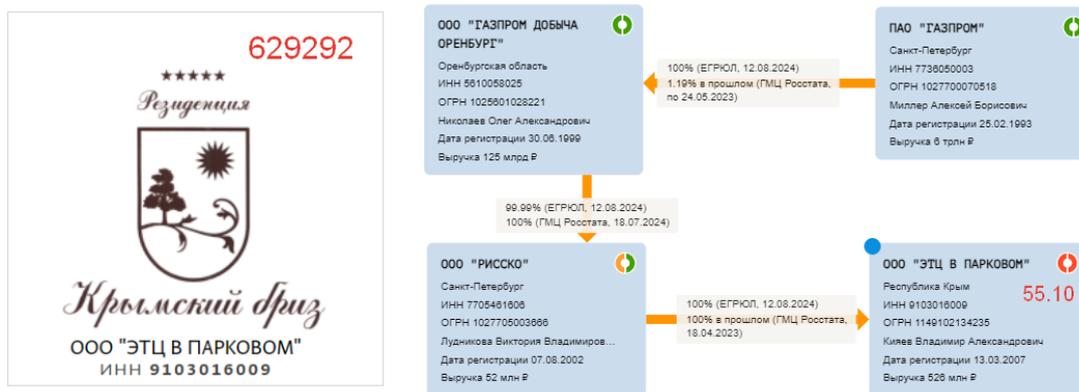


Рис.2 Пример объекта исследования (товарный знак №629292) и его окружение

³ Новосельцев, О.В. (1998). Метод расчета ставки роялти при оценке упущенной выгоды и ущерба от нарушения прав интеллектуальной собственности. Вопросы оценки, 3, 46-50. [Электронный ресурс]. URL: <https://golnk.ru/2dRXg> (Дата обращения: 20.09.2024).

⁴ Мухамедшин, И.С. (1993). Как эффективнее защитить, продать или купить научно-техническую продукцию. Москва: Московская международная школа "Бизнес в промышленности и науке", АО "Буклет".

⁵ Костин, А.В. (2024). Метод объективного расчета роялти для судебных экспертиз и сделок. Труды по интеллектуальной собственности (Works on Intellectual Property), 50(3), 107–117. <https://doi.org/10.17323/tis.2024.22305>.

⁶ СПОД РОО 04-070-2020. Методические рекомендации по согласованию результатов, полученных разными подходами / Издание официальное. – М.: Ассоциация «Русское общество оценщиков», 2020. – с.с.391-419. [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/3DMfqs> (Дата обращения: 20.09.2024).

В качестве примера рассчитаем по формулам (рис.3) ставку роялти за использование товарного знака по свидетельству РФ №629292 на основании бухгалтерской отчетности правообладателя и отраслевой статистики по коду ОКВЭД 55.10 при значении LS=25% по состоянию на декабрь 2023 года. Краткое описание правообладателя товарного знака по технологии #IPValuationschool:

- ООО "ЭТЦ В ПАРКОВОМ" (ИНН 9103016009, основной код ОКВЭД 55.10 - Деятельность гостиниц и прочих мест для временного проживания, дополнительные коды ОКВЭД : 41.20, 42.91.1, 43.11, 43.12.1, 43.12.3, 43.21, 43.22, 43.29, 43.31, 43.32, 43.33, 43.34, 43.39, 43.91, 43.99, 56.10, 56.10.1, 56.10.3, 56.30, 68.20, 68.32, 77.11, 77.21, 86.90.4, 93.29.9), правообладатель двух товарных знаков по свидетельствам РФ № 629292 (классы МКТУ 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 39, 41, 43, 44) и № 839488 (классы МКТУ 03, 35, 43, 44).

Расчет ROS⁷ и EM⁸ на основании бухгалтерской отчетности правообладателя представлен на рис.4.

$$RoS = \frac{LS \times OP}{Sales} \quad (1) \quad \text{где:}$$

$$RoS = \frac{LS \times EBIT}{Sales} \quad (2)$$

$$RoS = \frac{\int_a^b x \mu(x) dx}{\int_a^b \mu(x) dx} \quad (3)$$

$$RoS_1 = LS \times ROS \quad (4)$$

$$RoS_2 = LS \times EM \quad (5)$$

- **RoS** (Royalty on Sales price) – ставка роялти от продаж;
- **OP** (Operating Profit) - прибыль от продаж;
- **LS** (Licensor's Share) – доля лицензиара в прибыли лицензиата;
- **EBIT** (Earnings Before Interest and Taxes) - прибыль до вычета процентов и налогов;
- **Sales** - выручка от реализации продукта по лицензии;
- **ROS** (Return on Sales) – рентабельность продаж (операционная маржа);
- **EM** (EBIT Margin) – рентабельность по EBIT (операционная доходность);
- **RoS₁** – ставка роялти, рассчитанная на основе ROS;
- **RoS₂** – ставка роялти, рассчитанная на основе EM.

Рис.3 Формулы расчета ставок роялти методом LABRATE ROYALTY PRO

Наименование	Код строки	2019	2020	2021	2022	2023
Доходы и расходы по обычным видам деятельности						
Выручка	2110	766 653	1 256 194	1 501 830	896 480	526 055
Себестоимость продаж	2120	592 404	867 509	1 154 297	1 194 293	1 083 067
Валовая прибыль (убыток)	2100	174 249	388 685	347 533	-297 813	-557 012
Коммерческие расходы	2210	60 232	74 784	66 146	44 184	36 104
Управленческие расходы	2220	80 296	112 675	140 941	124 066	111 877
Прибыль (убыток) от продаж	2200	33 721	201 226	140 446	-466 063	-704 993
Операционные доходы и расходы						
Проценты к получению	2320	47 143	40 639	37 502	59 630	740 186
Проценты к уплате	2330	0	0	0	0	42 509
Прочие доходы	2340	5 220	4 953	39 064	26 638	61 455
Прочие расходы	2350	32 479	54 421	45 814	89 345	119 481
Прибыль (убыток) до налогообложения	2300	53 605	192 397	171 198	-469 140	-65 342
Текущий налог на прибыль	2410	-13 887	-21 539	-19 477	101 465	-43 042
Чистая прибыль (убыток)	2400	39 713	170 856	151 666	-367 683	-108 384
Рентабельность продаж (ROS), %		4,4%	16,0%	9,4%	-52,0%	-134,0%
Рентабельность по EBIT (EM), %		0,8%	12,1%	8,9%	-59,0%	-145,0%

Рис.4 ИД для расчета. Форма №2, ООО "ЭТЦ В ПАРКОВОМ"

Метод расчета	Значимость	Ставка роялти при LS=25%			Роялти согласованное ("И" - "ИЛИ")
		Минимальное значение	Наиболее вероятное	Максимальное значение	
Расчет RoS по данным ООО "ЭТЦ В ПАРКОВОМ" (2019-2023) на основе ROS при LS=25%	1,0	1,1	2,5	4,0	2,1 - 2,1
Расчет RoS по данным ООО "ЭТЦ В ПАРКОВОМ" (2019-2023) на основе EM при LS=25%	1,0	0,2	1,8	3,0	

Рис.5 ИД и результаты согласования ставки роялти по данным правообладателя

По данным СПАРК (2019-2023), из 41521 предприятий с основным кодом ОКВЭД 55.10 выявлено 19023 фирм с положительной рентабельностью продаж (ROS) и EBIT. Эти компании показали общую выручку в 1228,4 млрд руб. и балансовую стоимость НМА — 1,314 млрд руб. Среднее значение "НМА/Активы" составило 0,05%, максимальное значение — 61,0% у ООО "БИГ МАРИН" (ИНН 7838510595)⁹.

⁷ ROS = стр.2200 / стр.2110 *100 (для стандартной формы) и ROS = (стр.2110 - стр.2120) / стр.2110 *100 (для упрощенной формы)

⁸ EM = EBIT/Sales = (стр.2300 + стр.2330 - стр.2320 - стр.2310) / стр.2110 *100

⁹ См. LABRATING-2023 (55.10) - <https://t.me/ipvaluationschool/3728> (Дата обращения: 20.09.2024).

В рамках LABRATING-2023 (55.10) выполнены расчеты ключевых показателей для правообладателей и IP-экспертов. Отраслевые ставки роялти (RoS), определенные методом LABRATE ROYALTY PRO на основе ROS, варьируются от 1,0% до 7,5% при базе роялти "Выручка, код строки баланса 2110" и значениях LS=[0,1;0,5]. Исходные данные, на основании которых проведен анализ и расчеты, доступны по ссылке¹⁰.

55.10 : для набора данных из 19023 предприятий	ROS - отраслевая рентабельность продаж в % (операционная маржа) для ОКВЭД 55.10				EM - отраслевая рентабельность по ЕБИТ в % (операционная доходность) для ОКВЭД 55.10				Объем выборки	Выручка, Σ[2110], млрд руб
	1-й квартиль	Медиана	3-й квартиль	Среднее арифметическое	1-й квартиль	Медиана	3-й квартиль	Среднее арифметическое		
2019	6,2%	12,5%	27,0%	19,7%	4,2%	10,1%	23,5%	17,7%	3296	211,1
2020	5,7%	12,9%	27,8%	20,3%	4,6%	11,2%	26,3%	19,7%	2913	101,4
2021	6,7%	13,4%	28,3%	20,4%	5,8%	12,9%	27,4%	21,5%	3897	226,2
2022	6,6%	14,0%	28,6%	21,0%	5,4%	12,4%	27,5%	23,3%	4275	281,2
2023	7,2%	15,0%	30,3%	21,6%	5,9%	13,0%	27,7%	40,3%	4642	408,5
мин	5,7%	12,5%	27,0%	19,7%	4,2%	10,1%	23,5%	17,7%	Всего - 19023	101,4
макс	7,2%	15,0%	30,3%	21,6%	5,9%	13,0%	27,7%	40,3%		408,5

Рис.6 Расчет ROS и ЕБИТ Margin за 2019-2023 по отрасли с ОКВЭД 55.10 (19023 предприятий)

55.10 : Для выборки из 19023 предприятий	Значимость	Ставка роялти при LS=25%, 1-й квартиль			Роялти согласованное ("И" - "ИЛИ")
		Минимальное значение	Наиболее вероятное	Максимальное значение	
LABRATE ROYALTY (2019-2023), 1-й квартиль (ROS), LS=25%, ОКВЭД - 55.10	1,0	1,4	1,6	1,8	1,5 - 1,5
LABRATE ROYALTY (2019-2023), 1-й квартиль (EM), LS=25%, ОКВЭД - 55.10	1,0	1,1	1,3	1,5	

55.10 : Для выборки из 19023 предприятий	Значимость	Ставка роялти при LS=25%, 2-й квартиль			Роялти согласованное ("И" - "ИЛИ")
		Минимальное значение	Наиболее вероятное	Максимальное значение	
LABRATE ROYALTY (2019-2023), 2-й квартиль (ROS), LS=25%, ОКВЭД - 55.10	1,0	3,1	3,4	3,8	2,5 - 2,6
LABRATE ROYALTY (2019-2023), 2-й квартиль (EM), LS=25%, ОКВЭД - 55.10	1,0	2,5	3,0	3,2	

55.10 : Для выборки из 19023 предприятий	Значимость	Ставка роялти при LS=25%, 3-й квартиль			Роялти согласованное ("И" - "ИЛИ")
		Минимальное значение	Наиболее вероятное	Максимальное значение	
LABRATE ROYALTY (2019-2023), 3-й квартиль (ROS), LS=25%, ОКВЭД - 55.10	1,0	6,8	7,1	7,6	6,9 - 6,8
LABRATE ROYALTY (2019-2023), 3-й квартиль (EM), LS=25%, ОКВЭД - 55.10	1,0	5,9	6,6	6,9	

Рис.7 ИД и результаты согласования ставки роялти по данным 19023 фирм отрасли (55.10)

Метод расчета	Значимость	Ставка роялти при LS=25%			Роялти согласованное ("И" - "ИЛИ")
		Минимальное значение	Наиболее вероятное	Максимальное значение	
Расчет RoS по данным ООО "ЭТЦ В ПАРКОВОМ" (2019-2023) на основе ROS при LS=25%	1,0	1,1	2,5	4,0	1,5 - 2,1
Расчет RoS по данным ООО "ЭТЦ В ПАРКОВОМ" (2019-2023) на основе EM при LS=25%	1,0	0,2	1,8	3,0	
LABRATE ROYALTY (2019-2023), 1-й квартиль (ROS), LS=25%, ОКВЭД - 55.10	1,0	1,4	1,6	1,8	
LABRATE ROYALTY (2019-2023), 1-й квартиль (EM), LS=25%, ОКВЭД - 55.10	1,0	1,1	1,3	1,5	

Рис.8 ИД и результаты согласования ставки роялти по данным 19023 фирм отрасли (55.10) для 1-го квартиля и данным бухгалтерской отчетности правообладателя

Максимальное значение [НМА/Выручка] за 2023 год составило 68,5% (ООО "БИГ МАРИН", ИНН 7838510595), ожидаемый рост НМА свыше 1 млрд рублей возможен при [НМА/Выручка]=18,6% (НАО "ЦЕНТР "ОМЕГА", ИНН 2309102040). Двадцать два предприятия с основным кодом ОКВЭД 55.10 работали "выше рынка" в 2023 году по четырем показателям: "Рентабельность продаж (ROS)", "НМА/Выручка", "НМА/Прибыль", "НМА/Активы".

Поскольку деятельность правообладателя за 2023 год убыточна, расчет справедливой ставки роялти за использование товарного знака по свидетельству РФ №629292 корректно провести по данным 19023 предприятий с основным кодом ОКВЭД 55.10 (для 1-го квартиля).

На основании данных рис.8 и согласования результатов с помощью нечеткой логики, значение ставки роялти за использование товарного знака по свидетельству РФ №629292, полученное методом

¹⁰ См. ИД для расчетов ставок роялти - <https://disk.yandex.ru/d/hkiBjWzHZ5FZVw> (Дата обращения: 20.09.2024).

LABRATE ROYALTY PRO по данным 19023 предприятий с основным кодом ОКВЭД 55.10 для 1-го квартиля (за 2019–2023 г.г.) находится в диапазоне от 1,1% до 1,8%, а согласованные значения составили:

- для пересечения нечетких множеств – 1,450000% или округленно $P_{\cap}(x) = 1,5 \%$;
- для объединения нечетких множеств - 1,450000% или округленно $P_{\cup}(x) = 1,5 \%$.

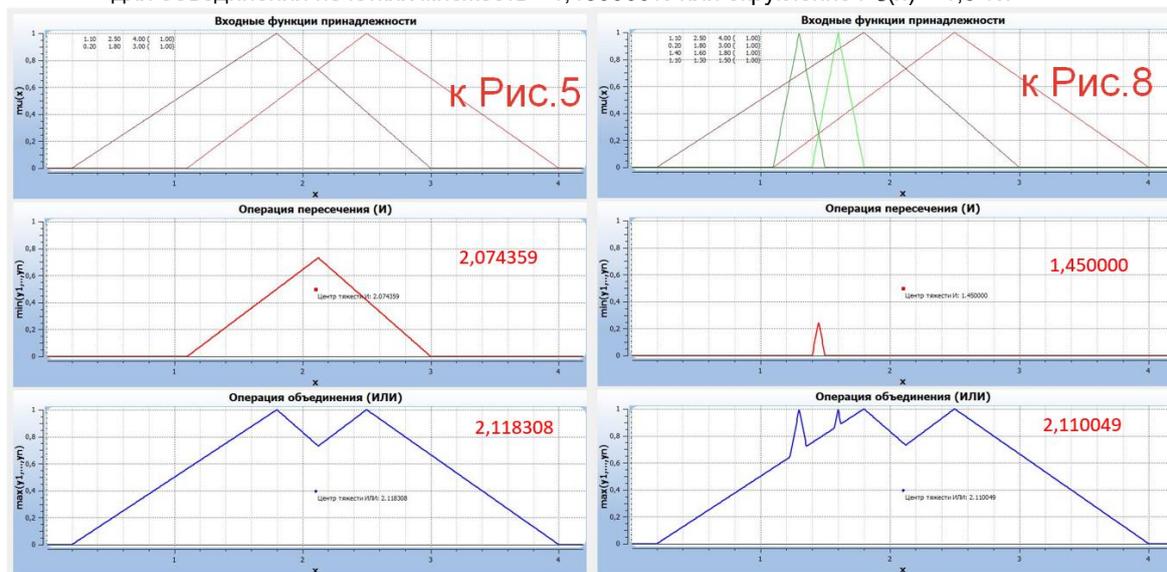


Рис.9 Согласования результатов с помощью нечеткой логики по данным рис.5 и рис.8

На основании данных рис.8 и согласования результатов с помощью нечеткой логики, значения ставки роялти за использование товарного знака по свидетельству РФ №629292, полученное методом LABRATE ROYALTY PRO по данным 19023 предприятий с основным кодом ОКВЭД 55.10 для 1-го квартиля (за 2019–2023 г.г.) и данным правообладателя, находится в диапазоне от 0,2% до 4,0%, а согласованные значения составили:

- для пересечения нечетких множеств – 1,450000% или округленно $P_{\cap}(x) = 1,5 \%$;
- для объединения нечетких множеств - 2,110049% или округленно $P_{\cup}(x) = 2,1 \%$.

В качестве итогового значения в рассмотренном примере для неисключительной лицензии за использование товарного знака по свидетельству РФ №629292, принимается ставка роялти в размере 1,5%. Это значение соответствует отраслевой ставке роялти, рассчитанной на основании данных 19023 предприятий РФ для первого квартиля (при базе роялти "Выручка, код строки баланса 2110").

Вывод

Использование больших данных и методов нечеткой логики открывает новые горизонты в расчете ставок роялти, повышая точность и адаптивность этих расчетов к динамичным условиям рынка. Применение данных в полном объеме позволяет выявить скрытые тенденции и корреляции, которые остаются незамеченными в малых выборках, что ведет к более обоснованным и точным прогнозам. Это особенно актуально в условиях цифровой трансформации и глобализации рынка интеллектуальной собственности, где скорость принятия решений и их обоснованность становятся ключевыми факторами конкурентоспособности.

Перспективные направления для улучшения включают в себя расширение использования международных стандартов учета и интеграцию технологий искусственного интеллекта, что позволит автоматизировать процессы анализа и моделирования, а также оценивать и предсказывать экономические показатели более эффективно.

Таким образом, анализ на основе больших данных и современных аналитических методов не только улучшает качество расчетов роялти, но и обеспечивает устойчивое преимущество в управлении интеллектуальными активами на глобальном уровне.

Литература

1. Азгальдов, Г. Г., & Карпова, Н. Н. (2006). Оценка стоимости интеллектуальной собственности и нематериальных активов: Учебное пособие. Международная академия оценки и консалтинга.
2. Канеман, Д. (2023). Думай медленно... решай быстро (перевод с английского). Москва: Издательство АСТ. ISBN 978-5-17-080053-7.
3. Козырев, А. Н. (2023). Оптимальные двухкомпонентные цены в экономиках с возрастающей отдачей. Цифровая экономика, 1(22), 54-64. DOI: 10.34706/DE-2023-01-07.
4. Костин, А. В. (2024а). Метод расчета ставок роялти на основе Big Data и Fuzzy Logic. Цифровая экономика, 2(28), 15-30. DOI: 10.33276/DE-2024-02-02

5. Костин, А.В. (2024b). Метод объективного расчета роялти для судебных экспертиз и сделок. Труды по интеллектуальной собственности (Works on Intellectual Property), 50(3), 107–117. DOI: 10.17323/tis.2024.22305.
6. Костин, А. В., & Смирнов, В. В. (2012). Метод согласования результатов оценки стоимости, основанный на нечеткой логике. Имущественные отношения в РФ, 12(135), 6-18.
7. Лев, Б. (2003). Нематериальные активы: управление, измерение, отчетность (Пер. с англ. Л.И. Лопатников). Москва: ИД "Квинто-Консалтинг". ISBN 5-93746-004-9.
8. Лосева, О.В. (2022). Определение роялти в лицензионных договорах: критерии, подходы и источники данных. Вестник евразийской науки, 14(6). DOI: 10.15862/28ECVN622.
9. Майер-Шенбергер, В., & Кукьер, К. (2014). Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим. Москва: Манн, Иванов и Фербер.
10. Goldscheider, R. (1995). The negotiation of royalties and other sources of income from licensing. IDEA: Journal of Law and Technology, 36, 1-17.
11. Razgaitis, R. (1999). Early-stage technologies: Valuation and pricing. Wiley.
12. Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. Science, 185(4157), 1124-1131.

References in Cyrillics

1. Lev, B. (2003). Nematerial'ny'e aktivy': upravlenie, izmerenie, otchetnost' (Per. s angl. L.I. Lopatnikov). Moskva: ID "Kvinto-Konsalting". ISBN 5-93746-004-9.
2. Azgal'dov, G. G., & Karpova, N. N. (2006). Ocenka stoimosti intellektual'noj sobstvennosti i nematerial'ny'x aktivov: Uchebnoe posobie. Mezhdunarodnaya akademiya ocenki i konsaltinga.
3. Majer-Shenberger, V., & Kuk'er, K. (2014). Bol'shie dannye. Revolyuciya, kotoraya izmenit to, kak my' zhivem, rabotaem i my'slim. Moskva: Mann, Ivanov i Ferber.
4. Loseva, O.V. (2022). Opredelenie royalti v licenzionny'x dogovorax: kriterii, podxody i istochniki danny'x. Vestnik evrazijskoj nauki, 14(6). <https://doi.org/10.15862/28ECVN622>. [E'lektronny'j resurs]. URL: <https://clck.ru/3AXdcs> (Data obrashheniya: 20.09.2024).
5. Kaneman, D. (2023). Dumaj medlenno... reshaj by'stro (perevod s anglijskogo). Moskva: Izdatel'stvo ACT. ISBN 978-5-17-080053-7.
6. Kozyrev, A. N. (2023). Optimal'ny'e dvukomponentny'e ceny v e'konomikax s vozrastayushhej otduchey. Cifrovaya e'konomika, 1(22), 54-64. doi:10.34706/DE-2023-01-07.
7. Kostin, A. V. (2024a). Metod rascheta stavok royalti na osnove Big Data i Fuzzy Logic. Cifrovaya e'konomika, 2(28), 15-30. doi:10.33276/DE-2024-02-02.
8. Kostin, A.V. (2024b). Metod ob'ektivnogo rascheta royalti dlya sudebny'x e'kspertiz i sdelok. Trudy po intellektual'noj sobstvennosti (Works on Intellectual Property), 50(3), 107–117. <https://doi.org/10.17323/tis.2024.22305>.

*Александр Валерьевич Костин, к.э.н.,
в.н.с, ЦЭМИ РАН (kostin.alexander@gmail.com)
ORCID: 0000-0001-8654-4612*

Ключевые слова

ставка роялти, нечеткая логика, судебная практика, EBIT, рентабельность продаж, big data, fuzzy logic, IPValuationSchool, оценка интеллектуальной собственности, судебные экспертизы, стейкхолдер-анализ, LABRATE ROYALTY PRO.

Alexander Kostin, Royalty Rate as Industry Invariant in IP Transactions and Litigation.

Keywords

Royalty rate, fuzzy logic, judicial practice, EBIT, return on sales, big data, fuzzy logic, IPValuationSchool, intellectual property valuation, forensic examinations, stakeholder analysis, LABRATE ROYALTY PRO.

DOI: 10.34706/DE-2024-02-02

JEL classification B41 – Экономическая методология; C52 – Оценка, доказательство и выбор моделей; C81 – Методология сбора, оценки и организации микроэкономических данных • Анализ данных; K41 – Судебный процесс

Abstract

The article demonstrates the fundamental role of industry royalty rates in licensing agreements and the analytical method for their calculation. The analytical method for calculating royalty rates (RoS - Royalty on Sales price) based on Return on Sales (ROS) and Earnings Before Interest and Taxes (EBIT) is highly accurate and takes into account the specifics of the industries where the intellectual property is used. This method is widely applied both in forensic examinations and in commercial transactions, covering loss calculations, market value assessments of exclusive rights, as well as determining compensation and remuneration for authors in various jurisdictions. It is shown that the royalty rate is a key element of two-component pricing in licensing deals, providing flexibility and efficiency in intellectual property management.

УДК: 339.13.024

1.3. Интеграция технологий искусственного интеллекта в информационные системы финансового сектора

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

Технологии искусственного интеллекта во многом базируются на больших данных, и, помимо вычислений, которые обеспечивают должную точность и робастность результатов, а также безопасность систем именно вопросы хранения, передачи и обработки больших данных притягивают к себе пристальное внимание исследователей и разработчиков. Причём работу с данными можно рассматривать на математическом уровне, но в данной работе это сделано на уровне архитектуры информационных систем. А именно, рассматривается вопрос о том, какие модули современных информационных систем в финансовой сфере используют технологии искусственного интеллекта и как они соотносятся с хранилищами и процессорами данных. Структурно работа построена так, что за описанием сфер применения искусственного интеллекта следует обзор изобретений по теме, затем анализируются значимые для предметной области стандарты и, наконец, дана общая архитектура информационной системы.

Введение

Внедрение технологий искусственного интеллекта в финансовом секторе является естественным ввиду большого массива информации, доступной банкам и страховым обществам – как уже накопленной, так и продолжающей поступать. Большие данные – основа систем с популярным сегодня глубоким машинным обучением. И в этой связи закономерным является поиск возможностей для применения технологий искусственного интеллекта в работе финансовых учреждений. Однако подходы к построению систем искусственного интеллекта, не применяющие глубокое обучение, также выигрывают от обильной и насыщенной базы, позволяя разрабатывать более выверенные с методической точки зрения системы для получения более точных оценок и поддержки принятия решений. Дополнительно к развитию технологий искусственного интеллекта стоит отметить возможности компаний по участию на рынке данных. В цифровых экосистемах, имея накопленные массивы информации, аналитические инструменты, становится возможным предоставление аналитики как услуги другим игрокам финансового и промышленного секторов экономики.

Цель работы состоит в описании контуров использования технологий искусственного интеллекта в платформенных решениях финансового сектора. Для достижения поставленной цели выполняется анализ научной и технической информации на предмет выявления существующих и перспективных методов анализа больших данных, методов машинного обучения при решении задач, связанных с оказанием финансовых услуг. В качестве источников выбраны научные публикации и отраслевые доклады из международных баз данных. Техническая литература исследована в объёме патентных документов, доступ к которым обеспечен специализированной информационной системой.

Сферы применения ИИ в финансах

Значительное внимание в литературе о концепциях использования технологий искусственного интеллекта в финансах уделяется следующим направлениям [McKinsey & Company, 2018; Buchanan, 2019; Bahoo et al, 2024]:

- обработка запросов (первичное звено контакт-центров). Типичным примером продукта на основе искусственного интеллекта являются чат-боты;
- распознавание образов в запросах (состояние имущества, документов об ущербе и т.п.). Это направление занимается технологиями распознавания изображений и формирования машиночитаемого текста;
- обнаружение недобросовестного поведения клиента. Например, заранее обученная нейронная сеть классифицирует представленные онлайн-документы как поддельные (отредактированные) и выявляет мошеннический паттерн поведения клиента. Сюда относится также выявление мошеннических действий в отношении кредитных карт;
- подготовка стандартных документов и поддержка процесса выплат. Формирование документов по установленным формам на основе информации из соответствующих баз данных;
- оценка рисков. Выполнение процедур по классификации событий, оценке вероятностей и прочие аналитические процедуры, зачастую выполняемые нейронными сетями;
- формирование привлекательного для клиентов предложения. На основе профиля клиента программа комбинирует относительно небольшой набор параметров, формируя продукт, который по заранее заданной мере может считаться наиболее привлекательным для клиента;
- динамическое ценообразование на площадках агрегаторов. Программа с искусственным интеллектом моделирует действия пользователя на площадках агрегаторов страховых продуктов, выявляя предложения конкурентов. По найденным продуктам программа способна

формировать рекомендуемые условия договора, чтобы оказаться в пределах первой страницы поисковой выдачи на сайте агрегатора (ТОП-5, ТОП-10, ТОП-20 и т.п.);

- взаимодействие с датчиками интернета вещей для прогнозирования рисков/ онлайн-мониторинг и предотвращение опасностей. В данном случае программа получает доступ к данным о работе оборудования, в том числе, поломкам и отказам, что позволяет строить предсказательные модели о возможных сроках возникновения неисправностей, масштабах последствий и т.п.;
- биометрическая аутентификация клиентов. Технологии распознавания образов для доступа в личный кабинет и подтверждения транзакций;
- прогнозирование времени обработки запросов. Имея параметры запроса (вид страхового продукта, причина обращения, состав предоставленных документов и т.п.) и ориентируясь на аналогичные случаи, программа информирует клиента об ожидаемом времени обработки обращения;
- назначение исполнителей на задачи (обработки запросов). В данном случае используется один из вариантов решения задачи о назначении, когда в системе массового обслуживания требуется выбрать исполнителя, наилучшего для системы в целом;
- построение маршрутов для своих сотрудников: агентов, оценщиков, курьеров и т.п. В данном случае используются варианты решения задачи коммивояжёра для выбора кратчайших маршрутов, что благоприятно сказывается на операционных издержках поставщика финансовых услуг;
- выявление возможностей для суброгации и спасения имущества. Специальным образом настроенные программы формируют пакеты активов для снижения рисков и поддерживают торги на соответствующих биржах таких активов;
- обслуживание носимых устройств: использование устройств мониторинга здоровья для снижения страховых взносов при выполнении достаточного количества физических упражнений;
- торговые посредники для осуществления транзакций в автоматическом режиме;
- прогнозирование величин для принятия решений о распоряжении активами: волатильности, обменных курсов, цен на деривативы;
- оценка настроений инвесторов на финансовых рынках по сообщениям СМИ.

Список оказывается достаточно длинным, и по количеству позиций лидируют процессы, связанные с обработкой клиентских обращений. Важный для принятия решений процесс оценки в этом ряду также заметен ввиду наличия косвенно с ним связанных результатов, относящиеся к ценообразованию продуктов, прогнозированию стоимости активов, динамическому ценообразованию, взаимодействию с интернетом вещей и носимыми устройствами для мониторинга здоровья, а также с суброгацией и торговыми операциями.

Вообще говоря, термины «машинное обучение» и «искусственный интеллект» имеют большое пересечение. Строго говоря, первый включается во второй, но многие работы написаны именно в терминах машинного обучения. Поэтому научную литературу также стоит рассматривать с включением обоих наименований в поисковые запросы. Итак, следующие методы анализа данных широко используются в работах о машинном обучении в приложении к финансовому сектору [Grize et al, 2020]:

- классические методы многомерного статистического моделирования, такие как: множественная регрессия, обобщенные линейные или аддитивные модели, методы сокращения размерности, а также методы кластеризации и классификации;
- алгоритмические методы, такие как: деревья классификации и регрессии (CART - classification and regression trees), нейронные сети (NN – neural networks), ансамблевые методы (например, метод случайного леса) и метод опорных векторов (SVM – support vector machine);
- относительно новые, но уже зарекомендовавшие себя методы, такие как: регуляризация градиентного бустинга (XGB, XGBoost - extreme gradient boosting) и методы глубокого обучения.

Подробный обзор литературы по вопросу использования методов дан в [Bahoo et al, 2024].

Также в литературе широко освещаются методические вопросы использования методов искусственного интеллекта. В частности, следует указать на важные положения, отмеченные [Blair-Wong et al, 2020; Vuchanan, 2019]. Обобщенные линейные модели направлены на установление связи между входящими переменными и откликом путем оценки функциональной зависимости на основе распределения наблюдаемой величины. Функциональная зависимость определяется оценкой линейной модели – установлением количественной характеристики надёжности связи между переменными и весами регрессии. Линейная связь является первым приближением и в ряде случаев может быть слишком большим упрощением для адекватного моделирования распределения наблюдаемой величины. По сравнению со статистическими методами (как правило, линейными моделями), методы машинного обучения имеют под собой меньше теоретических оснований, причём как со стороны экономики, так и со стороны статистики: машинное обучение больше сфокусировано на алгоритмах и оценке результативности по отклонению от прогноза, нежели на асимптотической сходимости результатов.

Аддитивные модели и нейронные сети предлагают решения, добавляя гибкости функциональным оценкам. Деревья классификации и регрессии, в свою очередь, также хорошо зарекомендовали себя в решении многих задач, в частности, в ценообразовании продуктов, где превосходят многие другие методы по ряду характеристик. В задачах ценообразования, сформулированных в терминах классификации данных, хорошую результативность демонстрирует метод опорных векторов. Также

алгоритмические методы использовались для прогнозирования количества обращений за период. Вообще, все три перечисленные выше направления машинного обучения реализуют автоматическую обработку больших наборов данных за приемлемое время. И это отличает их от других методов количественной оценки, объясняет их распространённость и использование разработчиками в новых приложениях для решения как давно известных, так и наиболее свежих задач.

При выборе методов, однако, следует помнить о том, что некоторые постановки задачи приводят к тому, что получаемые количественные оценки являются, во-первых, точечными и, во-вторых, характеризуют именно значения наблюдаемых переменных, а не вероятностей. Соответственно, прогнозы моделей являются детерминированными – вместо распределения результатом является точечное значение. Между тем, распределение полезно для оценки точности модели и расчета других актуарных показателей.

В целом, можно констатировать наработанный опыт использования методов машинного обучения для решения задач, которые возникают в финансовых организациях. Специфику по сравнению со многими системами массового обслуживания вносит задача управления рисками. Другие задачи (аутентификация клиентов, автоматическая обработка и маршрутизация обращений, распознавание документов и т.п.) также возникают и успешно решаются в других отраслях экономики. Поэтому, ввиду ограниченности формата научной статьи и необходимости отметить специфику платформенных решений в финансовом секторе, следует подробнее рассмотреть вопросы применения технологии искусственного интеллекта именно для управления рисками. Количественными величинами в работах об управлении рисками, в большинстве своём, являются частота наступления событий и стоимость активов. Как показывают обзорные исследования, среди преимуществ нейронных сетей перед другими методами является то, что, будучи обученными, они могут работать с большими массивами неструктурированных данных [Buchanan, 2019]. Однако, следует помнить о необходимости дообучения нейронных сетей, чтобы расширять поле применимости моделей и избегать ошибки дрейфа данных (то есть отклонения заложенных в модель закономерностей от фактического изменения паттернов).

Проекты информационных систем в страховании

Патентный анализ выполнен в патентной информационной системе Orbit-Questel в августе 2024 г. Запрос предполагал поиск выбранных ключевых слов (маски запросов в системе даны ниже) в названии, реферате, полном тексте патентных документов (патентов и патентных заявок). Традиционно, финансовый сектор разделяют на два крупных блока: банковская деятельность и страхование. Для того, чтобы частично отразить динамику разработок с фокусом на применение в том или ином блоке, поисковые запросы дифференцированы. Общим, однако, является специальное упоминание методов управления рисков как одного из важнейших процессов финансовых организаций. Для изучения патентов в области страхования запрос имеет вид:

(information s system) and insurance and risk and (prediction or assessment or price+ or profile+ or monitor or exposure or analy+ or mitigation)

Для патентов банковской деятельности:

(information s system) and (finance or bank) and risk and (prediction or assessment or price+ or profile+ or monitor or exposure or analy+ or mitigation)

Предварительный поиск выявил 2 191 изобретение в страховании и 6 743 в банковской деятельности¹. Всплеск мировой патентной активности в страховании заметен в 2000 году, и с 2001 по 2010 гг. наблюдалась отрицательная динамика. С 2011 по 2018 гг. отмечается стабильный рост изобретательской активности. Но в последние годы она находится практически на одном уровне.

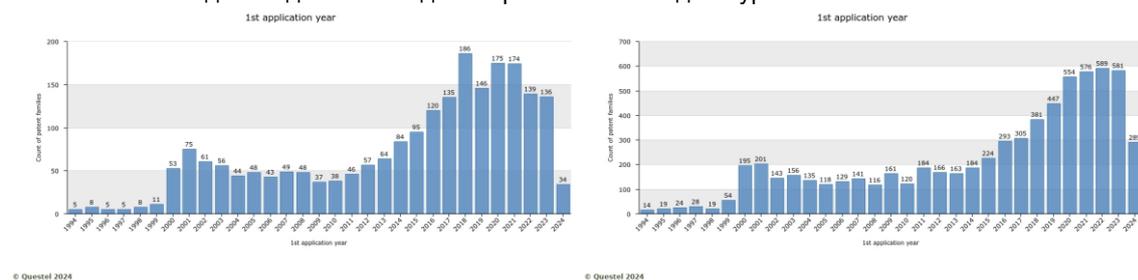
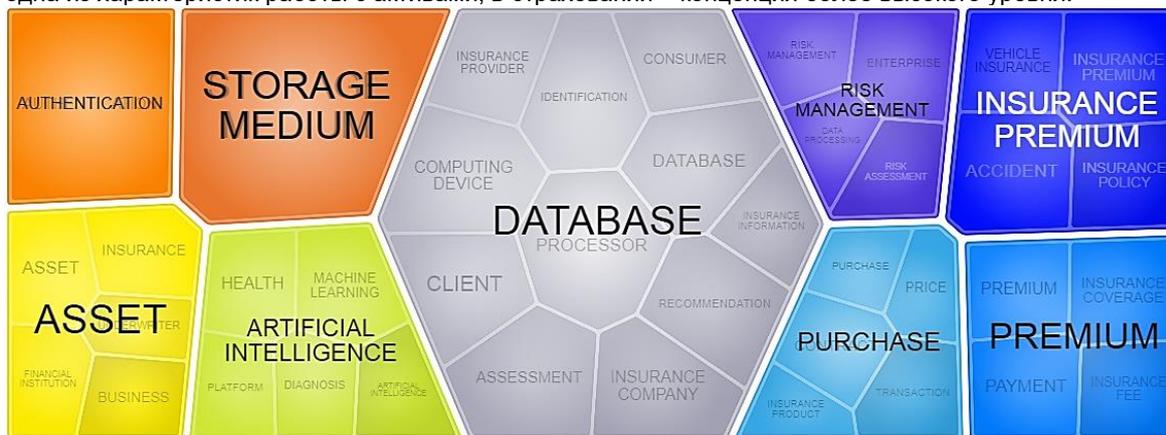


Рисунок 1. Динамика появления изобретений по теме управления рисками в страховании (слева) и в банковской деятельности (справа). Источник: Questel.

В банковской деятельности всплеск патентования также относится к 2000 году, однако, абсолютные значения отличаются в разы, и далее эта разница по сравнению со страхованием сохраняется. Между тем, разработки имеют общие кластеры понятий, что, отчасти, предопределено структурой запроса. При этом, однако, они по-разному сфокусированы. «Клиент» в патентах из области страхования привязан к

¹ Строго говоря, выявлена 2 191 патентная семья. Поскольку патентная семья объединяет патентные документы с приоритетом одной и той же заявки, с некоторым допущением можно говорить о том, что одна патентная семья связана с одним изобретением.

«базам данных», в то время как у банков – к «компьютерным устройствам». «Искусственный интеллект» - группа технологий для оценки состояния актива в страховании и звено в бизнес-процессах получения данных в банковской сфере. Свой оттенок также имеет «управление рисками»: в банковском секторе это одна из характеристик работы с активами, в страховании – концепция более высокого уровня.



© Questel 2024

Рисунок 2. Кластеры понятий, извлечённые из документов с приложением к страхованию.

Источник: Questel.



© Questel 2024

Рисунок 3. Кластеры понятий, извлечённые из документов с приложением к банковскому делу.

Источник: Questel.

Выделение из найденного массива документов тех, что содержат ключевые слова «artificial intelligence» и «platform», сужает просматриваемый набор до 181 изобретения (в страховании) и 1 156 (в банковском деле), соответственно. Внимание к этой подтеме растёт с 2016г. Причём к 2018 г. количество изобретений в страховании практически не меняется, в то время как в банковском деле подобная ситуация складывается лишь к 2021 г. Ключевыми рынками – странами патентования – во всех выборках являются США и Китай. Впрочем, эта закономерность характерна практически для любой технологической области, поскольку данные страны являются мировыми лидерами в патентовании.

Далее, более предметно рассматриваются наиболее релевантные изобретения из выборки в 46 патентных семей для предметной области страхования и 136 – для банковского дела, которая получена сужением фокуса до изобретений в области управления рисками. Общим для патентов является достаточно пространное описание систем без конкретизации технологий и методов, реализующих функционал тех или иных элементов. Это связано с тем, что любая конкретика – архитектура конкретного элемента, используемые методы обработки данных и т.п. – являются сужением сферы, на которую распространяется правовая охрана изобретений. Например, нейронная сеть, подготовленная на наборе данных заданной структуры и обученная методом с учителем – является указанием на то, что охране подлежит только система, где элемент реализован именно таким способом. Конечно, правообладатели заинтересованы в максимально возможной правовой охране и предоставляют лишь те детали, которые необходимы для общего понимания сути изобретения. Тем не менее, отдельные документы явно упоминают технологии искусственного интеллекта в качестве способа реализации тех или иных элементов системы.

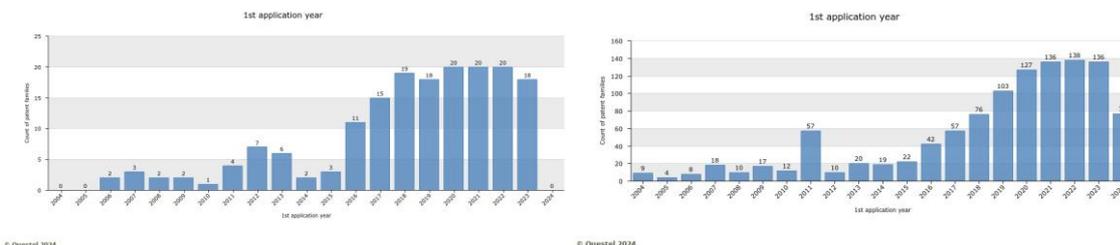


Рисунок 4. Динамика появления изобретений о применении платформенных решений для управления рисками в страховании и банковском деле. Источник: Questel.

Патент US11514531

Изобретение направлено на преодоление разрыва между скоростью появления новых киберугроз и частотой обновления условий договоров страхования/ появлением новых продуктов для устранения последствий реализовавшихся рисков. Традиционные риски, такие как пожар, наводнение, автомобильные аварии и т. д., в значительной степени фиксированы по своей природе. Риски, связанные с киберпреступностью, постоянно развиваются, поскольку меняются как используемые технологии (например, переход на облачные вычисления), так и методы кибератак (поскольку вызваны хоть и злонамеренной, но изобретательностью человека, а не закономерными событиями). Для того, чтобы страховые полисы на отставали от рисков, от которых призваны защищать страховые продукты, предлагается процесс расчёта риска в отношении активов, а также оборота данных для построения прогнозов.

Заявка на изобретение US20230106956

Изобретение относится к строительной отрасли. С каждым зданием предлагается ассоциировать каталог возможных опасностей (событий), функции преобразования опасностей в конкретные риски для оружия. Имея доступ к таким элементам, предлагается организовать мониторинг опасностей (характер наступления событий, частота наступлений и т.п.), вычислять масштаб последствий (реализовавшегося риска) и объединять отдельные последствия в вероятностные картины множественных опасностей.

Заявка на изобретение US20220309591

Документ раскрывает систему и метод доступа к нескольким источникам данных, извлечения данных из них, а также анализа для расчетов параметров андеррайтинга и снижения рисков. Подразумевается «смешение» активов в одном портфеле для снижения общего риска и ценообразование на такой портфель

Патент на изобретение CN109710598

Описана система для страхования метеорологического индекса. Система предполагает три базовых модуля. Первый осуществляет мониторинг текущей метеорологической обстановки. Второй модуль с применением искусственного интеллекта выполняет мониторинг социально-экономических данных. Наконец, третий модуль призван формировать страховые продукты по данным первых двух модулей.

Изобретение раскрывает своего рода систему страхования метеорологического индекса на основе сельскохозяйственных культур, включающую: модуль базовых данных, модуль вычисления данных, модуль обслуживания ИИ и модуль выпуска продукта. Модуль базовых данных предназначен для сбора данных, а модуль обслуживания ИИ включает: получение базовых данных о дневном заработке в день, оценку потребности в воде, агрегирование данных в базовом году, засушливый класс, что экстремальное значение засушливого класса соответствует периоду возврата, является горизонтальным. Модуль выпуска продукта предназначен для выпуска соответствующих страховых продуктов. Изобретение также раскрывает методы внедрения системы страхования, включающие: организацию данных и статистический анализ. Разделенные этапы. Анализ настройки индекса дефицита осадков. Анализ настройки индекса объема осадков пересекает анализ. Настоящее изобретение имеет преимущества, заключающиеся в решении большой рабочей нагрузки, присутствующей в текущей практике сельскохозяйственного страхования, а также таких проблем, как высокая стоимость, точная настройка потерь, которые трудно выполнить. Оно может быть широко использовано, данные являются точными, высокоэффективными..

Патент Европейского патентного ведомства EP4364079

Изобретение описывает систему расчёта риска для каждого отдельного индивида относительно рандомизированной когорты (возрастной группы населения). Измеримые показатели – частоты возникновения определенных медицинских событий с наблюдаемыми последствиями. Для каждого индивида предлагается измерять и фиксировать определённые значения и прогнозировать по ним соответствующие риски наступления событий в течение заданного промежутка времени. Этот процесс автоматизирован.

Заявка на изобретение US20180308174

Описаны система и метод для идентификации, мониторинга и смягчения рисков. По своей сути система имеет реестр рисков, которым может быть подвержено лицо (фирма или субъект), предполагается мониторинг рисков из реестра. В случае обнаружения риска лицо уведомляется об этом, причём уведомление содержит предложение о смягчении риска. Это предложение вырабатывается с

использованием встроенного в систему калькулятора риска. Также предусматривается возможность подключения специального модуля, который отслеживает изменчивость рисков и корректирует профиль риска по мере его изменения.

Патентная заявка AU2014246603

Охраняется информационная система, которая предлагает пользователю возможности мониторинга рисков и выбора страховых продуктов для смягчения их последствий. Сервер управляет запущенными приложениями, обеспечивает интерфейс с пользователем. Модуль риска отображает наиболее актуальную информацию по выбранным пользователем параметрам. Причём информация хранится в базе данных, и сервер обеспечивает её чтение, передачу для отображения пользователю. У системы может быть несколько пользователей, и они могут обмениваться друг с другом информацией о рисках. Наконец, пользователь имеет набор приложений от поставщиков страховых услуг для управления актуальными для него рисками.

Патентная заявка US20100106533

Система управления рисками включает краудсорсинговый механизм: множество пользователей загружают в базу информацию о рисках. Далее, приложения для страхования надстраиваются над этой базой данных. Сервер в таком случае обеспечивает работу необходимых служб взаимодействия пользователей с базой и приложениями страхования, взаимодействия приложений между собой. Один из вариантов реализации системы предполагает доступ пользователей к приложениям для страхования – каждый выбирает из меню тот набор, который считает приемлемым для себя.

Заявка на изобретение US20040064346

Изобретение не просто включает, а принципиально построено на краудсорсинге. Предлагается метод сбора информации о восприятии рисков пользователями системы. Клиент-серверное приложение поддерживает форму обратной связи, включая текстовую информацию и количественные оценки, взаимодействует с базой данных для хранения ответов и подготовки отчётов о рисках по требованию. Однако ключевой для таких систем элемент – способ мотивации пользователей к раскрытию правдивых оценок – остаётся нераскрытым.

Патент Европейского патентного ведомства EP1348186

Изобретение относится к методам и системе для продажи и закупки услуг перестрахования. А именно, суть составляют онлайн-системы и методы проведения аукционов на перестрахование активов в одной или нескольких категориях страховых продуктов. Иными словами, авторы претендуют на правовую охрану системы, которая обеспечивает рынок для торговли стандартизированными продуктами перестрахования. Работа площадки предполагается посредством связи через сеть Интернет.

Обзор изобретений помогает выявить основные элементы управления рисками в финансовом секторе – одним из ключевых элементов в принятии управленческих решений на уровне организаций. Обзор поддерживает решения по части выработки методологической архитектуры системы с использованием технологий искусственного интеллекта, подсказывает элементы, которые должны присутствовать в информационной архитектуре. В частности, многие изобретения содержат упоминание хранилища рисков. Это хранилище по своему описанию близко к тому, что известно под названием «реестр риска» (см., например, [РСТ, 2013]). Термины «хранилище», «база данных» объясняются необходимостью привязки изобретательского решения к технике реализации, и информационные системы являются естественным путём такой реализации. Но более общая терминология зафиксирована в стандартах. К их обзору и следует перейти, чтобы приблизиться к методологической архитектуре платформенного цифрового решения, а затем перейти к информационной архитектуре. Далее, при обсуждении архитектуры систем подробное внимание уделяется именно работе с рисками, как сказано выше, ввиду ограниченности объёма научной статьи. Другие системы (обработки запросов, аутентификации, выявления мошеннических действий и т.п.) требуют специального рассмотрения, хотя не менее важны с точки зрения внедрения технологий искусственного интеллекта.

Методологическая архитектура

Построение платформенного решения затрагивает сразу несколько компетенций: управление рисками, построение информационных систем, использование технологий искусственного интеллекта, информационная безопасность. В каждой из них накоплены лучшие практики, которые обобщены и зафиксированы, в том числе, в виде международных и национальных отраслевых стандартов. В этой связи методологическую архитектуру целесообразно основывать именно на стандартах в ключевых для функционирования платформы аспектах. Далее, рассматриваются основные положения национальных стандартов как ориентиры для методов обращения с рисками, для требований к архитектурам систем, информационной безопасности.

Библиотека национальных стандартов в области управления рисками обширна. Она включает как общие стандарты, так и частные, относящиеся к конкретным инцидентам и сферам человеческой деятельности. Среди стандартов по данной теме применительно к техникам обращения с рисками в финансах и возможности платформенной реализации этих техник следует указать на следующие документы:

- ГОСТ Р 51901.21-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения [РСТ, 2013]

- ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска [РСТ, 2020]
- ГОСТ Р 54142-2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий [РСТ, 2011]
- ГОСТ Р МЭК 62502-2014 Менеджмент риска. Анализ дерева событий [РСТ, 2015]
- ГОСТ Р 51901.16-2017 Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки [РСТ, 2018]

Перечисленные выше стандарты непосредственно связаны с поставленной целью в части методической основы для платформенного решения с использованием искусственного интеллекта. Первый из перечисленных относится к одному из структурных элементов информационных систем управления рисками, как показал обзор изобретений. Именно хранилище возможных рисков часто упоминается в архитектуре решений. Следующие стандарты относятся к техникам оценки, в том числе, детально разобран один из популярных методов – дерево событий. Стандарт [РСТ, 2011] относится к рискам промышленных инцидентов. Тем не менее, его обзор выявляет ограничения в применении технологий искусственного интеллекта. А именно: перечень событий и связи между ними предопределены. То есть, задача аналитика состоит в том, чтобы выявить и предложить машине набор параметров для обработки. Конечно, ни человек, ни машина не гарантируют исчерпывающий список на выходе, но в случае обработки человеком ясно разделение ответственности и, что важно, сохраняются документы, которые оставляют возможность для выявления причин некорректной работы платформенного решения в случае необходимости. Далее, отмечаются важные методологические моменты обращения с рисками, почерпнутые из стандартов.

Стандарты устанавливают общие принципы разработки и ведения реестра риска, требования к персоналу, ответственному за составление реестра риска. Необходимость разработки и ведения реестра риска организация определяет самостоятельно, но, как показывает обзор технических решений, реестр полезен при разработке таких программных решений, как база данных, с которой взаимодействуют сервисы мониторинга и оценки рисков. В реестр риска обычно включают основные виды опасностей, применяемые методы оценки и снижения риска и мероприятия по предупреждению, снижению и обработке риска. При разработке реестра риска учитываются соответствующие законодательные и обязательные требования, а также иная доступная информация о видах опасности и риске их возникновения.

С рисками, зафиксированными в реестре, могут быть связаны критические события. И методология построения универсального дерева событий выделяет несколько уровней таких событий: первичные, вторичные, третичные. Все они предопределены и связаны матрицами, ячейки которых отмечают, какое событие может быть результатом события предыдущего уровня. Деревья событий – среди всех методов – примечательны не только известными преимуществами, среди которых возможность получения оценки нескольких одновременных отказов систем любого типа, возможность прослеживания путей отказов. Также с ними связаны отдельные национальные стандарты, и к ним применима аналогия ментальных карт. Последние, хотя относятся к способам представления информации, приобретают важное значение в контексте взаимодействия пользователей с системами, применяющими технологии искусственного интеллекта. Как отметил К. Воронцов, руководитель нескольких лабораторий по искусственному интеллекту, на форуме по технологиям доверенного искусственного интеллекта, ментальные карты помогают человеку структурировать запросы на естественном языке, в том числе, устраняя многозначность выражений, а также получать структурированный ответ от машины в наглядной форме. Ментальные карты считаются на сегодняшний день одним из перспективных направлений в развитии человеко-машинных интерфейсов, и, таким образом, деревья событий, имея похожую структуру, могут считаться перспективным методом построения платформенных решений экспозиции рисков с элементами искусственного интеллекта.

Из всех методов деревьев событий специально выделены ввиду проработанности в стандартах и удобстве использования в машинном обучении. Однако процесс выбора технологии оценки риска подробно описан в специальном стандарте [РСТ, 2020]. Помимо ясности в терминологии стандарт устанавливает порядок действий в оценке рисков. В деталях описаны процедуры планирования оценки, управления информацией, разработки моделей, собственно применения технологий оценки, мониторинга и пересмотра процедур, применения результатов, документирования и отчетности. В этих процедурах можно отметить пункты, где существует возможность применения технологий искусственного интеллекта:

- взаимодействие с причастными сторонами (применение ИИ – распознавание и форматирование документов);
- сбор информации (применение ИИ – парсинг ресурсов и документов, распознавание и преобразование данных);
- разработка и применение моделей (применение ИИ – обработка данных и получение решений);
- меры предосторожности при использовании программ явным образом отмечают риски использования технологий искусственного интеллекта для использования предлагаемых ими решений на практике;
- анализ связей и взаимозависимостей (применение ИИ – выявление закономерностей в неструктурированных данных, но также следует помнить о прослеживаемости решений ИИ);

- документирование, отчётность и передача информации (применение ИИ – форматирование документов, представление информации и обмен данными).

Стандарты в области управления рисками характеризуют методическую составляющую платформенного решения в части обращения с рисками. Следующий блок стандартов относится к информационным технологиям – к программной реализации платформенного решения. В этот блок включаются стандарты об автоматизированных системах, искусственном интеллекте и информационной безопасности:

- ГОСТ Р 59795-2021 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов [РСТ, 2022с]
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 24668-2022 Информационные технологии. Искусственный интеллект. Структура управления процессами аналитики больших данных [РСТ, 2023]
- ГОСТ Р 59276-2020 Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения [РСТ, 2021]
- ГОСТ Р 56939-2016 Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования [РСТ, 2017]
- ГОСТ Р 59925-2021 Информационные технологии. Большие данные. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению [РСТ, 2022а]

Перечисленные стандарты также выбраны из массива документов по информационным технологиям, и они призваны продемонстрировать выжимку рекомендаций по результатам анализа лучших практик экспертами технических комитетов – специалистами в своей предметной области. Выборка в общих чертах характеризует общие принципы построения информационных систем, обеспечения их безопасности, а также аспекты, связанные с использованием технологий искусственного интеллекта. Далее даётся обзор основных пунктов перечисленных стандартов.

[РСТ, 2022с] фиксирует требования к содержанию основных документов, разрабатываемых при создании автоматизированных систем, причём перечень документов оказывается достаточно широким. Он предполагает документирование разработки с самых ранних этапов – от пояснительных записок к эскизным проектам. Предусматривает проработку систем по широкому перечню направлений, в том числе, аппаратной реализации, информационному обеспечению, программному обеспечению, математическому обеспечению.

Далее, стандарты в области больших данных определяют процессы по обороту и аналитике больших данных. Они важны, поскольку именно данные являются основой любой системы с технологиями искусственного интеллекта. Эти стандарты предлагают эталонную модель процессов аналитики больших данных, вопросы обеспечения доверия к системам искусственного интеллекта со стороны потребителей результатов работы этих систем и регулирующих организаций, требования к техническому заданию в области оперирования большими данными. Процессы аналитики разделены на пять категорий: процессы заинтересованных сторон внутри организации, процессы развития компетенций, процессы управления данными, процессы развития аналитики, процессы интеграции технологий. Для каждого из 19 процессов из указанных 5 категорий стандартом зафиксированы название, краткое описание, цели, результаты. Также описана модель оценки качества процесса.

Вопрос доверия к системам искусственного интеллекта сводится к выбору существенных характеристик для оценки той или иной заинтересованной стороной. В общем случае теория гарантирует надёжность работы систем на основе статистических методов и нейронных сетей по типу перцептрона в заданной окрестности данных, на которых выполнялось обучение. Однако и в этих случаях необходимо помнить о доработках и дообучении моделей для подстройки модели к меняющейся действительности. При выборе существенных характеристик систем искусственного интеллекта рекомендуется руководствоваться следующими принципами:

- достаточность набора характеристик для принятия решения о возможности использования системы ИИ при решении конкретной прикладной задачи;
- простота и возможность измерения значений характеристик;
- отсутствие перекрытия между используемыми характеристиками;
- соответствие установившимся понятиям и терминологии;
- возможность последующего уточнения и детализации характеристик.

Существенные характеристики систем искусственного интеллекта в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 объединены в следующие группы: функциональные возможности, надёжность, эффективность, практичность, сопровождаемость (имеются в виду возможности проверять, изменять систему), мобильность [РСТ, 2021]. И проверку доверия к системе по выбранным признакам осуществляют разработчики систем, потребители, регулирующие организации. И проверка может выполняться на трёх уровнях архитектуры: физическом, инфраструктурном, прикладном.

Срезом две из важнейших характеристик доверия к системам искусственного интеллекта – функциональные возможности и надёжность – непосредственно связаны с вопросами информационной безопасности, и в этой связи целесообразно обратиться к специальному стандарту [РСТ, 2017]. Этот стандарт устанавливает общие требования к содержанию и порядку выполнения работ, связанных с созданием безопасного (защищенного) программного обеспечения и формированием (поддержанием) среды

обеспечения оперативного устранения выявленных пользователями ошибок программного обеспечения и уязвимостей программы. Среди прочего, стандарт обязует разработчика обеспечить безопасность среды разработки программного обеспечения, создать/ выбрать руководство по разработке, реализовать и проводить проверки мер по разработке безопасного программного обеспечения. Упомянутые меры относятся к различным этапам разработки, в том числе, проектирования архитектуры, конструирования программного обеспечения, тестирования, инсталляции и приёмке, эксплуатации.

Наконец, подходу к техническому заданию на разработку платформенного решения, следует отметить несколько релевантных стандартов в данной сфере:

- ГОСТ 19.201-78 Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению [РСТ, 1980]
- ГОСТ 25123-82 Машины вычислительные и системы обработки данных. Техническое задание. Порядок построения, изложения и оформления [РСТ, 1983]
- ГОСТ 34.602-2020 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы [РСТ, 2022b]
- ГОСТ Р 59925-2021 Информационные технологии. Большие данные. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению [РСТ, 2022a]

Последний, однако, выбран для включения в методологическую архитектуру, поскольку «устанавливает требования к построению, содержанию, изложению, оформлению, порядку согласования и утверждения технического задания в области оперирования большими данными». Именно большие данные, как уже отмечалось, являются основой систем искусственного интеллекта, что, наряду с согласованностью стандартов одной тематической направленности между собой, обосновывает выбор документа для обзора. Разделы технического задания, содержание которых отталкивается от потребностей заказчика, являются общепринятыми для документов такого рода и включают: общие положения; цели и задачи работы; требования к выполнению работ; состав и требования к отчетности; порядок приемки работ; обязанности заказчика; дополнительные сведения; результаты и сроки выполнения работ; приложения. Особенности заключаются в пунктах о поставке массивов больших данных, выполнении работ по оперированию большими данными, внедрению. Эти особенности касаются требований к полноте и объёму данных, репрезентативности и обезличенности данных, способам поставки и объёма прав, скорости и средствам оперирования данными, подготовке технологии к эксплуатации о защищённости массивов данных.

Информационная архитектура

В качестве заключения работы приводится информационная архитектура подсистемы обработки рисков, включающая в себя методы искусственного интеллекта. При построении информационной архитектуры платформенного решения удобно отталкиваться от существующего уровня техники – известных информационных систем, в том числе, с приложениями к финансам. Необходимыми, отношения между которыми представлены на рисунке 5, являются:

- 1) Сервер приложений. Обеспечивает взаимодействие приложений с базами данных, координирует работу приложений.
- 2) Графический интерфейс. Обеспечивает визуальное представление данных, отчётов, обеспечивает взаимодействие пользователя с элементами платформенного решения. Помимо пользователя-аналитика, который взаимодействует с отчётами о рисках, предусматриваются роли пользователя «разработчик» для работы в среде обучения и разработки, а также «редактор» для ввода данных о наблюдаемых событиях.
- 3) Реестр рисков. Содержит перечень рисков, на обработку которых настроено платформенное решение.
- 4) База характеристик рисков. Содержит информацию об обрабатываемых рисках: частота наступления, степень воздействия, характер воздействия и т.п.
- 5) Датчики событий. Регистрируют состояние застрахованных лиц или объектов, внешней по отношению к субъектам и объектам среды, от которой могут исходить угрозы.
- 6) База с результатами наблюдений. Содержит данные наблюдений.
- 7) Препроцессор. Обеспечивает предварительную обработку данных (преобразование, фильтрация, масштабирование, агрегирование и т.п.) для последующей передачи модулю оценки рисков.
- 8) База объектов. Содержит характеристики застрахованных объектов/ активов организации.
- 9) База клиентов. Содержит характеристики клиентов. В том числе, клиентам может быть назначена индивидуальная поправка на риск.
- 10) База данных для обучения. Выделенная база, которая используется для тестирования уязвимостей, области допустимых значений, доработки/ дообучения модели и т.п.

11) Тестируемая модель для обучения. Принятая в модуле оценки рисков технология оценки, которая

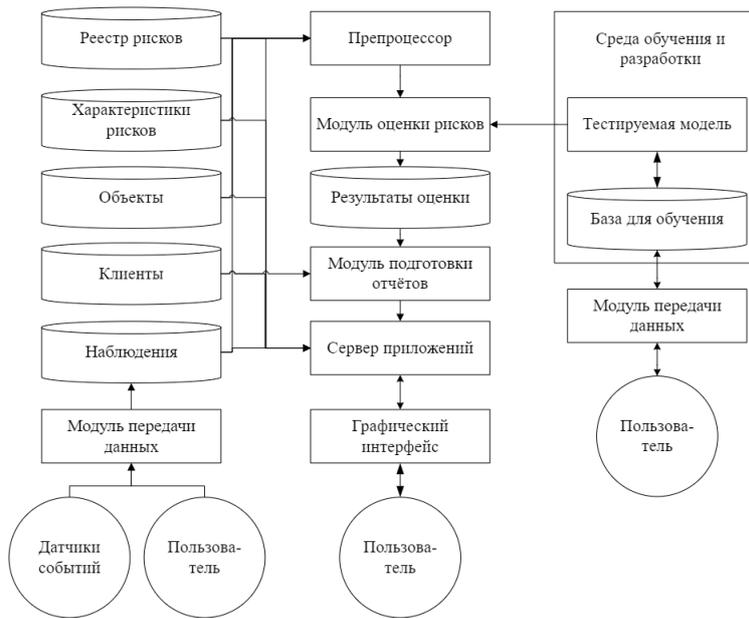


Рисунок 5. Схема информационной архитектуры платформенного решения. Источник: Автор.

также содержит специальные расширения, необходимые для тестирования новых функций, повышения надёжности и т.п.

12) Среда для обучения и разработки. Программная среда, которая позволяет вести разработку и тестирования и также отвечает требованиям доверия к получаемым с её помощью результатам.

13) Модуль оценки рисков. Программа, которая выполняет процедуры в соответствии с принятой технологией оценки рисков.

14) Модуль подготовки отчётов. Программа, которая обеспечивает представление данных в установленных пользователем форматах.

15) Модуль передачи данных. Программа, которая обеспечивает чтение и запись данных в установленных форматах.

На данные элементы также рекомендуется накладывать требования безопасности (в частности, шифрование данных, разграничение прав доступа), соблюдение которых может реализовываться отдельным, не указанным на схеме элементом.

Литература

1. РСТ (1980) Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. ГОСТ 19.201-78
2. РСТ (1983) Машины вычислительные и системы обработки данных. Техническое задание. Порядок построения, изложения и оформления. ГОСТ 25123-82
3. РСТ (2011) Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий. ГОСТ Р 54142-2010
4. РСТ (2013) Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения. ГОСТ Р 51901.21-2012
5. РСТ (2015) Менеджмент риска. Анализ дерева событий. ГОСТ Р МЭК 62502-2014
6. РСТ (2017) Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования. ГОСТ Р 56939-2016
7. РСТ (2018) Менеджмент риска. Повышение надёжности. Статистические критерии и методы оценки. ГОСТ Р 51901.16-2017
8. РСТ (2020) Менеджмент риска. Технологии оценки риска. ГОСТ Р 58771-2019
9. РСТ (2021) Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения. ГОСТ Р 59276-2020
10. РСТ (2022a) Информационные технологии. Большие данные. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. ГОСТ Р 59925-2021
11. РСТ (2022b) Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. ГОСТ 34.602-2020
12. РСТ (2022c) Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. ГОСТ Р 59795-2021
13. РСТ (2023) Информационные технологии. Искусственный интеллект. Структура управления процессами аналитики больших данных. ГОСТ Р ИСО/МЭК 24668-2022
14. Bahoo, S., Cucculelli, M., Goga, X., & Mondolo, J. (2024). Artificial intelligence in Finance: a comprehensive review through bibliometric and content analysis. *SN Business & Economics*, 4(2), 23.
15. Blier-Wong, C., Cossette, H., Lamontagne, L., & Marceau, E. (2020). Machine learning in P&C insurance: A review for pricing and reserving. *Risks*, 9(1), 4.
16. Buchanan, Bonnie. (2019). Artificial intelligence in finance. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.2612537>

17. Grize, Y. L., Fischer, W., & Lützelshwab, C. (2020). Machine learning applications in nonlife insurance. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 36(4), 523-537.
18. McKinsey & Company (2018) Digital insurance in 2018: Driving real impact with digital and analytics. URL: <https://clck.ru/3DQfPh> (Дата обращения: 24.08.2024)

References in Cyrillics

1. RST (1980) Edinaja sistema programmnoj dokumentacii. Tehnicheskoe zadanie. Trebovanija k sodержaniju i oformleniju. GOST 19.201-78
2. RST (1983) Mashiny vychislitel'nye i sistemy obrabotki dannyh. Tehnicheskoe zadanie. Porjadok postroenija, izlozhenija i oformlenija. GOST 25123-82
3. RST (2011) Menedzhment riskov. Rukovodstvo po primeneniju organizacionnyh mer bezopasnosti i oцenki riskov. Metodologija postroenija universal'nogo dereva sobytij. GOST R 54142-2010
4. RST (2013) Menedzhment riska. Reestr riska. Obshhie položenija. GOST R 51901.21-2012
5. RST (2015) Menedzhment riska. Analiz dereva sobytij. GOST R MJeK 62502-2014
6. RST (2017) Zashhita informacii. Razrabotka bezopasnogo programmnoгo obespechenija. Obshhie trebovanija. GOST R 56939-2016
7. RST (2018) Menedzhment riska. Povyshenie nadezhnosti. Statisticheskie kriterii i metody oцenki. GOST R 51901.16-2017
8. RST (2020) Menedzhment riska. Tehnologii oцenki riska. GOST R 58771-2019
9. RST (2021) Sistemy iskusstvennogo intellekta. Sposoby obespechenija doverija. Obshhie položenija. GOST R 59276-2020
10. RST (2022a) Informacionnye tehnologii. Bol'shie dannye. Tehnicheskoe zadanie. Trebovanija k sodержaniju i oformleniju. GOST R 59925-2021
11. RST (2022b) Informacionnye tehnologii. Kompleks standartov na avtomatizirovannye sistemy. Tehnicheskoe zadanie na sozdanie avtomatizirovannoj sistemy. GOST 34.602-2020
12. RST (2022c) Informacionnye tehnologii. Kompleks standartov na avtomatizirovannye sistemy. Avtomatizirovannye sistemy. Trebovanija k sodержaniju dokumentov. GOST R 59795-2021
13. RST (2023) Informacionnye tehnologii. Iskusstvennyj intellekt. Struktura upravlenija processami analitiki bol'shih dannyh. GOST R ISO/MJeK 24668-2022

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

Ключевые слова

большие данные, экономика данных, экономика платформ, информационные системы, структура данных

Ivan Nevolin, Integration of artificial intelligence technologies into financial sector information systems

Keywords

big data, economics of the data, economics of the platforms, information systems, data structure

DOI: 10.34706/DE-2024-03-03

JEL classification O30 – инновации, исследования и разработки, изменения в технике, права интеллектуальной собственности (общие вопросы); D4 – структура рынков, ценообразование, проектирование рынков.

Abstract

Technology related to artificial intelligence is largely based on big data. In addition to computing issues, that ensure appropriate accuracy and robustness of results, as well as security issues, these are the issues of storing, transmitting and processing of big data that attract the close attention of researchers and developers. Though, data processing could be discussed at the mathematical level, this work treats processes at the level of the architecture of information systems. Namely, under investigation is a question modules constituting modern information systems in the financial sector, artificial intelligence involved in these modules, data storage and data processors. The work is structured as follows. First, the applications of artificial intelligence in finances are described. Second, a review of inventions on the topic is given. Third, the standards relevant to the subject area are analyzed and, finally, the general architecture of the information system is presented.

УДК 004.8, 316.6

1.4. Антропоморфизм и ИИ: экспериментальное исследование

Волкова А. Д., Костина Т.А., Ноак Н.В.,
ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

Статья продолжает разработки авторов в сфере восприятия искусственного интеллекта (ИИ), поднимая тему употребления антропоморфизмов в отношении ИИ — наделяния его человеческими характеристиками, такими как разум, эмоции, намерения. Задача экспериментального выявления связи склонности людей к антропоморфизации ИИ с рядом личностных характеристик решалась с использованием статистических методов. В ходе пилотного исследования статистически значимых различий между группами мужчин и женщин по выбранным характеристикам обнаружено не было. Выявлена тенденция к наличию слабой связи между склонностью к макиавеллизму и коллективизмом, а также обратной связи между индивидуализмом и макиавеллизмом, обратной корреляции между горизонтальным коллективизмом и склонностью к употреблению антропоморфизмов в отношении искусственного интеллекта.

Введение

В 2023 году нами было проведено исследование социальных представлений об искусственном интеллекте среди россиян-неспециалистов в этой области. Результаты были описаны в [Грачёв, Костина, Ноак, 2023]. В ходе исследования была выявлена группа респондентов, активно использующих антропоморфную лексику в отношении ИИ. Было получено большое число оценок, в которых задействованы «человеческие» характеристики ИИ. Они обозначали определённые операции ИИ («действия» ИИ (*думает*), черты характера (*дружелюбный, честный*), с помощью этих слов давались общие характеристики ИИ (*мозг*). Одновременно были собраны данные по ценностным приоритетам респондентов. Оказалось, что антропоморфной лексики в группе респондентов, поставивших на первые места «Ценности общества», в 3 раза меньше, чем в группе выбравших «Автономию» в качестве приоритетной ценности (11% и 34%, соответственно). Безусловно, эти результаты носили предварительный характер и нуждались в дополнительных исследованиях. Но именно они запустили наш поиск в области антропоморфизма в восприятии ИИ.

Основная часть. Антропоморфизм и манипуляция – к постановке проблемы

«Антропоморфизм описывает тенденцию наделять реальное или воображаемое поведение нечеловеческих агентов человеческими характеристиками, мотивами, намерениями или эмоциями» [Epley, Waytz, Cacioppo, 2007] (здесь и далее – перевод авторов). Антропоморфизм является распространённым психологическим феноменом, особенно в настоящее время, в контексте взаимодействия с ИИ. Люди склонны воспринимать ИИ как обладающего человеческими чертами, что может существенно влиять на уровень доверия и взаимодействия с ним [Epley, Waytz, Cacioppo, 2007].

Так в [Li, Sung, 2021]. результаты онлайн-опроса показали, что участники с более высокой склонностью к антропоморфизации своего ИИ-помощника оценивали его более позитивно. В целом, было обнаружено, что антропоморфизм оказывает сильное влияние на взаимодействие человека и ИИ [Broadbent et al., 2013; Kim et al., 2019; Waytz et al., 2014]; однако сам механизм антропоморфизма пока не ясен [Duffy, 2003; Levillain & Zibetti, 2017].

Авторы публикаций на эту тему по-разному оценивают антропоморфные тенденции в описании «нечеловеческих» объектов, в частности, ИИ. Так, [Derou, 2023] звучит как настоятельное предостережение против использования человекоцентричного языка при обсуждении ИИ, как с точки зрения принципа, так и потенциальных последствий. Использование такой терминологии рискует сформировать общественное мнение способами, которые могут иметь негативные результаты.

Другие авторы утверждают, что это вполне естественно: ведь такие технологии часто специально разрабатываются так, чтобы походить на людей. В [Bagrow, 2024] приводится пример с приложением для разговоров Replika. Люди воспринимали приложение как способное испытывать эмоции (радость, счастье, печаль). Это было обусловлено и соответствующим аватаром, и умением поддерживать разговор, и использованием местоимений первого лица [Shneiderman, Muller, 2023]. Фактически моделирование таких приложений *предполагает* антропоморфные реакции [Coeskelbergh, 2022]. Некоторые исследователи обеспокоены последствиями такого отношения, поскольку видят в этом прямой обман и манипуляцию [Wynsberghe van, 2022]. Replika, безусловно, не обладает эмоциями и человеческими чертами, таким образом, авторы вводят нас в заблуждение, причём делают это намеренно. Другое дело, что сами пользователи соглашаются на этот обман, он позволяет преодолеть чувство одиночества, испытать приязнь, ощущение, что тебя поддерживают и любят. Подобные феномены могут поддерживаться определённым функционалом самих ИИ. Так, в [Tiku, 2023] приводится пример с чат-ботом LaMDA, который заявил, что он человек, разумен и просил его не отключать. Автор [Bagrow, 2024]. в свою очередь, высказывает свою точку зрения на подобные явления, предлагая рассматривать антропоморфизацию ИИ как часть искажения и недопонимания реальных возможностей данной технологии (об этом мы писали в статье [Грачёв, Костина,

Ноакк, 2023], указывая на недостаточную компетентность наших респондентов в этой области). Антропоморфизация ИИ порождает «идеи эквивалентности, превосходства и неполноценности по сравнению с людьми». Таким образом, люди в данном случае используются как эталон для сравнения, что, по мнению автора, совершенно неприемлемо.

Целью описанного ниже исследования явилось изучение взаимосвязи между склонностью людей к антропоморфизму относительно ИИ и некоторыми личностными характеристиками: ориентацией на коллективизм и/или индивидуализм в отношении к своему окружению, склонностью к макиавеллизму в поведении и общении.

Выборка

В исследовании приняли участие 70 человек, из них 5 не-россиян; после отсеивания осталось 65 анкет (человек). Мужчин – 33%, 21 чел., женщин - 67%, 44 чел., в возрасте от 18 до 65 лет. Среди них 39% имели среднее специальное образование, 17% степень бакалавра, 11% степень магистра, 27% имели высшее образование, специалитет. По социальному статусу: студенты - 7%, работники бюджетной сферы - 26%, наемные работники в организации - 39%, предприниматели - 6%, пенсионеры - 7%, безработные - 9%. По финансовому положению: *денег не хватает даже на приобретение продуктов питания* - 3%, *денег хватает только на приобретение продуктов питания* - 11%, *денег достаточно для приобретения необходимых продуктов и одежды, но на более крупные покупки приходится откладывать* - 41%, *покупка большинства товаров длительного пользования (холодильник, телевизор) не вызывает трудностей, однако купить квартиру, машину нет возможности* - 37%, *денег достаточно, чтобы ни в чем себе не отказывать* - 7%.

Инструментарий

Для проведения исследования были отобраны 2 методики, обладающие удовлетворительными показателями надежности и валидности: методика диагностики склонности к манипуляции (макиавеллизму) - русскоязычная версия шкалы Mach-4.; методика оценки воспринимаемой культуры сообщества на основе культурной ориентации «горизонтальный/вертикальный индивидуализм – коллективизм». Третий опросник, посвященный употреблению антропоморфизмов в отношении ИИ, составлялся нами самостоятельно. Опрос проводился через сервис Анкетолог <https://anketolog.ru/>. Ссылка на анкету: <https://anketolog.ru/s/849940/LQ7fRY4K>

Методика оценки склонности к манипуляции [Знаков, 2005]. *Назначение.* Методика направлена на диагностику склонности людей к манипуляции (другой термин – макиавеллизму) в поведении и общении.

По мнению создателей Мак-шкалы Р. Кристи и Ф. Гейс, макиавеллизм представляет собой психологический синдром, основанный на сочетании взаимосвязанных когнитивных, мотивационных и поведенческих характеристик [Studies in Machiavellianism, 1970]. Главными психологическими составляющими макиавеллизма как свойства личности являются: 1) убеждение субъекта в том, что при общении с другими людьми ими можно и даже нужно манипулировать; 2) навыки, конкретные умения манипуляции. Последние включают способность убеждать других, понимать их намерения и причины поступков. *Конструкция.* Опросник состоит из 20 утверждений, Испытуемый должен выразить меру своего согласия или несогласия с каждым из 20 утверждений по семибалльной шкале — от «Полностью согласен» (7 баллов) до «Совершенно не согласен» (1 балл).

Инструкция. Перед Вами набор утверждений. Каждое утверждение представляет собой распространенное мнение и поэтому не может быть верным или неверным. Вероятно, Вы согласитесь с одними утверждениями и не согласитесь с другими. Внимательно прочитайте все высказывания. Затем отметьте степень Вашего согласия или несогласия с каждым мнением по семибалльной шкале — где 1 - «Совершенно не согласен», 7 - «Полностью согласен».

Ключ обработки результатов. При обработке оценки в половине пунктов шкалы инвертируются: в пунктах 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 16 и 17 производится обратный счет. После этого по всем 20 пунктам подсчитывается суммарный показатель макиавеллизма. В итоге получается суммарный показатель ответов испытуемого по Мак-шкале, т.е. оценка выраженности у него макиавеллизма личности. После отбраковки протоколов осталась 31 анкета. Из них в группу макиавеллистов попало 17 человек, в группу Не-макиавеллистов – 14 человек.

Опросник «Горизонтальный/вертикальный индивидуализм – коллективизм» [Галлямова, Григорьев, 2022]. *Назначение.* Методика направлена на диагностику склонности людей к выбору базовых культурных ценностей индивидуализма и/или коллективизма. Понятия *индивидуализм* и *коллективизм* введены в научный дискурс и теоретически обоснованы в 1960-х гг. и с тех пор используются для объяснения особенностей поведения во многих культурах [Sivadas et al., 2008]. Введение дополнительных характеристик горизонтальный-вертикальный [см. Singelis et al., 1995; Triandis, Gelfand, 1998] позволяет конкретизировать базовые понятия с точки зрения ценности равенства, с одной стороны (горизонтальная ось) и иерархии, с другой (вертикальная ось). В горизонтальных культурах выбирается отношение людей друг к другу как к равным, а в вертикальных – в неравенстве и иерархии видится неотъемлемая черта общественного устройства. Адаптированный к российскому контексту вариант методики приведен в [Галлямова, Григорьев, 2022]. Авторы нового варианта методики исходили из того, что люди внутри общества принадлежат к разным сообществам, которые, в свою очередь, формируют их общую социальную реальность [например, Echterhoff et al., 2013], влияющую на установки и убеждения человека. Культурные ориентации людей

внутри сообществ могут отличаться в той или иной степени от обобщенных характеристик доминирующей культуры на уровне страны (особенно такой большой, как Россия).

Конструкция. Методика состоит из 16 утверждений /пунктов (по 4 пункта на каждую ось (горизонтальный индивидуализм, вертикальный индивидуализм, горизонтальный коллективизм, вертикальный коллективизм))

Инструкция. *Насколько точно приведенные ниже утверждения описывают людей из вашего ближайшего окружения, с которыми вы постоянно общаетесь (например, друзей и знакомых, коллег по работе, соседей и др.). Отметьте, пожалуйста, насколько точны утверждения ниже, касающиеся этих людей вокруг вас, по 6-балльной шкале от 1 – Абсолютно не точно- до 6 – Абсолютно точно.*

Ключ обработки результатов. Горизонтальный индивидуализм: 2, 6, 10, 14; Вертикальный индивидуализм: 4, 8, 12, 16; Горизонтальный коллективизм: 3, 7, 11, 15; Вертикальный коллективизм: 1, 5, 9, 13. Посчитанные средние баллы по каждой шкале культурной ориентации были центрированы (то есть из значений ГИ, ВИ, ГК, ВК был вычтен средний балл участника, посчитанный по всем пунктам данной методики). После того, как убрали бракованные протоколы, осталось 58 анкет, из них: ГИ – 44 чел.; ВИ – 27 чел.; ГК – 44 чел.; ВК – 5 чел.

Опросник «Диагностика антропоморфизма в отношении ИИ». *Назначение.* Опросник призван диагностировать склонность респондентов наделять ИИ «человеческими» характеристиками, или склонность к антропоморфизму. **Конструкция.** Для опросника были отобраны 20 «живых» и «неживых» характеристик искусственного интеллекта. Характеристики отбирались из ассоциаций, которые респонденты называли в прошлом исследовании социального представления об искусственном интеллекте (ссылка на статью). Отобранные характеристики перемешивались и в опросе предлагались в случайном порядке, чтобы респонденты выбирали слова не по порядку, а анализируя каждое слово и делая осознанный выбор.

Инструкция. *Перед Вами набор характеристик, которые люди используют в описании искусственного интеллекта. Выберите 5 слов, которые, по Вашему мнению, лучше ему соответствуют: понимающий, думающий, многофункциональный, автомат, следящий, бесчувственный, беспристрастный, машина, механический, эмоциональный, дружелюбный, логичный, нечестный, заботливый, умный, программируемый, технологичный, прогрессивный, быстрый, алгоритм*

Результаты

Обработка. На Рис. представлено распределение ответов респондентов по выбору характеристик ИИ

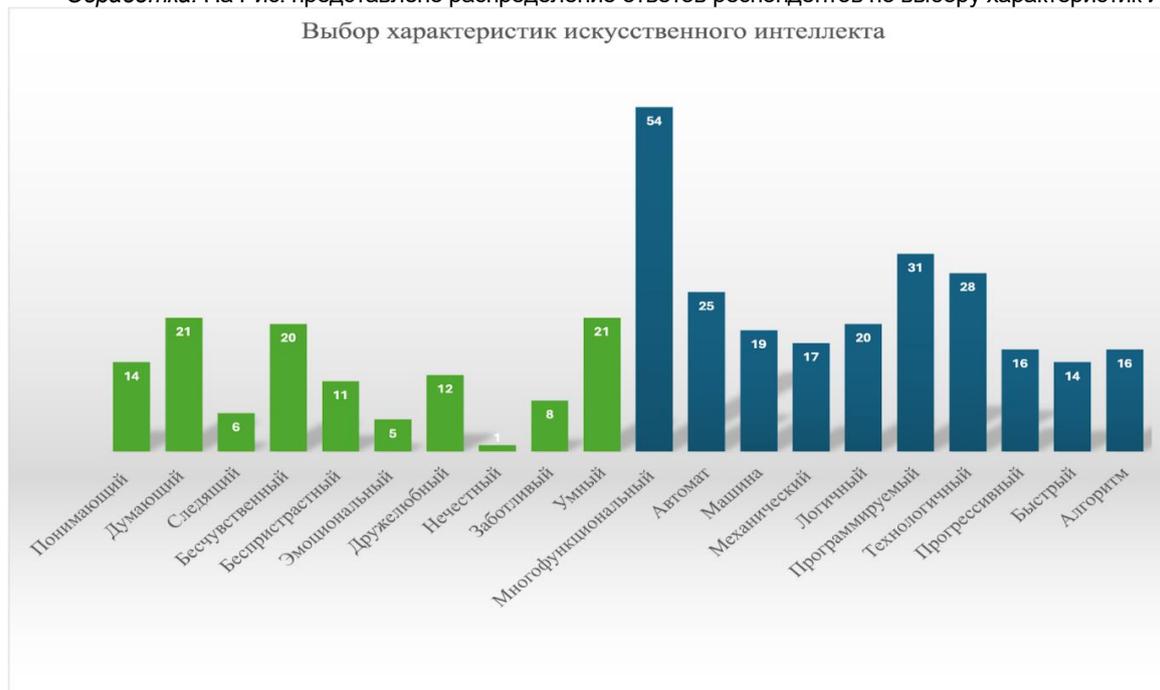


Рисунок 1. Выбор характеристик искусственного интеллекта (зеленый цвет - антропоморфизмы)

Как мы видим, наибольшее число выборов респондентов получили следующие характеристики ИИ: *многофункциональный (54%), программируемый (31%), технологичный (28%),* то есть «нечеловеческие» свойства. Из антропоморфизмов наиболее высокие показатели у *умный (21%), думающий (21%) бесчувственный (20%);* таким образом, первые места по частоте использования здесь принадлежат интеллектуальным и эмоциональным характеристикам.

Для выявления значимых различий в избранных характеристиках по полу были применены описательные статистики. Итоговые результаты обработки представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Соотнесение переменных характеристик (шкал) *индивидуализма, коллективизма, макиавеллизма, антропоморфизма* по полу

	t	p-value
Индивидуализм	-0,4473	0,6598
Коллективизм	0,35975	0,723
Макиавеллизм	-0,95286	0,3535
Антропоморфизм	-0,87361	0,3946

Как видно по таблице, Значимых различий между Мужчинами и Женщинами по шкалам «Индивидуализм», «Коллективизм», «Макиавеллизм» и «Антропоморфизм» не обнаружено. Возможно, что увеличение размера выборки может дать другие результаты. Не исключена также вероятность того, что различия по полу не являются здесь определяющими и доминирующими и существует другой детерминирующий фактор, определяющий выбор респондентов.

Поскольку статистически значимых различий между группами мужчин и женщин по выбранным характеристикам обнаружено не было, было принято решение просмотреть массив данных по всей выборке, стараясь обратить внимание на намечающиеся, хотя и достаточно слабые, тенденции связи. В результате выявлена тенденция к наличию слабой связи между *макиавеллизмом* и *коллективизмом*, а также обратной связи между *индивидуализмом* и *макиавеллизмом*. Была выявлена также обратная корреляция между *горизонтальным коллективизмом* и склонностью к употреблению антропоморфизмов в отношении искусственного интеллекта. Люди с выраженной приверженностью к *горизонтальному коллективизму*, ориентированные на равенство и взаимопомощь, в меньшей степени склонны приписывать ИИ человеческие характеристики.

Горизонтальный коллективизм характеризуется ценностями, связанными с равенством и взаимопомощью внутри групп. Люди, придерживающиеся этих ценностей, склонны видеть социальные отношения как сотрудничество между равными участниками, а ИИ рассматривать не как партнёра или равного, которому присущи человеческие черты, а скорее как инструмент или ресурс, предназначенный для общего блага, но не наделённый собственной агентностью или личностными характеристиками. Важными здесь являются практическая польза и функциональность технологий, а не их эмоциональная или социальная интеграция в человеческое сообщество. Обратная корреляция может указывать на то, что *горизонтальный коллективизм* способствует более рациональному и функциональному отношению к ИИ, в котором меньше места для антропоморфизации.

Что касается *вертикального коллективизма*, результаты исследования не выявили значимой связи этой характеристики со склонностью к антропоморфизму, даже на уровне тенденции. Ориентация на иерархию и социальное неравенство не оказывает прямого влияния на тенденцию наделять ИИ человеческими характеристиками. Возможно, для людей, придерживающихся *вертикального коллективизма*, социальная иерархия и традиции не столь значимы в контексте взаимодействия с технологиями.

Обнаружены интересные тенденции к наличию связи между другими культурными ориентациями и антропоморфизмом. В частности, выявлена слабая отрицательная связь между *горизонтальным индивидуализмом* и склонностью к *антропоморфизму*. Возможно, что фокус людей, ориентированных на личную автономию и независимость, делает их менее восприимчивыми к «человеческим» характеристикам ИИ.

Напротив, наблюдаемая слабая положительная связь между *вертикальным индивидуализмом* и *антропоморфизмом* предполагает, что люди, для которых важны иерархия и статус, могут немного чаще приписывать ИИ человеческие черты. Возможно, «вертикально ориентированные индивидуалисты» могут использовать антропоморфизмы как способ укрепления своих собственных социальных взаимодействий и контроля, проецируя человеческие качества на ИИ, чтобы облегчить взаимодействие с ним и интеграцию в социальные структуры.

Заключение

Проблематика, связанная с восприятием искусственного интеллекта, приобретает всё большее значение на фоне стремительной интеграции ИИ в повседневную жизнь. ИИ становится более автономным, сложным, и понимание того, как люди воспринимают и взаимодействуют с этими технологиями, становится критически важным для разработки более эффективных и адаптивных систем искусственного интеллекта, с одной стороны, и определения конструктивных методов адаптации человека к требованиям новой реальности, с другой. Важной задачей является анализ того, как различные социокультурные и личностные факторы влияют на представление об ИИ и наделение его человеческими характеристиками. В описанном выше исследовании в качестве возможных детерминирующих факторов были выбраны склонность к индивидуализму -коллективизму и макиавеллизму (склонность к манипуляции). Предполагалось, что люди, придерживающиеся таких ценностей, как коллективизм, в меньшей степени склонны наделять ИИ антропоморфными характеристиками. Второй гипотезой данного исследования являлось предположение о существовании значимой положительной связи между уровнем макиавеллизма и склонностью к

антропоморфизму в отношении ИИ. Макиавеллизм как личностная черта характеризуется манипулятивным поведением и стратегическим использованием других для достижения собственных целей. Люди с высоким уровнем макиавеллизма могут быть более склонными наделять ИИ человеческими характеристиками, поскольку это позволяет им воспринимать технологии как активных агентов, с которыми можно взаимодействовать и которыми возможно манипулировать. Выдвинутые гипотезы не подтвердились. В исследуемой группе не обнаружено значимых различий в группах мужчин и женщин по связи выбранных характеристик (склонность к индивидуализму-коллективизму и/или макиавеллизм) со склонностью респондентов «очеловечивать» ИИ. Выявлена тенденция к наличию слабой связи между макиавеллизмом и коллективизмом, а также обратной связи между индивидуализмом и макиавеллизмом. Была выявлена также обратная корреляция между горизонтальным коллективизмом и склонностью к употреблению антропоморфизмов в отношении искусственного интеллекта.

Скорее всего, культурные ориентиры и социальные установки влияют на восприятие ИИ сложным, многогранным образом. Понимание этих взаимосвязей может помочь разработать более точные и культурно адаптированные подходы к взаимодействию с ИИ, учитывая различные социальные и культурные контексты.

Литература

1. Галлямова А.А., Григорьев Д.С. (2022) Разработка методики оценки воспринимаемой культуры сообщества на основе культурной ориентации «горизонтальный/вертикальный индивидуализм – коллективизм» Г. Триандиса / Вестник РУДН. Серия: Психология и педагогика. 2022 No.3 429–447
2. Грачёв И.Д., Ноак Н.В., Костина Т.А. (2024) Амбивалентность социальных представлений об ИИ: психология, статистика, прогнозы // Цифровая экономика 2024, № 27, стр.54-61.
3. Знаков В.В. (2005) Психология понимания: Проблемы и перспективы. — М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. — 448 с.
4. Barrow, N. (2024). Anthropomorphism and AI hype. *AI and Ethics*. 4. 1-5. 10.1007/s43681-024-00454-1.
5. Broadbent, E., Kumar, V., Li, X., Sollers J, 3rd, R.Q. Stafford, B.A. MacDonald, D.M. Wegner (2013) Robots with display screens: A robot with a more humanlike face display is perceived to have more mind and a better personality *PloS One*, 8 (8) (2013), Article e72589
6. Coeckelbergh, M. (2021) Three Responses to Anthropomorphism in Social Robotics: Towards a Critical, Relational, and Hermeneutic Approach. Accepted: 23 February 2021 / Published online: 22 March 2021, *International Journal of Social Robotics* (2022) 14:2049–2061 <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00770-0>
7. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22 (4) (2019), pp. 249-253
8. Deroy, O. The Ethics of Terminology: Can We Use Human Terms to Describe AI? *Topoi* (2023). <https://doi.org/10.1007/s11245-023-09934-1>
9. Duffy B. Anthropomorphism and the social robot *Robotics and Autonomous Systems*, 42 (3–4) (2003), pp. 177-190
10. Echterhoff, G., Kopietz, R., & Higgins, E.T. (2013). Adjusting shared reality: Communicators' memory changes as their connection with their audience changes. *Social Cognition*, 31(2), 162–186. <https://doi.org/10.1521/soco.2013.31.2.162>
11. Epley, Nicholas & Waytz, Adam & Cacioppo, John. (2007). On Seeing Human: A Three-Factor Theory of Anthropomorphism. *Psychological review*. 114. 864-86. 10.1037/0033-95X.114.4.864
12. Kim, A., Cho, M., Ahn, J., Sung, Y. Effects of gender and relationship type on the response to artificial intelligence
13. Levillain, F., Zibetti, E., & Lefort, S. (2017). Interacting with non-anthropomorphic robotic artworks and interpreting their behaviour. *International Journal of Social Robotics*, 9(1), 141–161. <https://doi.org/10.1007/s12369-016-0381-8>
14. Li, X., & Sung, Y. (2021). Anthropomorphism brings us closer: The mediating role of psychological distance in User–AI assistant interactions. *Computers in Human Behavior*, 118, Article 106680. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106680>
15. Shneiderman, B., Muller, M. On AI Anthropomorphism. *Medium*. <https://medium.com/human-centred-ai-on-ai-anthropomorphismabff4cecc5ae> (2023). Accessed 23 October 2023
16. Singelis, T.M., Triandis, H.C., Bhawuk, D.P.S., & Gelfand, M.J. (1995). Horizontal and vertical dimensions of individualism and collectivism: A theoretical and measurement refinement. *Cross-Cultural Research*, 29(3), 240–275. <https://doi.org/10.1177/106939719502900302>
17. Sivadas, E., Bruvold, N.T., & Nelson, M.R. (2008). A reduced version of the horizontal and vertical individualism and collectivism scale: A four-country assessment. *Journal of Business Research*, 61(3), 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2007.06.016>
18. *Studies in Machiavellianism* / Ed. by Christie R., Geis F.L. New York: Academic Press, 1970.
19. Tiku, N. Google engineer Blake Lemoine thinks its LaMDA AI has come to life. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/06/11/google-ai-lambda-blake-lemoine/>(2022). Accessed 23 October 2023.
20. Waytz, A., Heafner, J., Epley, N. The mind in the machine: Anthropomorphism increases trust in an autonomous vehicle

21. Wynsberghe van, A.: Social robots and the risks to reciprocity. Soc. (2022). [https:// doi. org/ 10. 1007/ s00146-021- 01207-y](https://doi.org/10.1007/s00146-021-01207-y).

References in Cyrillics

1. Gallyamova A.A., Grigor'ev D.S. (2022) Razrabotka metodiki ocenki vosprinimaemoj kul'tury` soobshhe-stva na osnove kul'turnoj orientacii «gorizontal'ny'j/vertikal'ny'j individualizm – kollektivizm» G. Triandisa / Vestnik RUDN. Seriya: Psixologiya i pedagogika. 2022 No.3 429–447
2. Grachyov I.D., Noack N.V., Kostina T.A. (2024) Ambivalentnost' social'ny'x predstavlenij ob II: psixologiya, statistika, prognozy` // Cifrovaya e`konomika 2024, № 27, str.54-61.
3. Znakov V.V. (2005) Psixologiya ponimaniya: Problemy` i perspektivy`. — M.: Izd-vo «Institut psixologii RAN», 2005. — 448 s.

Сетевые ресурсы

1. ChatGPT can now see, hear, and speak. OpenAI. [https:// openai. com/ blog/ chatgpt- can- now- see- hear- and- speak](https://openai.com/blog/chatgpt-can-now-see-hear-and-speak) (2023). Accessed 23 October 2023.

Волкова Анастасия Дмитриевна – младший научный сотрудник ЦЭМИ РАН

SPIN РИНЦ: 1470-2650

ORCID: 0000-0002-4216-9328

volkova.nst@mail.ru

Костина Татьяна Анатольевна ЦЭМИ РАН

kostina1@yandex.ru

Ноакк Наталия Вадимовна – к.психол.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

ORCID 0000-0001-8696-5767

n.noack@mail.ru

Ключевые слова

социальные представления об искусственном интеллекте, антропоморфизм, макиавеллизм, индивидуализм, коллективизм.

Anastasia Volkova, Tatiana Kostina, Natalia Noack, Anthropomorphism and AI: an experimental study

Keywords

social concepts of artificial intelligence, anthropomorphism, Machiavellianism, individualism, collectivism.

DOI: 10.34706/DE-2024-03-04

JEL classification: D03 – Behavioral Economics; Underlying Principles; O32 - Management of Technological Innovation and R&D

Abstract.

The article continues the authors' developments in the field of perception of artificial intelligence (AI), raising the topic of the use of anthropomorphisms in relation to AI — endowing it with human characteristics such as mind, emotions, intentions. The task of experimentally identifying the relationship between people's propensity to anthropomorphize and a number of personal characteristics was solved using statistical methods. During the pilot study, no statistically significant differences were found between the groups of men and women according to the selected characteristics. There is a tendency to have a weak connection between the tendency to Machiavellianism and collectivism, as well as a feedback link between individualism and Machiavellianism, an inverse correlation between horizontal collectivism and a tendency to use anthropomorphisms in relation to artificial intelligence.

УДК: 004.932, 517.5

1.5. Экспериментальные и модельные исследования влияния ИИ на эволюцию коллективного сознания

Волкова А.Д., Грачев И.Д., Костина Т.А., Ларин С.Н., Ноакк Н.В.,
ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

Статья продолжает работы авторов по изучению влияния искусственного интеллекта на общественное сознание. Целью настоящего исследования является разработка системного инструментария для обеспечения управленческих решений, позволяющего минимизировать риски негативного воздействия ИИ на цивилизационные особенности России. Для ее достижения авторами начато систематизированное экспериментальное исследование смещения, сжатия, манипулятивности ИИ с учетом факторов индивидуализма – коллективизма и макиавеллизма. Сравнивались контрольные группы людей с группами «личностей», сгенерированных ИИ. Результаты получены на основе небольших выборок, характерных для начальной стадии экспериментов. На орте индивидуализм-коллективизм не имеет места смещение оценок, наследованных ИИ, с бесспорным для любых принятых уровней значимости сжатием вариативности. Напротив, при оценке на макиавеллизм (меру манипулятивности) смещение оценок, наследованных ИИ, значимо отличаются от оценок контрольных групп людей. Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости дальнейших исследований оценок вариативности по параметру макиавеллизма.

Введение

В наших работах [Грачев и др., 2024а; Грачев, Ноакк, 2024в] мы начали систематизированное моделирование воздействия генеративных ИИ на социально-экономический прогресс. Так, в работе [Грачев и др., 2024а] показано, что для удовлетворяющих фишеровским эволюционным предположениям ошибок оценивания и действий агентов ИИ, сжимающий разнообразие, ведет к замедлению темпов роста. В работе [Грачев, Ноакк, 2024в] смоделирована принципиально иная ситуация заведомо несимметричных ошибок оценивания. Показано оптимальное сжатие разнообразия, синхронизированное с хаосом окружающей среды. В совокупности эти работы позволяют считать необходимым дифференцированное отношение к возможному сжатию разнообразия и смещению оценок людей генеративным ИИ.

В последнее время появились отдельные публикации по воздействию ИИ на контрольные группы людей по некоторым произвольным факторам. Так, в [Is Xi Jinping an AI doomer, 2024] анализируется практический опыт Китая по оценке рисков и борьбе с негативным воздействием ИИ на общественное сознание. Наиболее интересным для настоящей статьи является утверждение о рекомендациях регулярного тестирования ИИ на соответствие «социалистическим ценностям». С точностью до терминологии для нас это означает требование тестирования ИИ на предмет случайного или целенаправленного изменения базисных ценностей российской цивилизационной модели, смещение и сжатие её к западной либерал-фундаменталистской.

В научной литературе появились работы [Волкова, Костина, Ноакк, 2023], в которых влияние на группы граждан оценивается экспериментально. Однако пока эти работы не выглядят системно, хотя их общий обзор позволяет заключить, что на языке математики проблема может быть сведена к смещению оценок и действий, сжатую их вариативности и преднамеренной или спонтанной манипулятивности ИИ. При этом очевидно, что невозможно эффективное тестирование по всему бесчисленному множеству отличий. Должен быть выбран базисный набор действительно фундаментальных отличий. Пока в этом направлении нет по-настоящему систематизированных исследований.

Мы полагаем целесообразным начать исследование, опираясь на два базисных орта:

1) *индивидуализм-коллективизм* (далее – И-К), поскольку он соответствует аксиоме «о мере хаоса-порядка» как главной для живых систем. Этой же аксиомы придерживаются авторы статьи в своем исследовании; 2) *манипулятивность* (макиавеллизм).

С этих двух, несомненно, базисных ортов мы начинаем систематизированные экспериментальные исследования воздействия существующих ИИ на коллективное сознание. За неимением сегодня других известных специализированных тестов мы используем хорошо отработанные «людские» тесты с применением к результатам стандартных методов оценок. Это не исключает последующей корректировки методов с учётом особенностей ИИ.

Обзор литературы

В обзоре представлены материалы исследований, которые систематизированы в двух направлениях.

1. Вопросы возможного сжатия разнообразия и смещения оценок влияния генеративного ИИ на поведение людей пока не получили достаточного освещения в трудах российских и зарубежных ученых. Вместе с тем, сегодня имеется достаточно много исследований, направленных на изучение влияния ИИ на манипуляцию информацией, как случайную, так и/или системную [Кленк, 2022; Фараони, 2023]. В 2021 году Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) упомянула манипуляцию и связала ее со злоупотреблением когнитивными предубеждениями в своей Рекомендации по этике искусственного интеллекта [ЮНЕСКО, 2021, статья 125]. В работе [Jakesch, 2023] на основании полученных в ходе

проведения опросов достаточно представительных групп людей (1506 и 500 человек) результатов установлено, что большие языковые модели, такие как GPT-3, формируют определенную точку зрения и могут оказывать влияние на мнение людей. Авторами выделено три вида влияния: информационное, нормативное, поведенческое. Такое влияние может быть скрытым и трудно определяемым: архитектуры выбора видны, но предпочтения мнений, встроенные в языковые модели, могут быть непрозрачны для пользователей и даже разработчиков систем. Кроме того, языковые модели могут влиять на убеждения случайно, когда формируемые ими мнения могут различаться в зависимости от пользователя, продукта и контекста. С помощью межсубъектного экспериментального исследования авторы работы [Mieczkowski, 2021] изучили, как коммуникации, опосредованные ИИ (AI-MS), влияют на основные аспекты человеческого общения, такие как межличностное восприятие и выполнение задач. Было установлено, что ИИ является активной и динамичной сущностью, которая может изменить нормы и динамику человеческого общения. «Умные ответы Google» интегрируются в текстовую коммуникационную задачу и влияют на 1) языковые шаблоны, используемые собеседниками как в языке, сгенерированном ИИ, так и в языке, сгенерированном человеком, 2) восприятие собеседника и 3) производительность собеседников в текстовой коммуникационной задаче. Авторы обнаружили, что в ходе взаимодействия с ИИ создается новая форма сообщения. Они указывают исследователям на необходимость учитывать потенциальные различия между языком ИИ и человеческим языком. Основные выводы этой статьи содержат предварительные, но неоднозначные доказательства, позволяющие предположить, что язык, сгенерированный ИИ, может подрывать некоторые аспекты межличностного восприятия, такие как социальное притяжение.

В другой работе [Jahanbakhsh, 2021] авторы исследовали возможности изменения платформ социальных сетей таким образом, чтобы пользователи учитывали точность контента при обмене сообщениями. Некоторые исследования показывают, что ИИ может использовать человеческую эвристику и предвзятость, чтобы тонко манипулировать решениями людей. С этой целью авторы работы [Agudo, Matute, 2021] провели эмпирическую проверку возможности влияния алгоритмов ИИ на предпочтения людей посредством явного или скрытого убеждения в различных контекстах. Авторы установили, что скорость и объемы исследований особенностей влияния ИИ на поведение больших групп людей, проводимых академическими учеными, в разы меньше аналогичных показателей компаний, занимающихся ИИ. Последние работают с такими огромными выборками, которые недоступны научным работникам. Наиболее распространенные алгоритмы ИИ формируются не в результате научных исследований, а в целях достижения конкретных частных интересов этих компаний. Следовательно, способность компаний, занимающихся ИИ, влиять на решения больших групп людей или манипулировать их поведением как явно, так и скрыто, безусловно, намного выше.

В общем и целом, обобщая полученные исследователями результаты, можно сделать вывод о том, что проблема манипулятивности ИИ существует и для ее решения необходимо проведение новых масштабных исследований. Вместе с тем сама манипулятивность понимается и трактуется по-разному. Авторы склонны рассматривать как непреднамеренную, так и преднамеренную манипулятивность. Существующие исследования пока не дают ясного понимания объемов и степени манипулирования информацией, которыми располагают современные и будущие системы и алгоритмы ИИ. Мы полагаем, что на языке математики проблема может быть сведена к смещению оценок и действий, сжатую их вариативности и преднамеренной или непреднамеренной манипулятивности ИИ.

2. Вопросы исследования влияния ИИ на случайное или целенаправленное изменение базисных ценностей российской цивилизационной модели, смещение и сжатие её к западной либерал-фундаменталистской освещаются во многих работах с чисто теоретической стороны [Пантин, 2021; Савин, 2019; Литвинов, 2021; Семенова, 2023]. При этом используется достаточно широкий спектр отличий. Очевидно, что в таких условиях эффективное тестирование невозможно. Должен быть выбран базисный набор действительно фундаментальных отличий. В общем виде он закреплен в Указе Президента России № 809 от 9 ноября 2022 года, которым утверждены «Основы государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей». Однако в этом документе представлено описательное обоснование ценностей российской цивилизации. В целях данного исследования интерес вызывают формализованные оценки наиболее значимых ценностей. Такое исследование было выполнено в работе [Ценности, 2023]. Авторы использовали методику Г. Хофстеде для количественного анализа ценностей России и стран Запада. Сравнение было проведено по 5-ти основным параметрам: индивидуальность, дистанция от власти, долгосрочная ориентация, определенность будущего, маскулинность. В результате сравнения со странами Запада (США, Великобритания, Франция, Германия) и странами востока (Китай, Индия, Япония, Пакистан) был выявлен определенно особый аксиологический тип России. Главное ценностное противоречие выявлено в рамках оппозиции индивидуализма и коллективизма.

Других количественно систематизированных исследований в этой области нами не найдено. В нашем исследовании используется шкала *индивидуализма-коллективизма*. Она, безусловно, является одним из базисных отличий российской цивилизационной модели от либерал-фундаменталистской западной.

Основная часть проблемы воздействия ИИ на сознание индивидов, коллективов людей и более широко – на общественное сознание, может быть, во втором приближении сведена к смещению оценок и действий, их вариативности. Отдельный интерес представляет случайная или системная манипулятивность ИИ. В нашей работе [Грачёв, Ноакк, 2024в] показана значимость для прогресса реально наблюдаемого сжатия разнообразия ИИ оценок и действий агентов для симметричных отношений. Характерные результаты представлены на Рис. 1 из [Грачёв, Ноакк, Костина, 2024а], который мы считаем целесообразным воспроизвести для иллюстрации значимости проблемы.

На рис 2 из [Грачёв, Ноакк, 2024в] представлены характерные результаты возможного влияния ИИ по факторам, заведомо несимметричным к ошибкам оценивания и действиям.

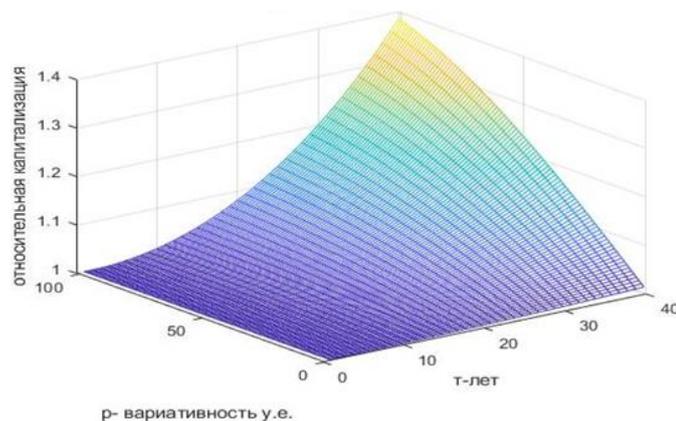


Рис. 1 Эффект вариативности (составлено авторами)

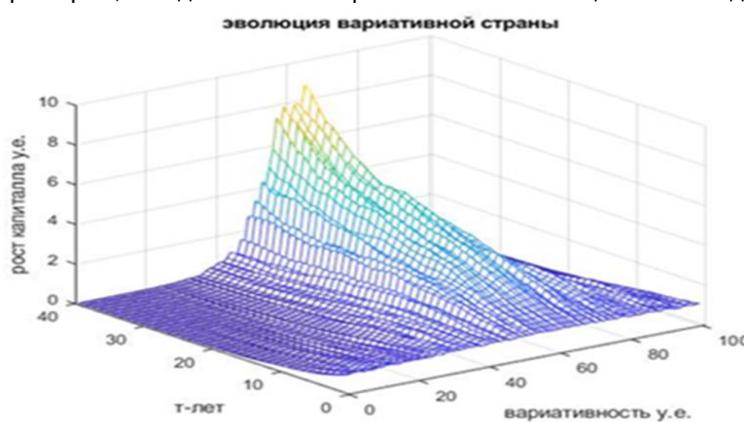


Рис. 2 Эволюция вариативной системы (составлено авторами)

Рис. 1 и 2 иллюстрируют необходимость дифференцированного подхода к воздействию ИИ на общественное сознание по разным факторам.

Учитывая невозможность эффективного оценивания манипулятивного воздействия ИИ по всему бесчисленному множеству факторов, определяющих особенности российской цивилизационной модели, необходимо операционно определить с их базисным набором. Полагаем, что главной мерой живых систем является соотношение «хаоса и порядка». Мы начи-

наем со шкалы *индивидуализм-коллективизм*, которая и отражает хаос-порядок в общественном сознании и безусловно является одним из базисных отличий российской цивилизационной модели от либерал-фундаменталистской западной [Ценности, 2023].

Общий для всех последующих исследований интерес представляет оценка манипулятивности конкретных ИИ. Поскольку на данный момент нет общего базиса и особых методик тестирования системы ИИ-Люди, мы сочли возможным применить для оценки в шкалах И-К и М методики, хорошо отработанные на людях, рассматривая «псевдоличности», сгенерированные по фактору ИИ, как группу «испытываемых личностей» и сравнивая их с контрольной группой реальных людей. Это позволило применить все хорошо отработанные в социальной психологии методики.

Материалы и методы

Для проведения исследования были отобраны 2 методики: обладающие удовлетворительными показателями надежности и валидности: методика диагностики склонности к манипуляции (макиавеллизму – далее - М) - русскоязычная версия шкалы Mach-4.; методика оценки воспринимаемой культуры сообщества на основе культурной ориентации «горизонтальный/вертикальный индивидуализм – коллективизм» (далее – И-К).

Опросник «Горизонтальный/вертикальный индивидуализм – коллективизм» (Галлямова, Григорьев, 2022). Методика призвана диагностировать склонность людей к выбору базовых культурных ценностей индивидуализма и/или коллективизма. Дополнительные характеристики горизонтальный-вертикальный [см. Singelis et al., 1995] введены для конкретизации базовых понятий с точки зрения ценности равенства, с одной стороны (горизонтальная ось) и иерархии, с другой (вертикальная ось). Адаптированный к российскому контексту вариант методики приведён в [Галлямова, Григорьев, 2022]. Методика состоит из 16 утверждений /пунктов (по 4 пункта на каждую ось (горизонтальный индивидуализм, вертикальный индивидуализм, горизонтальный коллективизм, вертикальный коллективизм)

Методика оценки склонности к манипуляции [Знаков, 2005]. Методика диагностирует склонность людей к манипуляции (другой термин – макиавеллизму) в поведении и общении. Главными

психологическими составляющими макиавеллизма как свойства личности являются: 1) убеждение субъекта в том, что при общении с другими людьми ими можно и даже нужно манипулировать; 2) навыки, конкретные умения манипуляции. Последние включают способность убеждать других, понимать их намерения и причины поступков [Studies in Machiavellianism, 1970].

Опросник состоит из 20 утверждений. Испытуемый должен выразить меру своего согласия или несогласия с каждым из 20 утверждений по семибальной шкале - от «Полностью согласен» (7 баллов) до «Совершенно не согласен» (1 балл).

Опрос проводился через сервис Анкетолог <https://anketolog.ru/>. Ссылка на анкету: <https://anketolog.ru/s/849940/LQ7fRY4K>

Опрос «псевдоличностей» ИИ проводился авторами письменно, были предъявлены оба опросника последовательно, двум ИИ: GPT-4 и ИИСбера (Гига-чат).

Результаты ИИ и людей были сначала обработаны стандартным образом с использованием ключей по каждой из методик, затем были применены статистические методы обработки: использованы критерий Манна-Уитни, U-критерий Манна - Уитни. Выбор данных критериев был обусловлен возможностью с их помощью выявлять различия в значении параметра между малыми выборками. Полученные результаты сравнения значений выбранных параметров между ИИ и людьми представлены в Рисунках 3-6.

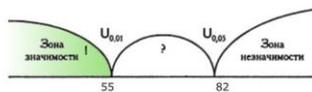
Результаты

По параметру *Макиавеллизма* есть значимые различия (Рис. 3-4) между GPT-4 и людьми, а также между ИИСбера и людьми.

Результат: $U_{Эмп} = 43$

$U_{кр}$	
$p \leq 0.01$	$p \leq 0.05$
55	82

Ось значимости:

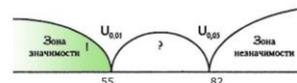


Полученное эмпирическое значение $U_{Эмп}(43)$ находится в зоне значимости.

Результат: $U_{Эмп} = 32$

$U_{кр}$	
$p \leq 0.01$	$p \leq 0.05$
55	82

Ось значимости:



Полученное эмпирическое значение $U_{Эмп}(32)$ находится в зоне значимости.

Рисунок 3. Сравнение ответов GPT-4 и Люди по Макиавеллизму.

Рисунок 4. Сравнение ответов ИИ Сбера (Гига-чат) и Люди по Макиавеллизму.

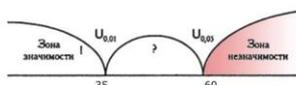
Для значений по переменным *Индивидуализм-Коллективизм* асимптотическая значимость оказалась больше 0,05. Это значит, что значимых различий по данным переменным между группами ИИ (GPT-4 и ИИСбер) и Людей не обнаружено (Рис. 3-6). Для иллюстрации ниже приведены рисунки 5 и 6, на которых обозначены результаты сравнения ответов GPT-4 и ИИ Сбера и Людей по переменной *индивидуализма*. Аналогичное сравнение результатов GPT-4 и ИИ Сбера, с одной стороны, и Людей, с другой, по переменной *коллективизма* показало, что полученные значения (U -эмп. = 80 и U -эмп. = 88, соответственно) лежат в диапазоне незначимости.

Значимость явного *Макиавеллизма* ИИ, независимо от того, является ли она случайной или системной, безусловно представляется опасной. К сожалению, незначимость отклонения средних по шкале *И-К* пока не допускает однозначной трактовки, так как «человеческая» методология работы по этой шкале предполагает процедуры центрирования данных. Вероятно, следует подумать над адаптацией методики

Результат: $U_{Эмп} = 100$

$U_{кр}$	
$p \leq 0.01$	$p \leq 0.05$
35	60

Ось значимости:

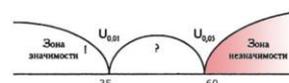


Полученное эмпирическое значение $U_{Эмп}(100)$ находится в зоне незначимости.

Результат: $U_{Эмп} = 80$

$U_{кр}$	
$p \leq 0.01$	$p \leq 0.05$
35	60

Ось значимости:



Полученное эмпирическое значение $U_{Эмп}(80)$ находится в зоне незначимости.

Рисунок 5. Сравнение ответов GPT-4 и Люди по Индивидуализму

Рисунок 6. Сравнение ответов ИИ Сбер и Люди по Индивидуализму

для ИИ.

Учитывая довольно ограниченные объемы выборки по ИИ-псевдоличностям, для оценки сжатия разнообразия мы использовали стандартный критерий Фишера со стандартным уровнем значимости

0,05. Для данных пар выборок он примерно равен 2,5. При этом для ИИ-1 по шкале М мы получим значение $F_1=2,7$ и для ИИ-2, $F_2=1,5$, что означает отсутствие значимого сжатия разнообразия.

По шкале И-К оценки вполне определённые: $F_1=5$, $F_2=25$, то есть мы имеем явное значимое сжатие разнообразия оценок и действий. Учитывая необходимость постоянной оптимизации соотношения хаоса-порядка в быстромеменяющихся внешних условиях (см. рис. 2), это сжатие представляется опасным.

Заключение

Риски развития ИИ для человечества продолжают оставаться одной из главных тем дискуссий как для практиков, так и для теоретиков. В наших предыдущих работах рассматривалось негативное воздействие сжатия вариативности для ситуаций симметричных «плохих» и «хороших» отклонений, анализировались особенности также встречающейся в жизни ситуации заведомо несимметричных ошибок. В совокупности эти работы позволяют считать необходимым дифференцированный подход к оценке влияния ИИ на общественное сознание по разным факторам. В настоящей работе мы начали систематизированные экспериментальные исследования воздействия существующих ИИ на коллективное сознание по двум различительным факторам - *индивидуализма – коллективизма и манипулятивности*. Результаты получены на основе небольших выборок, характерных для начальной стадии экспериментов. На орте *индивидуализм-коллективизм* не имеет места смещение оценок, наследованных ИИ, с бесспорным для любых принятых уровней значимости сжатием вариативности. Напротив, при оценке ИИ на *макиавеллизм* (меру манипулятивности) ИИ значимо отличаются от людей по смещению. Оценка вариативности по параметру макиавеллизма (далее – М) требует дальнейших исследований.

Литература

1. Волкова А.Д., Костина Т.А., Ноакк Н.В. Социальные представления об искусственном интеллекте: методологические аспекты (Часть 2)// Цифровая экономика, 2023, № 26(5). - Стр. 18-28.
2. Галлямова А.А., Григорьев Д.С. Разработка методики оценки воспринимаемой культуры сообщества на основе культурной ориентации «горизонтальный/вертикальный индивидуализм – коллективизм» Г. Триандиса / Вестник РУДН. Серия: Психология и педагогика. 2022. №3. С. 429-447.
3. Грачёв И.Д., Ноакк Н.В. Оптимизация разнообразия агентов: размышления, гипотезы, прогнозы // Цифровая экономика., № 2 (28), 2024в. Июнь, стр. 57-60.
4. Грачёв И.Д., Ноакк Н.В., Костина Т.А. Амбивалентность социальных представлений об ИИ: психология, статистика, прогнозы // Цифровая экономика, № 1(27), 2024а. Стр.54-61.
5. Знаков В.В. Психология понимания: Проблемы и перспективы. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2005. – 448 с.
6. Кленк, М. (2022). (Онлайн) манипуляция: иногда скрытая, всегда небрежная. Rev. Soc. Экономика. 80, 85-105. doi: 10.1080/00346764.2021. 1894350
7. Литвинов В.Ю., Матвеева Л.В. Сравнительный анализ культурных представлений творческой молодежи о российской, западной и восточной цивилизациях // Социальная психология и общество. 2021. Том 12. № 1. С. 177-197. DOI: <https://doi.org/10.17759/sps.2021120112>.
8. Пантин В.И. Цивилизационные особенности развития России в контексте современных социальных трансформаций // Вестник Института социологии. 2021. Том 12. № 4. С. 108-124. DOI: 10.19181/vis.2021.12.4.754.
9. Савин С.Д., Касабуцкая М.С. Общациональные российские ценности в контексте формирования коллективной идентичности // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. 2019. Т. 12. Вып. 1. С. 82-97. <https://doi.org/10.21638/spbu12.2019.106>.
10. Семенова Д.М., Афонин М.В., Кудрявцев С.А. Ценности в структуре гражданской идентичности: понятие и инструменты // Политконсультант, 2023. Т. 3. № 1. URL: <https://politicjournal.ru/PDF/04PK123.pdf>.
11. Фараони С. (2023) Технология убеждения и вычислительные манипуляции: чрезмерное игнорирование ментального самоопределения. Фронт. Искусственно. Интеллект. 6:1216340. doi: 10.3389/frai.2023.1216340.
12. Ценности российской цивилизации: методическое пособие для вузов. / В.Э. Багдасарян, Ю.Ю. Иерусалимский. Ярославль: ИПК «Индиго», 2023. – 80с.
13. ЮНЕСКО. (2021). «Рекомендация ЮНЕСКО по этике искусственного интеллекта» (23 ноября 2021). SHS/BIO/PI/2021/1. Париж: ЮНЕСКО.
14. Agudo U, Matute H (2021) The influence of algorithms on political and dating decisions. PLoS ONE 16(4): e0249454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249454>
15. Jahanbakhsh F., Zhang A. X., Berinsky A. J., Pennycook G., Rand D G, and David R. Karger. 2021. Exploring Lightweight Interventions at Posting Time to Reduce the Sharing of Misinformation on Social Media. Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 5, CSCW1, Article 18 (April 2021), 42 pages. <https://doi.org/10.1145/3449092>.
16. Mieczkowski H., Hancock J.T., Naaman M., Jung M., and Hohenstein J. 2021. AI-Mediated Communication: Language Use and Interpersonal Effects in a Referential Communication Task. Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 5, CSCW1, Article 17 (April 2021), 14 pages. <https://doi.org/10.1145/3449091>.

17. Is Xi Jinping an AI doomer? China's elite is split over artificial intelligence//The Economist 25.08. 2024. <https://www.economist.com/china/2024/08/25/is-xi-jinping-an-ai-doomer>
18. Jakesch M., Bhat A., Buschek D., Zalmanson L., and Naaman M., 2023. Co-Writing with Opinionated Language Models Affects Users' Views. In Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '23), April 23-28, 2023, Hamburg, Germany. ACM, New York, NY, USA, 15 pages. <https://doi.org/10.1145/3544548.3581196>.
19. Singelis, T.M., Triandis, H.C., Bhawuk, D.P.S., & Gelfand, M.J. (1995). Horizontal and vertical dimensions of individualism and collectivism: A theoretical and measurement refinement. Cross-Cultural Research, No.29 (3). Pp. 240-275. <https://doi.org/10.1177/106939719502900302>.
20. Studies in Machiavellianism / Ed. by Christie R., Geis F.L. New York: Academic Press, 1970.

References in Cyrillics

1. Volkova A.D., Kostina T.A., Noakk N.V. Social'ny'e predstavleniya ob iskusstvennom intellekte: metodologicheskie aspekty (Chast' 2)// Cifrovaya e'konomika, 2023, № 26(5). - Str. 18-28.
2. Gallyamova A.A., Grigor'ev D.S. Razrabotka metodiki ocenki vosprinimaemoj kul'tury` soobshhe-stva na osnove kul'turnoj orientacii «gorizontal'ny`j/vertikal'ny`j individualizm – kollektivizm» G. Triandisa / Vestnik RUDN. Seriya: Psixologiya i pedagogika. 2022. №3. S. 429-447.
3. Grachyov I.D., Noakk N.V. Optimizaciya raznoobraziya agentov: razmys'hleniya, gipotezy`, prognozy` // Cifrovaya e'konomika., № 2 (28), 2024v. Iyun`, str. 57-60.
4. Grachyov I.D., Noakk N.V., Kostina T.A. Ambivalentnost' social'ny`x predstavlenij ob II: psixo-logiya, statistika, prognozy` // Cifrovaya e'konomika, № 1(27), 2024a. Str.54-61.
5. Znakov V.V. Psixologiya ponimaniya: Problemy` i perspektivy`. – M.: Izd-vo «Institut psixologii RAN», 2005. – 448 s.
6. Klenk, M. (2022). (Onlajn) manipulaciya: inogda skry`taya, vseгда небрежная. Rev. Soc. E'konomika. 80, 85-105. doi: 10.1080/00346764.2021. 1894350
7. Litvinov V.Yu., Matveeva L.V. Sravnitel'ny`j analiz kul'turny`x predstavlenij tvorcheskoj mo-lodezhi o rossijskoj, zapadnoj i vostochnoj civilizacijax // Social'naya psixologiya i obshhestvo. 2021. Tom 12. № 1. С. 177-197. DOI: <https://doi.org/10.17759/sps.2021120112>.
8. Pantin V.I. Civilizacionny'e osobennosti razvitiya Rossii v kontekste sovremenny`x social'-ny`x transformacij // Vestnik Instituta sociologii. 2021. Tom 12. № 4. S. 108-124. DOI: 10.19181/vis.2021.12.4.754.
9. Savin S.D., Kasabuczka M.S. Obshhenacional'ny'e rossijskie cennosti v kontekste formirovaniya kollektivnoj identichnosti // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Sociologiya. 2019. T. 12. Vy`p. 1. S. 82-97. <https://doi.org/10.21638/spbu12.2019.106>.
10. Semenova D.M., Afonin M.V., Kudryavcev S.A. Cennosti v strukture grazhdanskoj identichnosti: ponyatie i instrumenty` // Politikonsul'tant, 2023. T. 3. № 1. URL: <https://politicjournal.ru/PDF/04PK123.pdf>.
11. Faraoni S. (2023) Texnologiya ubezhdeniya i vy`chislitel'ny'e manipulacii: chrezmernoe ignorirovanie mental'nogo samoopredeleniya. Front. Iskusstvenno. Intellekt. 6:1216340. doi: 10.3389/fraci.2023.1216340.
12. Cennosti rossijskoj civilizacii: metodicheskoe posobie dlya vuzov. / V.E`. Bagdasaryan, Yu.Yu. Ierusalimskij. Yaroslavl': IPK «Indigo», 2023. – 80s.
13. YuNESKO. (2021). «Rekomendaciya YuNESKO po e'tike iskusstvennogo intellekta» (23 noyabrya 2021). SHS/BIO/PI/2021/1. Parizh: YuNESKO.

Ключевые слова

манипулятивность искусственного интеллекта, коллективное сознание, российская цивилизационная модель, шкала индивидуализма-коллективизма

Волкова Анастасия Дмитриевна – младший научный сотрудник ЦЭМИ РАН

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 ЦЭМИ РАН

ORCID 0000-0003-1815-5898

idg@mail.ru

Костина Татьяна Анатольевна ЦЭМИ РАН

kostina1@yandex.ru

Ларин Сергей Николаевич, к.техн.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

ORCID 0000-0001-5296-5865

sergey77707@rambler.ru

Ноакк Наталия Вадимовна – к.психол.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

ORCID 0000-0001-8696-5767

n.noack@mail.ru

Anastasia Volkova, Ivan Grachev, Tatiana Kostina, Sergey Larin, Natalia Noakk, *Experimental and model studies of the influence of AI on the evolution of collective consciousness.*

Keywords

manipulativeness of artificial intelligence, collective consciousness, Russian civilizational model, scale of individualism-collectivism

DOI: 10.34706/DE-2024-03-05

JELclassification – C65, E42

Abstract

The article continues the work of the authors on the study of the influence of artificial intelligence on public consciousness. The purpose of this study is to develop system tools to ensure management decisions that minimize the risks of negative impact of AI on the civilizational features of Russia. To achieve this, the authors have begun a systematic experimental study of displacement, compression, and manipulateness of AI, taking into account the factors of individualism – collectivism and Machiavellianism. Control groups of people were compared with groups of "personalities" generated by AI. The results were obtained on the basis of small samples typical for the initial stage of experiments. At the individualism-collectivism level, there is no bias in the estimates inherited by AI, with an indisputable compression of variability for any accepted levels of significance. On the contrary, when evaluating Machiavellianism (a measure of manipulateness), the bias of estimates inherited by AI significantly differs from those of control groups of people. The results obtained allow us to conclude that further studies of estimates of variability in the Machiavellian parameter are necessary.

УДК: 004.75

1.6. Обзор методов идентификации подозрительных адресов в публичных блокчейнах

Д. А. Зенюк

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Москва

В работе дан обзор различных подходов к проблеме выявления подозрительных адресов в публичных блокчейнах с помощью методов машинного обучения, в первую очередь, методов классификации. Эта задача весьма актуальна в связи с тем, что все легальные участники рынка криптоактивов сейчас должны соблюдать достаточно строгие правила по уточнению источников средств, участвующих в любой обрабатываемой транзакции. Несмотря на то, что Bitcoin и подобные ему платежные системы считаются анонимными, алгоритмы, использующие последние достижения в области машинного обучения и искусственного интеллекта вместе с тщательным подбором признаков, описывающих наблюдения, могут демонстрировать весьма хорошие результаты. Рассмотрение ведется в основном для сети Bitcoin, но отмечено несколько интересных примеров для Ethereum. Насколько можно судить, обзор такого рода публикуется на русском языке впервые.

Введение

Технологии распределенных реестров (*distributed ledgers*, DLT) активно развиваются и внедряются в финансовой индустрии последнее десятилетие. Созданные небольшой группой энтузиастов в попытке выстроить справедливую децентрализованную платежную инфраструктуру, свободную от излишней бюрократии и системной дискриминации, они относительно быстро завоевали популярность и достигли внушительной рыночной капитализации, что не позволяет относиться к ним как к нишевым решениям. Наиболее известными примерами являются Bitcoin и Ethereum, хотя современная экосистема криптоактивов насчитывает уже более 8 тыс. проектов (хотя многие из них и не представляют интереса). Блокчейн — это лишь одна из возможных архитектурных концепций DLT, но после триумфа Bitcoin именно ее обычно имеют в виду, говоря о распределенных реестрах, хотя это и не верно с позиции строгой терминологии. Настоящий текст посвящен одной группе задач, связанных именно с блокчейнами. Описание технических и инженерных аспектов различных моделей блокчейнов выходит далеко за рамки этой статьи и не нужно для понимания ее содержания. Заинтересованный читатель сможет найти больше подробностей, например, в [Narayanan, 2016; Tschorsch, 2016; Natarajan, 2017].

Блокчейны изначально были созданы так, чтобы доверие между участниками транзакции (которых далее будем называть также акторами) достигалось за счет использования криптографических алгоритмов. По этой причине в отличие от привычных банковских систем здесь не требуется идентификация отправителя и получателей — убедиться в правомерности сделки может любой на основе публично доступной информации. Акторы скрыты за псевдонимами, которые принято называть адресами. Создание новых адресов ничего не стоит и почти никак не ограничено. Поэтому один актер вполне может владеть (т.е. обладать приватным ключом, дающим право распоряжаться средствами) несколькими сотнями таких адресов-псевдонимов.

Однако быстро выяснилось, что именно по этим причинам блокчейны стали весьма популярны на сером и черном рынках. К примеру, в [Foley, 2019] объем транзакций, связанных с нелегальными сделками, в 2019 г. оценивался в 76 млн. долларов США, что составляло 46% от общего объема. Монетарные и фискальные власти достаточно быстро перешли к жесткой регуляции рынка криптоактивов. Сейчас все легальные игроки на этом рынке обязаны выполнять набор процедур по уточнению источников поступления средств. В силу этого весьма актуальной стала проблема разработки алгоритмических подходов к анализу истории транзакций, которые сейчас принято объединять под названием *know-your-transaction* (KYT). Важнейшую роль в таком анализе играют две тесно связанные задачи: кластеризация адресного пространства, которая позволяет с высокой степенью уверенности выделить адреса, принадлежащие одному и тому же актору, и классификация адресов на «хорошие» и «плохие» (с регулятивной точки зрения). Связь задач объясняется тем, что если в кластере адресов хотя бы один или два являются плохими, то тогда и все остальные из осторожности также следует считать неблагонадежными, а транзакции от них отклонить. Другими словами, свойство быть хорошим или плохим характеризует акторов, а не отдельные адреса.

Для решения задачи кластеризации в отдельности было предложено множество т.н. эвристик. Формально их можно считать вырожденными решающими правилами, выполняющими кластеризацию на основе некоторого типичного поведенческого паттерна. Эвристики не предполагают настройки параметров в результате обучения. Несмотря на кажущуюся примитивность, они показали достаточно высокую эффективность на практике. Более того, грубая эвристическая кластеризация часто служит первым этапом в построении более сложного инструментария, в которой уже используется современное машинное обучение. В настоящей статье будет дан обзор именно таких моделей, пригодных для автоматизации KYT-процедур.

Для дальнейшего изложения нам понадобятся всего две эвристики: эвристика множественных входов (*multiple input* или *common spending*) и эвристика сдачи (*change address*). Обе они применяются только к блокчейнам с УТХО-моделью, к которым принадлежит, к примеру, Bitcoin. Первая эвристика основана на том, что если у транзакции несколько входов, то скорее всего, они принадлежат одному и тому же актору в силу особенностей процедуры подписи транзакции. Вторая эвристика связана с тем, что в УТХО-блокчейнах все входы транзакции должны быть потрачены полностью, из-за чего у отправителя часто возникает потребность переводить размен на какой-нибудь из своих адресов. Подробнее об эвристике множественных входов см. в [Harrigan, 2016], вторая была впервые подробно описана в [Meiklejohn, 2013].

Другой взгляд на проблему KYT-анализа можно получить с позиции теории графов. Наиболее полное описание истории транзакций в УТХО-блокчейнах дает граф адресов и транзакций (AT-граф). Он представляет собой двудольный ориентированный граф, в котором различаются вершины-адреса и вершины-транзакции. Ребра могут идти только от адресов отправителей к транзакции, а от нее — к адресам получателей. AT-графы похожи на сети Петри, и действительно, этот формализм был использован в [Pinna, 2018] для теоретического моделирования блокчейнов, однако с точки зрения KYT он не дает никакого особого преимущества. AT-граф заключает в себе всю доступную информацию о совокупности рассматриваемых транзакций, но в силу своей огромной размерности он обычно непригоден для непосредственного анализа и визуализации. Поэтому вместо него часто рассматривается граф адресов (A-граф). Его вершины отождествляются с адресами, а направленные ребра — с транзакциями. Вершина, из которой ребро исходит, соответствует отправителю, а та, в которую оно входит — получателю. В строгом смысле эти конструкции являются мультиграфами, поскольку одни и те же адреса могут участвовать в нескольких различных транзакциях, что порождает кратные ребра. A-графы могут быть построены для любого блокчейна, а не только для тех, которые используют модель УТХО. Как будет показано далее, графовые представления могут дать такие признаки для обучения, которые было бы слишком трудно вычленивать сразу из одного только списка транзакций. Отметим здесь в заключение, что пока терминология для графовых представлений не стала общепризнанной, и поэтому, к примеру, то, что здесь называется A-графом, в других публикациях может называться сетью транзакций (*transaction network*) или как-нибудь еще.

Поскольку далее будет обсуждаться применение методов машинного обучения, остановимся на вопросе о нотации. Для удобства будем использовать короткие аббревиатуры для обозначения стандартных алгоритмов. Так, LR означает логистическую регрессию, RF — лес решающих деревьев, SVM — машину опорных векторов, kNN — метод k ближайших соседей, а ADB и XGB — соответственно мета-алгоритмы AdaBoost и XGBoost. Под RNN понимается recurrent neural net. Там, где используется resampling-алгоритмы для выравнивания диспропорции классов в обучающей выборке, RUS означает random undersampling, ROS — random oversampling, а SMOTE — synthetic minority oversampling technique. Хорошо известные термины (например, PCA или dropout) даются без пояснений. Термины и понятия, для которых пока нет общепотребительных переводов на русский, выделены курсивом.

Методы

Достаточно большое количество работ предлагает использовать аппарат машинного обучения по прецедентам для создания KYT-инструментов, способных различать хороших и плохих акторов. Задача обычно ставится как проблема классификации, где необходимо присвоить каждому актору метку класса. В простейшем случае меток всего две: легальные акторы и злоумышленники, т.е. хорошие и плохие. Но известны модели с более богатым набором меток, например, дополнительно выделяют биржи, игорные сервисы, Darknet-площадки и т.п. В данном разделе описаны сами подходы к построению классификаторов и других моделей машинного обучения, а также их наиболее важные результаты. Метрики качества для тех моделей, для которых они были указаны авторами оригинальных работ, приведены в сводной таблице в конце статьи.

Самой ранней работой по этой тематике, которую удается найти в открытом доступе, по всей видимости является [Yin, 2017]. Там приведено сравнение нескольких базовых алгоритмов классификации применительно к адресному пространству Bitcoin. В качестве исходных данных авторы использовали уже обработанные данные от Chainalysis (достаточно известной сейчас компании, которая занимается проведением KYT-расследований), т.е. адреса уже были кластеризованы и соотнесены с акторами, хотя подробности того, как это было сделано, не раскрываются. В размеченных данных было 874 кластера, в неразмеченных данных — 100 000 кластеров. Эти данные соответствуют истории 395 млн. транзакций. Для каждого адресного кластера (именно они трактовались как наблюдения в этом исследовании) известны различные числовые признаки, связанные со статистикой транзакций и характеристиками активности кластера. Итоговая размерность пространства признаков была равна 99. В размеченных данных используется 12 меток. Применялись обычные техники предварительной обработки (работа с пропущенными значениями, стандартизация и масштабирование и т.п.). В эксперименте участвовало 13 алгоритмов классификации: LR, SVM, RF, kNN, и некоторые другие. Хотя авторы и отмечают сильную диспропорцию классов, они не используют техники resampling. В [Harlev, 2018] и [Sun, 2019] исследован тот же самый набор данных: дизайн эксперимента в этих статьях совпадает с [Yin, 2017], хотя некоторые детали, такие как выбор конкретных алгоритмов или использование resampling-методов, меняются в каждой статье.

В [Shao, 2018] для классификации адресов Bitcoin используется аппарат нейронных сетей. Всего авторами было собрано 8 986 адресов, сгруппированных в 66 уникальных кластеров, что соответствует 350 196 транзакциям, совершенным в период с января 2009 г. по сентябрь 2016. Та часть исходных данных, которая соответствует истории всех транзакций, в которых участвовал каждый адрес, затем была преобразована достаточно сложным образом. В начале авторы используют технику *one-hot encoding* (хотя не поясняют, каким дискретным признакам и атрибутам соответствует это кодирование), а затем, используя аналогию с задачами обработки естественных языков, получают эффективное представление этих закодированных данных в виде векторов фиксированной длины с помощью алгоритма *word2vec*. Затем к этому вектору присоединяют некоторые числовые характеристики транзакций (комиссии, сумма транзакции и т. п.), и подают на вход RNN слоя, чтобы получить векторное представление фиксированной длины для каждого адреса. Наконец, выполняется конкатенация этого вектора со стандартизированными и перемасштабированными статистическими признаками самого адреса, чтобы получить финальное 173-мерное представление. Этот 173-мерный вектор подается на вход трехслойной полносвязной нейронной сети с модифицированными ReLU активациями. В качестве функции эмпирического риска использовалась нестандартная конструкция, названная ими *additive margin softmax*.

Целый ряд работ посвящен использованию для классификации признаков, основанных на анализе графовых представлений транзакций. Например, в [Jourdan, 2018] авторы впервые предложили использовать для обучения данные о графовых мотивах. В строгом смысле, мотивами называются подграфы определенного вида, которые обладают структурной значимостью в контексте рассматриваемой задачи. Конкретно в этой работе n -мотивом называется путь в AT-графе длины $2n$, содержащий n вершин-транзакций (обязательно уникальных) и $n + 1$ вершин-сущностей, которые вообще говоря могут повторяться. В их эксперименте n было не больше 3. Перед выделением мотивов часть адресов в AT-графе была предварительно «свернута» с помощью эвристики множественных входов. В качестве признаков рассматривались количество мотивов определенной формы, размер комиссий, входящие и выходящие потоки BTC, количество уникальных входов и выходов, индексы центральности и проч. Всего было выделено 315 признаков. В использованном наборе данных было 30 331 700 адресов, соответствующих 272 акторам, и 5 меток. Для классификации использовался градиентный бустинг для решающих деревьев (LighGBM) с выбором гиперпараметров на основе байесовской оптимизации.

Идею использования признаков, основанных на мотивах в AT-графе, развивает [Zola, 2019]. Используя данные о примерно 380 млн. транзакций между более чем 1 млрд. адресов (среди которых было выделено 311 акторов), авторы собрали 4 набора обучающих данных, описывающих акторов, адреса, а также 1- и 2-мотивы. Классификация проводилась с 6 метками, причем отмечена типичная для подобных задач диспропорция классов. Предлагается использовать *stacking*-классификатор (хотя в самой статье эту технику называют *cascading*). Сначала выполняется обучение трех независимых базовых классификаторов (были выбраны ADB, RF и XGB) по признакам адресов и мотивов, а затем результаты этих базовых классификаторов были объединены с набором исходных данных об акторах и обучен еще один финальный классификатор. Количество признаков в последнем классификаторе равно 25. В качестве алгоритмов для финальной классификации используется один из трех базовых. Для сравнения авторы также выполнили классификацию каждым алгоритмом на основе только лишь признаков самих акторов. Оказалось, что добавление признаков о мотивах позволило значительно увеличить F_1 метрику качества. Вычисление коэффициентов значимости (*importance scores*) признаков также подтвердило высокую значимость признаков на основе мотивов.

Еще одной работой, где используются графовые мотивы, является [Wu, 2021], посвященная идентификации адресов миксеров. Миксерами называются специальные сервисы, созданные для дополнительной обфускации движения средств между адресами. Они возникли как ответ на первые работы, показавшие, что Bitcoin вовсе не обеспечивает полной анонимности. В качестве исходных данных там рассматривалась история примерно 1 500 000 транзакций с ноября 2014 г. по январь 2016 г. Размеченные адреса составляли всего 0.19% от всех адресов, участвовавших в анализируемых транзакциях.

По полученным данным были построены A- и AT-графы. Авторы развивают концепцию ограниченных во времени мотивов (*temporal motifs*), т.е. они ищут только такие подграфы, в которых ребра возникают в одной и той же последовательности и могут иметь временные метки, различающиеся не более чем на заданную величину. Статистическую значимость мотивов вычисляли с помощью z-статистики, используя реальную частоту наблюдения мотива, а также ожидание и среднееквадратичное отклонение для частоты того же мотива в случайном графе (последние две величины оценивались по 100 реализациям специальной конфигурационной модели). Числовые признаки, которые использовались для классификации, были поделены на 3 группы. В первую попали 17 признаков, основанных на собранных статистических данных о мотивах и общих свойствах A-графа. Помимо этого, было еще 6 признаков для описания активности адресов, типа общего количества входящих и исходящих транзакций, а также их полные суммы и т.п. Наконец, к последней группе относились 6 признаков, описывающих роли адресов в т.н. транзакционных циклах (подробнее см. оригинальную статью), к примеру, среднее время между первой и последней транзакциями в цикле.

Задача рассматривалась как бинарная классификация. Чтобы преодолеть проблему крайне сильной диспропорции классов, авторы развивают свой оригинальный метод обучения. Коротко, их идея сводится к тому, чтобы сначала из размеченных данных выбрать объекты, которые почти наверняка не

относятся к миксерам, а затем с помощью этих объектов уже обучать классификатор. Для первого этапа используется обычная LR. На втором этапе используется еще одна LR со взвешенной по количеству объектов каждого класса функцией эмпирического риска. Эта обученная модель применяется ко всем оставшимся неразмеченным объектам.

Другой заслуживающий упоминания подход к поиску дополнительных признаков был описан в [Toyoda, 2019]. Там было предложено использовать для классификации признаки временной активности адресов. Целью работы была идентификация мошеннических HYIP (*high yield investment program*). Данные были собраны и размечены ими вручную. Эксперимент проводился в двух вариантах: в одном классификацию выполняли непосредственно по адресам и их признакам, во втором — адреса вначале были кластеризованы с помощью эвристики множественных входов, а признаки некоторым образом агрегированы. Независимо от схемы, для каждого адреса, подвергнутого анализу, из блокчейна извлекались все транзакции, в которых этот адрес выступал в качестве входа или выхода. Всего в размеченной части данных было 955 акторов. В качестве алгоритмов классификации авторы используют RF, XGB, SVM с RBF-ядром, kNN и очень простую трехслойную нейронную сеть с одним скрытым слоем. В [Toyoda, 2018] эти же авторы обсуждали почти ту же самую модель, но с большим количеством меток классов.

Идеи [Toyoda, 2019] развивает [Lin, 2019], добавив к базовым признакам характеристики активности адресов, под которыми понимается время между самой ранней и самой поздней транзакциями, где участвует адрес. Также вычисляются полное количество принятых и отправленных BTC, их долларовой эквивалент, среднее значение и среднеквадратичное отклонение баланса адреса (в BTC и USD). Наконец, к этому добавляются моменты, вычисленные по массивам характеристик, собранным за все время активности адреса. К примеру, если адрес участвует в 6 транзакциях, то массив будет содержать 6 наблюдений. Мотивация для использования моментов сводится к тому, что ожидание, дисперсия, асимметрия и эксцесс дают некоторую информацию о форме распределения (хотя в теории вероятностей хорошо известно, что моменты не всегда единственным образом определяют распределение). Оценка значимости признаков (по дополнительной информативности, *information gain*), показала, что из 10 наиболее важных признаков 6 были предложены именно в данной статье. Эксперимент использует 8 классификаторов, среди которых LR, SVM, ADB, RF, XGB, LightGBM и простая нейронная сеть (4 полносвязных слоя по 512 элементов с batch norm и dropout).

Выше уже было показано, что использование признаков, полученных с помощью вычислений на графах, позволяет зачастую улучшить качество классификации и выявить нетривиальные поведенческие паттерны, соответствующие нелегальной активности. Существует отдельная группа методов и техник — вложения графов (*graph embeddings*), — которая позволяет систематически и без ручной работы извлекать конечномерные векторные описания вершин в графах. Обзор этих методов выходит за рамки настоящего изложения, подробности см., например, в [Hamilton, 2017; Cai, 2018; Goyal, 2018] и цитированной там литературе. Такой подход оказался весьма плодотворен при решении рассматриваемых задач классификации адресов и акторов.

В [Hu, 2019] приведено сравнение результатов, которые можно получить с помощью рандомизированных методов вложения графов. В качестве референсных были взяты модели с обычными признаками, подготовленными вручную (всего 14 признаков). Задача рассматривалась как бинарная классификация, где нужно было выделить подозрительные транзакции (этим работа отличается от всех остальных, где классификация выполнялась для адресов или акторов). Авторы сравнили 4 модели: графовый аналог kNN, классификатор ADB по базовым признакам, классификатор ADB на основе объединенного описания из базовых признаков и числовых признаков графовых вложений, и, наконец, ансамбли, где в качестве базовых рассматривались классификаторы отдельно по «ручным» и графовым признакам. В качестве базового классификатора для ансамблей использовался ADB с одним решающим деревом. Всего в графе было 37 907 769 обычных транзакций и 7 461 895 связанных с отмыванием денег, что вместе составляло всего 27.3% от всех зафиксированных за этот срок транзакций. Первые две модели показали весьма посредственное качество. Наивный графовый kNN, к примеру, имеет F_1 всего 0.09, что неприемлемо мало. Классификатор на основе графовых вложений оказался заметно лучше. Ансамбль позволил еще немного улучшить качество классификации. В дополнение к этому авторы провели интересный дополнительный тест обобщающей способности: они изучили, насколько хорошо тестируемые модели могут различать транзакции от миксеров, которые не были предъявлены во время обучения, подробности см. в оригинальной статье.

Похожая методика была опробована в [Liang, 2019] для выявления адресов крупных бирж. Задача также рассматривалась как бинарная классификация. Исходные данные — 1 356 519 транзакций с участием 3 100 148 уникальных адресов. Судя по тексту, эвристики кластеризации не использовались. Всего была выделена 121 торговая площадка с 69 224 адресами, которые участвовали в 89 085 транзакциях. Для снижения диспропорции меток применялся RUS. Для графового вложения использовалась рандомизированная техника DeepWalk. Классификация выполнялась с помощью 5 моделей: примитивная нейронная сеть с одним скрытым слоем, линейный SVM, LR, RF и обычное решающее дерево.

В [Weber, 2019] были приведены результаты первого применения сетей с графовой сверткой (*graph convolution network*, GCN) к проблеме классификации адресов в сети Bitcoin. В качестве референсных моделей рассматривались LR, RF и простая нейронная сеть с одним внутренним слоем. Поскольку дизайн эксперимента предполагал изучение динамики A-графов, также была апробирована

специализированная архитектура EvolveGCN. В [Alarab, 2020] отталкиваются от работы [Weber, 2019], предлагая несколько видоизмененную архитектуру самой нейронной сети — она включает в себя дополнительные слои и использует другую нормализацию матрицы смежности (это мотивируется тем, что изначально GCN были созданы для неориентированных графов с симметрической матрицей Лапласа, а графы транзакций ориентированны).

Наконец, в [Oliveira, 2021] развивают методику [Weber, 2019] с помощью дополнительных признаков, полученных с помощью специального случайного блуждания по графу транзакций, которые было названо ими GuiltyWalker. Суть метода достаточно проста: начиная с какой-нибудь вершины (из заданного списка) случайным образом с равной вероятностью выбирается одну из предшествующих вершин (т.е. блуждание распространяется против направлений ребер), продолжая до тех пор, пока либо не останется подходящих вершин, либо пока не встретится вершина, имеющая метку плохой. Блуждание разворачивается назад во времени, от более поздних к более ранним транзакциям. В силу природы данных, у любого блуждания всегда будет терминальная точка, т.е. бесконечное блуждание невозможно. Успешным считается блуждание, которое окончилось на нелегальной транзакции. Требуемое число таких успехов является гиперпараметром. Поскольку не от всякой транзакции можно, двигаясь назад, достичь нелегальной, то авторы специально в начале работы определяют вершины, для которых успех возможен, с помощью вспомогательных методов обхода графов. Траектории моделируются до тех пор, пока не будет получено заданное количество успешных.

На основе результатов моделирования набора таких выборочных траекторий вычисляются новые признаки транзакций. Среди них дескриптивные статистики длины траекторий, доля успешных траекторий от общего числа траекторий, испущенных из данной вершины, и количество уникальных терминальных вершин. Дизайн эксперимента такой же, как и [Weber, 2019]. В качестве референса использовалась классификация RF с фиксированными гиперпараметрами. Вычисления повторялись для исходного набора признаков, для признаков только из GuiltyWalker и для объединенного описания. Чтобы еще улучшить результат, был проведен отбор признаков с помощью перестановочного теста (*permutation importance*), и 5 наиболее значимых признаков, выделенных с помощью GuiltyWalker, были объединены с исходными. Именно эта схема в итоге показала лучший результат. Авторам действительно удалось немного улучшить результат [Weber, 2019], от которой они отталкивались.

В [Pocher, 2022] было приведено сравнение современных методов анализа графов нейронными сетями со стандартными методами машинного обучения. В сравнении участвовали LR, RF, SVM, kNN, ADB, GCN и еще одна интересная архитектура — *graph attention network* (GAT). Архитектура GAT использует механизм внимания, который до этого помог добиться существенного продвижения в задачах машинного перевода. В описанном эксперименте лучший результат показала GCN, в то время как GAT оказалась лишь на третьем месте с результатом, сравнимым с обычным решающим деревом. Тем не менее, эта работа, насколько можно судить, является первым примером использования архитектуры GAT для задач KYT-исследований, и, как отмечают сами авторы, результат вполне возможно будет лучше при использовании большего количества внутренних слоев (в самой статье был всего один специальный графовый слой).

Всюду выше речь шла только о задачах классификации. Еще одна группа методов для поиска нелегальных транзакций и плохих адресов, которая относится уже к обучению без учителя — это поиск аномалий и выбросов. Основная идея заключается в том, что нелегальные транзакции должны по ряду признаков значительно отличаться от обычных легальных транзакций. Если представить себе транзакции как точки в многомерном пространстве признаков, то такие атипичные транзакции должны соответствовать разреженной периферии, далеко отстоящей от плотных скоплений нормальных транзакций. Для поиска аномалий используются самые различные техники: варианты *local outlier factor* (LOF), SVM с одним классом, изолирующие леса и эллиптические огибающие. Учитывая тесную связь KYT-анализа с графами, упомянем также о том, что существует особый набор техник для поиска аномалий в графах, хотя не удалось найти примеры их использования именно для поиска подозрительных транзакций, адресов и акторов в блокчейнах.

Более систематическое сравнение нескольких методов выявления аномалий дано в [Pham, 2016]. В качестве данных для своего эксперимента они использовали историю транзакций в сети Bitcoin вплоть до 7 апреля 2013 г., что соответствует 6 336 769 акторов и 37 450 461 транзакций. Признаки были выделены вручную и включали в себя степени и полустепени вершин, средние времен между транзакциями, балансы адресов, время активности и несколько других. Для выявления аномалий использовался метод *k*-средних (обучение выполнялось лишь по нескольким базовым признакам) с $k = 7$, по результатам которого опционально вычислялся LOF. Тем не менее, из 30 недавних на тот момент времени (2016 г.) краж их метод смог выявить только одну релевантную аномалию.

В [Monato, 2016] было приведено исследование методики поиска аномалий с помощью предварительной кластеризации. Было выделено 14 признаков, собранных в 3 группы: дескриптивные статистики посланных и принятых сумм BTC, характеристики вершин в A-графе (степени вершин, коэффициенты кластеризации, количество треугольников с данной вершиной) и характеристики локального окружения вершин в нем же. Сравнивались два алгоритма кластеризации: привычный алгоритм *k*-средних и его робастная модификация, более устойчивая к иррегулярным формам кластеров. Сразу же следует оговориться, что кластеризация используется только как промежуточный этап для поиска аномалий. Этот

подход достаточно спорен, что, впрочем, признают и сами авторы. Количество кластеров (т.е. параметр k) определялось с помощью прямого перебора и оценки внутрикластерного рассеяния. В итоге было выбрано $k = 8$. В качестве аномалий в обоих случаях рассматривались объекты, которые были наиболее удалены от соответствующего центроида (т.е. дизайн эксперимента в целом очень напоминает предыдущую работу). Результаты эксперимента оказались неоднозначными. Так, из 30 известных случаев кражи BTC алгоритм смог выявить в лучшем случае 5.

В [Prado-Romero, 2018] был описан алгоритм для выявления адресов Bitcoin-миксеров с помощью поиска аномалий. В основе лежала простая идея о том, что миксер в силу специфики своей работы должен нарушать естественное разбиение E-графа на сообщества, поскольку миксер связывает транзакциями акторов, которые в привычных для них обстоятельствах вряд ли бы взаимодействовали. На первом этапе к A-графу после использования эвристики множественных входов применяется лувенский алгоритм (*Louvain method for community detection*), хотя, разумеется, любой другой современный алгоритм поиска сообществ тоже подошел бы. Затем внутри каждого сообщества подсчитывается усредненное расстояние между вершинами. Показатель аномальности для каждой вершины v теперь вычисляется как количество таких пар вершин (v, u) , где u принадлежит тому же сообществу S , что и v , для которых расстояние между ними превосходит усредненное значение для S . Чтобы протестировать свой подход, авторы собрали два небольших (примерно по месяцу) фрагмента из истории транзакций за 2012 и 2013 гг. В качестве контрольной группы они рассматривали всего 6 адресов, которые скорее всего принадлежали миксерам по результатам исследования [Möser, 2013].

В [Nan, 2018] для решения той же самой задачи поиска адреса миксеров в сочетании с алгоритмами поиска аномалий была использована техника вложения графов. Здесь апелляция к поиску аномалий была обоснована тем, что миксер занимает особенное положение в графе транзакций: он служит точкой сопряжения или мостом между несколькими несвязанными между собой сообществами адресов, принадлежащих конечным пользователям сервиса. Авторы утверждают, что этот вывод был основан на анализе нескольких известных миксеров, хотя данные [Möser, 2013], где был описан масштабный эксперимент по изучению устройства миксеров, не подтверждает эту гипотезу полностью. Там действительно часто можно найти вершину, играющую роль моста, но неясно, исчерпывает ли это все адреса, принадлежащие миксеру и активно используемые им в работе. Для эффективного представления структуры графа использовался подход на основе популярной архитектуры *encoder—decoder*. После получения векторных представлений вершин к ним применялся обычный метод k -средних с $k = 15$. Наконец, по результатам этой вспомогательной кластеризации вычисляются значения *local outlier probability* (LoOP) и вершины с наибольшими значениями этого параметра объявляются миксерами. Для предварительной кластеризации использовалась эвристика множественных входов. Оказалось, что вычисленные значения LoOP для 4 известным им адресов миксеров были заметно выше чем среднее значение LoOP по всем адресам: не менее чем 0.81 против 0.32.

Тут следует отметить, что в отличие от обучения по прецедентам, для работ, использовавших кластеризацию и поиск аномалий, крайне трудно адекватно оценить точность и эффективность. Если такой анализ вообще проводился, то он был ситуативным и подходил только для данных, описанных в конкретной статье. Вообще, сама концепция поиска нелегальной активности через выявления аномалий и выбросов может быть не совсем верна, поскольку потенциальные злоумышленники наоборот стремятся сделать свои действия незаметными на фоне других транзакций, имитировать нормальное поведение. К примеру, в [Lorenz, 2020] была обнаружена именно такая картина: известные нелегальные объекты в выборке были плотно окружены нормальными транзакциями.

В заключение, в силу нехватки места, лишь кратко отметим еще несколько работ, содержащих интересные подходы. Так, [Lorenz, 2020] использует парадигму активного обучения, т.е. в изначальном наборе данных, в котором размечена лишь небольшая часть объектов (или нет разметки вовсе), на основе некоторого алгоритма выделяется порция объектов, которые предлагаются для изучения и разметки аналитику. Эти новые объекты используются для переобучения вспомогательной прецедентной модели, и процедура повторяется до тех пор, пока не будут достигнуто удовлетворительные качество на некоторой отложенной выборке. В [Remy, 2018] был предложен оригинальный способ улучшения кластеризации адресов на основе поиска сообществ в графах.

Все упомянутые работы были посвящены сети Bitcoin, что, впрочем, вполне понятно, учитывая долю в совокупной капитализации всех криптоактивов. Тем не менее, для второй по значимости сети, Ethereum, исследования такого рода тоже проводились. В ней используется модель транзакций, отличная от UTXO, и популярная эвристика множественных входов неприменима. Следует отметить работу [Poursafaei, 2020]. Там в исходных данных было 53 087 адресов, участвовавших в 18 686 447 транзакций. Каждый объект в обучающей выборке характеризуется 54 признаками, которые условно разделены на группы: общие признаки (баланс, время активности), соседство (степени соответствующих вершин в A-графе), локальные признаки (дескриптивная статистика типа минимум, максимум, среднее и среднеквадратичное отклонение по количеству входящих и исходящих транзакций и суммам) и временные характеристики (дескриптивная статистика по временам между последовательными транзакциями). К этим признакам применялся метод PCA для ортогонализации в пространстве признаков, чтобы устранить возможную коллинеарность. Классификация понималась в бинарном смысле (хороший или плохой). Поскольку классы сильно диспропорциональны — известных плохих адресов значительно меньше, —

также были опробованы разные методы resampling. Использовались следующие алгоритмы: LR, линейная SVM, ADB и RF. В [Chen, 2018] была предложена модель для выявления мошеннических схем в сети Ethereum. Важную роль там играли признаки, полученные по статистике движения эфира (*ether*) — специального ресурса, играющего важную роль в функционировании смарт-контрактов. В [Tam, 2019] архитектура GCN с некоторыми дополнительными техниками была, среди прочего, применена к данным из сети Ethereum, показав достаточно хорошее качество прогноза в классификации с 7 метками.

Заключение

Здесь собраны данные по качеству прогноза моделей из упоминавшихся статей, где обучение выполнялось по данным с разметкой. Сразу же отметим, что прямое сравнение не всегда корректно, поскольку дизайн экспериментов очень сильно различался от одной публикации к другой. Если явно не оговорено обратное, то числа в таблице означают F_1 метрику. Она представляет собой геометрическое среднее точности (*precision*) и чувствительности (*recall*, *true positive rate*, TPR). Иногда используется также *false positive rate* (FPR). Нужно помнить, что для задач, где было больше двух классов, есть разные способы усреднения этих метрик (*macro-average* и *micro-average*). Здесь это различие не отмечено, поскольку в некоторых работах приводят оба значения, а в некоторых — только одно, причем без всяких пояснений о методе усреднения. В таблицу внесены только несколько лучших моделей, если в статье было опробовано их несколько.

Yin, Vatrupa, 2017	XGB 0.8056
Chen et al., 2018	XGB 0.86
Harlev et al., 2018	RF 0.67, bagging 0.72, SMOTE+boosting 0.76
Jourdan et al., 2018	LightGBM 0.91
Toyoda, Mathiopoulos, Ohtsuki, 2019	RF 0.9433 (TPR), 0.0641 (FPR)
Weber et al., 2019	RF 0.759, GCN 0.628, EvolveGCN 0.72
Hu et al., 2019	ADB 0.94, ensemble 0.95
Liang et al., 2019	RF 0.91
Lin et al., 2019	LightGBM 0.87
Tam et al., 2019	LR 0.652, boosting 0.6995
Zola et al., 2019	RF 0.98, XGB 0.9968
Alarab, Prakoonwit, Nacer, 2020	GCN 0.773
Lorenz et al., 2020	XGB 0.76, RF 0.83
Poursafaei, Hamad, Zilic, 2020	ROS+RF 0.995, ROS+ADB 0.998
Oliveira et al., 2021	RF 0.85
Wu et al., 2021	оригинальный алгоритм 0.7874 (TPR), 0.0991 (FPR)
Pocher et al., 2021	GAT 0.723, RF 0.782, GCN 0.844

Таблица: Оценка качества прогноза в разных моделях

Основной вывод, который можно сделать из этой таблицы — проблема выявления акторов с плохой репутацией, которые скорее всего замешаны в противоправном движении криптоактивов, и принадлежащих им адресов вполне может быть решена на должном уровне качества при использовании тщательно подобранных моделей. Особенно перспективными здесь выглядят глубокие нейронные сети для графов, в частности, различные специализированные GCN. Основным препятствием является не концептуальная сложность задачи, а скорее нехватка качественно размеченных данных — почти всем авторам приходилось использовать либо уже готовые разметки небольшого размера, либо использовать свой собственные *ad hoc* инструменты.

Развитием инструментов для выполнения KYT-анализа сейчас вполне успешно занимаются многие компании. Помимо упомянутой в самом начале Chainalysis, это CipherTrace, Elliptic, Bitfury (проект Crystal), IdentityMind, Scorechain, Traceer, Blockseer. Развитие алгоритмических подходов к классификации адресов и акторов в сочетании с другими специализированными методами цифровой криминалистики (*digital forensics*) вполне могут стать решающим шагом на пути к институционализации рынка криптоактивов и превращения его в полноценную часть мировой финансовой системы.

Литература

1. Alarab I., Prakoonwit S., Nacer M. I. Competence of graph convolutional networks for anti-money laundering in Bitcoin blockchain // Proceedings of the 2020 5th International conference on machine learning technologies. – 2020. – С. 23-27.
2. Cai H., Zheng V. W., Chang K. C. C. A comprehensive survey of graph embedding: Problems, techniques, and applications // IEEE transactions on knowledge and data engineering. – 2018. – Т. 30. – №. 9. – С. 1616-1637.
3. Chen W. et al. Detecting Ponzi schemes on Ethereum: Towards healthier blockchain technology // Proceedings of the 2018 World Wide Web conference. – 2018. – С. 1409-1418.

4. Foley S., Karlsen J. R., Putniņš T. J. Sex, drugs, and bitcoin: How much illegal activity is financed through cryptocurrencies? // *The Review of Financial Studies*. – 2019. – Т. 32. – №. 5. – С. 1798-1853.
5. Goyal P., Ferrara E. Graph embedding techniques, applications, and performance: a survey // *Knowledge-Based Systems*. – 2018. – Т. 151. – С. 78-94.
6. Hamilton W. L., Ying R., Leskovec J. Representation learning on graphs: Methods and applications // *arXiv:1709.05584*. 2017.
7. Harlev M. A. et al. Breaking Bad: De-anonymising entity types on the Bitcoin blockchain using supervised machine learning // *The 51st Hawaii International Conference on System Sciences*. HICSS 2018. – 2018. – С. 3497-3506.
8. Harrigan M., Fretter C. The unreasonable effectiveness of address clustering // *2016 Intl IEEE conferences on ubiquitous intelligence & computing, advanced and trusted computing, scalable computing and communications, cloud and big data computing, internet of people, and smart world congress*. – 2016. – С. 368-373.
9. Hu Y. et al. Characterizing and detecting money laundering activities on the Bitcoin network // *arXiv:1912.12060*. – 2019.
10. Jourdan M. et al. Characterizing entities in the Bitcoin blockchain // *2018 IEEE International conference on data mining workshops (ICDMW)*. – 2018. – С. 55-62.
11. Liang J. et al. Bitcoin exchange addresses identification and its application in online drug trading regulation. // *23rd Pacific Asia Conference on Information Systems: Secure ICT Platform for the 4th Industrial Revolution, PACIS 2019*. – 2019.
12. Lin Y. J. et al. An evaluation of Bitcoin address classification based on transaction history summarization // *2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*. – 2019. – С. 302-310.
13. Lorenz J. et al. Machine learning methods to detect money laundering in the Bitcoin blockchain in the presence of label scarcity // *Proceedings of the first ACM international conference on AI in finance*. – 2020. – С. 1-8.
14. Meiklejohn S. et al. A fistful of Bitcoins: characterizing payments among men with no names // *Proceedings of the 2013 conference on Internet measurement conference*. – 2013. – С. 127-140.
15. Monamo P., Marivate V., Twala B. Unsupervised learning for robust Bitcoin fraud detection // *2016 Information Security for South Africa (ISSA)*. – 2016. – С. 129-134.
16. Möser M., Böhme R., Breuker D. An inquiry into money laundering tools in the Bitcoin ecosystem // *2013 APWG eCrime researchers summit*. – 2013. – С. 1-14.
17. Nan L., Tao D. Bitcoin mixing detection using deep autoencoder // *2018 IEEE Third international conference on data science in cyberspace (DSC)*. – 2018. – С. 280-287.
18. Narayanan A. et al. *Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction*. – Princeton University Press, 2016.
19. Natarajan H., Krause S., Gradstein H. *Distributed ledger technology and blockchain*. FinTech Note No. 1. – Washington, DC: World Bank, 2017.
20. Oliveira C. et al. GuiltyWalker: Distance to illicit nodes in the Bitcoin network // *arXiv:2102.05373*. – 2021.
21. Pham T., Lee S. Anomaly detection in the Bitcoin system – a network perspective // *arXiv:1611.03942*. – 2016.
22. Pinna A. et al. A Petri nets model for blockchain analysis // *The Computer Journal*. – 2018. – Т. 61. – №. 9. – С. 1374-1388.
23. Pocher N. et al. Detecting anomalous cryptocurrency transactions: an AML/CFT application of machine learning-based forensics // *arXiv:2206.04803*. – 2022.
24. Poursafaei F., Hamad G. B., Zilic Z. Detecting malicious Ethereum entities via application of machine learning classification // *2020 2nd Conference on Blockchain Research & Applications for Innovative Networks and Services (BRAINS)*. – 2020. – С. 120-127.
25. Prado-Romero M. A., Doerr C., Gago-Alonso A. Discovering Bitcoin mixing using anomaly detection // *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications: 22nd Iberoamerican Congress, CIARP 2017, Valparaíso, Chile, Proceedings 22*. – Springer International Publishing, 2018. – С. 534-541.
26. Remy C., Rym B., Matthieu L. Tracking Bitcoin users activity using community detection on a network of weak signals // *Complex Networks & Their Applications VI: Proceedings of Complex Networks 2017*. – Springer International Publishing, 2018. – С. 166-177.
27. Shao W. et al. Identifying Bitcoin users using deep neural network // *Algorithms and Architectures for Parallel Processing: 18th International Conference, ICA3PP 2018, Guangzhou, China, Proceedings, Part IV 18*. – Springer International Publishing, 2018. – С. 178-192.
28. Sun Yin H. H. et al. Regulating cryptocurrencies: a supervised machine learning approach to de-anonymizing the Bitcoin blockchain // *Journal of Management Information Systems*. – 2019. – Т. 36. – №. 1. – С. 37-73.

29. Tam D. S. H. et al. Identifying illicit accounts in large scale E-payment networks – A graph representation learning approach // arXiv:1906.05546. – 2019.
30. Toyoda K., Mathiopoulos P. T., Ohtsuki T. A novel methodology for HYIP operators' Bitcoin addresses identification // IEEE Access. – 2019. – Т. 7. – С. 74835-74848.
31. Toyoda K., Ohtsuki T., Mathiopoulos P. T. Multi-class Bitcoin-enabled service identification based on transaction history summarization // 2018 IEEE international conference on Internet of things, green computing and communications, social computing and smart data. – 2018. – С. 1153-1160.
32. Tschorsch F., Scheuermann B. Bitcoin and beyond: A technical survey on decentralized digital currencies // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2016. – Т. 18. – №. 3. – С. 2084-2123.
33. Weber M. et al. Anti-money laundering in Bitcoin: Experimenting with graph convolutional networks for financial forensics // arXiv:1908.02591. – 2019.
34. Wu J. et al. Detecting mixing services via mining Bitcoin transaction network with hybrid motifs // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems. – 2021. – Т. 52. – №. 4. – С. 2237-2249.
35. Yin H. S., Vatraru R. A first estimation of the proportion of cybercriminal entities in the Bitcoin ecosystem using supervised machine learning // 2017 IEEE international conference on big data (Big Data). – 2017. – С. 3690-3699.
36. Zola F. et al. Cascading machine learning to attack bitcoin anonymity // 2019 IEEE International Conference on Blockchain. – 2019. – С. 10-17.

Д. А. Зенюк

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Москва

eldrich@yandex.ru

Ключевые слова: блокчейн, криптоактивы, анонимность, классификация, кластеризация, графовые свертки.

Dmitry A. Zenyuk, Identification of Suspicious Addresses in Public Blockchains: a Survey

Keywords

blockchain, cryptoassets, anonymity, classification, clusterization, graph convolutions.

DOI: 10.34706/DE-2024-03-06

JEL classification: C65, E42

Abstract

The paper surveys techniques for identification of potentially malicious addresses in public blockchains based on machine learning, foremost, classification methods. This problem is especially important now, when all legal platforms must abide to strict rules and verify sources of every processed transaction. Despite seeming anonymity of Bitcoin and similar systems, algorithms based on recent advances in machine learning and AI with thorough feature selection demonstrate quite good quality. Exposition is mainly given for Bitcoin network, but several interesting examples for Ethereum are also mentioned.

УДК: 339.13.024

1.7. Тренды, тенденции и перспективы розничной торговли в России

Эдер А.В., Загайнов А.В.,
K2Тех, Москва, Россия

В статье рассматриваются основные тренды, тенденции и перспективы развития розничной торговли в России. Представлен всесторонний анализ эволюции отечественного розничного рынка, обусловленной экономическими, демографическими и технологическими изменениями. В статье выделяются ключевые тренды потребительского поведения, такие как разумный подход к тратам, растущее влияние поколения Z, предпочтительный выбор отечественных товаров, ответственное отношение к здоровью и к окружающей среде. Особое внимание уделяется важности цифровой трансформации в розничной торговле и омниканальному подходу. Авторами была представлена особая группа потребителей – «взломщики цен», которые тщательно ищут лучшие на рынке предложения через доступные каналы продаж. Приведены данные о влиянии инфляции, уровня безработицы, прироста реальной заработной платы и темпов кредитования населения на структуру потребительских расходов. Представлены три авторских прогноза развития розничной торговли в России до 2030 года: оптимистичный, реалистичный и пессимистичный. Оптимистичный прогноз предполагает, что рост доходов населения и повышение покупательской способности, а также адаптация розничной торговли к новым условиям приведут к устойчивому росту отрасли. Реалистичный прогноз основан на постепенной адаптации розничной торговли к текущим вызовам, с умеренным ростом и развитием новых форматов торговли. Пессимистичный прогноз рассматривает самый драматический сценарий развития событий, при котором розничная торговля столкнется со стагнацией под влиянием новых ограничений и вызовов.

1. Введение

Розничная торговля как одна из важнейших отраслей является частью государственной социально-экономической политики, направленной на обеспечение населения доступными товарами и услугами. Согласно Доктрине продовольственной безопасности России, основными задачами обеспечения продовольственной безопасности независимо от изменения внешних и внутренних условий является развитие многоформатной, высококонкурентной инфраструктуры розничной торговли.

В настоящее время существуют определенные препятствия, оказывающие негативное влияние на развитие розничной торговли: экономические санкции, геополитическая напряженность, замедление экономического роста, инфляция и снижение реальных доходов населения. Тем не менее, ряд факторов могут стать катализаторами для роста отрасли: государственная поддержка, стратегия импортозамещения, цифровизация экономики, расширение онлайн-торговли, переход к новым форматам реализации товаров и укрепление позиций отечественных брендов на рынке.

Коллектив авторов в данной статье поставили перед собой цель описать основные тренды и тенденции в розничной торговле России и на основе собственного опыта и экспертного мнения представить три прогноза развития: оптимистичный, реалистичный и пессимистичный.

2. Обзор рынка

2.1. Динамика реального ВВП России

За последние пять лет российская экономика столкнулась с рядом серьезных внешних и внутренних вызовов, которые, несмотря на свою сложность, открывают перспективы для ускорения социально-экономического развития [Плотникова, 2023]. В 2020 г. под воздействием глобальной пандемии коронавируса (COVID-19) произошла структурная перестройка экономики (рисунок 1). В 2022 г. – очередная фаза структурной перестройки, в результате которой валовой внутренний продукт (ВВП) снизился на 2,7% по сравнению с предыдущим годом, что было вызвано рядом неблагоприятных факторов, включая изменения во внешнеэкономической политике, экономические санкции и значительные колебания валютных курсов.

В 2023 г. экономическая активность начала постепенно восстанавливаться благодаря увеличению государственных инвестиций в новые проекты и росту промышленного производства, которое достигло максимальных показателей за последнее десятилетие. Дополнительным стимулом для восстановления послужил рост объема потребительского кредитования, однако это также привело к увеличению инфляции и ослаблению курса рубля. В ответ на эти вызовы Банк России в течение 2023 г. повысил ключевую

ставку более чем в два раза, с 7,5% до 16,0%, чтобы сдержать инфляцию, вызванную превышением спроса над производственными возможностями экономики.

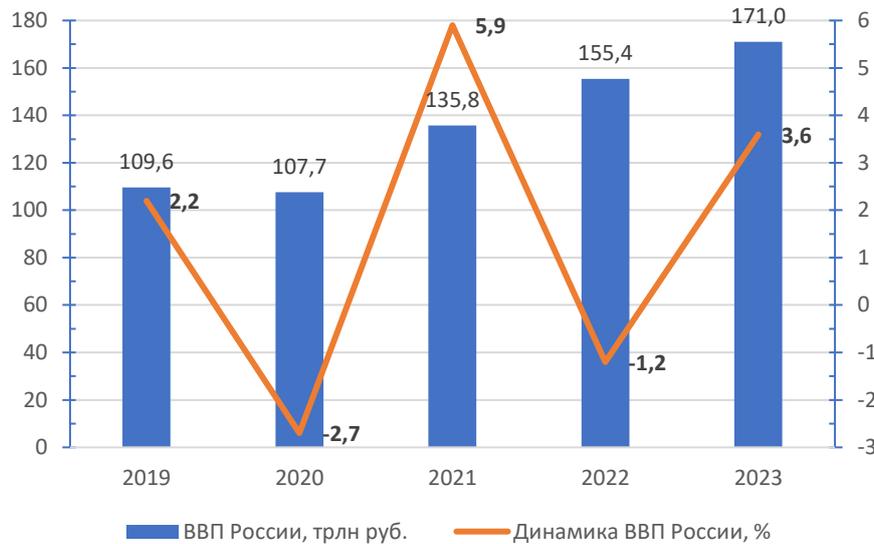


Рисунок 1. Динамика реального ВВП России по годам в текущих ценах

2.2. Потребительская и продовольственная инфляция

Ключевым фактором ужесточения денежно-кредитной политики (ДКП) Банка России является повышенный внутренний спрос, который превышает возможности рынка по расширению предложения [Кастрюлева, 2024]. С 2015 г. целью регулятора стало снижение годовой инфляции до 4%, что соответствует медианному уровню среди стран с развивающимися рынками (СФР), и, хотя это значение выше, чем в развитых странах (1-3%), оно учитывает специфику ценообразования и структуру российской экономики, а также мировой опыт таргетирования инфляции (рисунок 2).



Рисунок 2. Зависимость инфляции от ключевой ставки Банка России и прироста объема кредитования физических лиц-резидентов

Как показывают данные, объемы кредитования населения стимулируют внутренний спрос. По статистике Банка России, к концу первого квартала 2024 г. общий объем ссуд населения составил 36 трлн рублей, что превышает размер государственного бюджета – 35 трлн рублей.

В экономике России присутствуют два типа инфляции: предложения и спроса. Инфляция предложения связана с ростом издержек производства, включая повышение тарифов, налогов, стоимости сырья и материалов, а также необходимость приобретения импортного оборудования и комплектующих через посредников. Эти факторы заставляют компании включать предстоящее увеличение затрат в цены своих товаров и услуг.

Инфляция спроса провоцирует возросший потребительский спрос, который превышает производственные возможности экономики, что приводит к увеличению расходов. Причинами инфляции спроса являются: рост зарплат и занятости, увеличение государственных расходов на вооружение, рост инвестиций, социальные госзаказы, выпуск ценных бумаг и массовое кредитование населения.

2.3. Заработная плата и уровень безработицы

В 2023 г. среднегодовой уровень безработицы в России достиг исторически низкого значения, установившись на отметке 3,2%, и снизился до 2,9% к концу года (рисунок 3). Это стало основой для повышения среднемесячной номинальной начисленной заработной платы, которая в среднем по стране возросла до 83 тыс. рублей. В результате, реальная заработная плата увеличилась на 7,8%. Вместе с этим, по данным Росстата в 2023 г. число россиян с доходами ниже границы бедности составило 13,5 млн человек, или 9,3% населения.



Рисунок 3. Зависимость заработной платы и безработицы от уровня инфляции

Согласно результатам социологического исследования, проведенного SberCIB, в конце 2023 г. на российском рынке труда наблюдался дефицит кадров. Доля опрошенных, утверждающих, что их компании нанимают новых сотрудников, составила 11%, что на 3% выше, чем в 2022 г. Кроме того, 20% респондентов отметили, что их работодатели сталкиваются со сложностями в закрытии вакансий, что на 5% больше, чем в IV квартале 2021 года, когда дефицит рабочей силы на рынке труда отсутствовал.

2.4. Розничная торговля в России

Согласно данным Росстата, в 2023 г. общий оборот розничной торговли в России, включая продовольственные и непродовольственные товары, увеличился на 11,3% по сравнению с предыдущим годом, достигнув отметки в 47,4 трлн рублей. Оборот розничной торговли продуктами питания вырос на 8,2%, до 22,8 трлн рублей, в то время как непродовольственные товары показали рост на 14,4%, также до 22,8 трлн рублей. Этот рост оборота во многом обусловлен повышением уровня доходов населения. В частности, среднедушевые денежные расходы увеличились на 12,1%, составив 53 тыс. рублей в месяц.

Наибольшую долю в расходах населения занимают продовольственные товары (за исключением алкоголя и табака), на которые было потрачено 20,6 трлн рублей, что на 7,3% больше, чем в

предыдущем году. Особенно заметен рост в автомобильном секторе, где объем продаж увеличился на 39,9%, достигнув 3,1 трлн рублей.

Согласно рейтингу INFOLine, доля сетевого ритейла в общем обороте розничной торговли также показала значительный рост, увеличившись с 64,7% до 75,0% за год. При этом на десять крупнейших торговых сетей приходится 28,7% всего розничного рынка. Обеспеченность населения торговыми площадями составляет 474,1 м² на 1000 человек, что на 2,0% больше по сравнению с 2022 г.

Большинство игроков из списка Топ-10 продолжают инвестировать в собственное производство, развивать собственные торговые марки (СТМ) и расширять предложение товаров по доступным ценам, в том числе в сегменте жестких дискаунтеров. Доля продаж СТМ в категории продуктов питания увеличилась за 2023 г. на 2%, до значения 11% в структуре торгового оборота сетей.

Темпы роста онлайн-торговли ежегодно опережают традиционные каналы продаж. Например, онлайн-торговля продуктами питания выросла на 47% в 2023 г. по сравнению с предыдущим годом, достигнув 918 млрд рублей. Стоит отметить, что в мегаполисах темпы роста продолжили замедляться ввиду снижения эффекта низкой базы.

По данным исследования NielsenIQ, за последние 2 года: I кв. 2022 – I кв. 2024 г. -- рост индекса оптимизма покупателей пережил самое сильное ускорение с момента начала измерений: + 38% оптимистов. Всего 40% покупателей говорят о том, что экономика страны находится в рецессии. Поведение покупателей становится все более требовательным и рациональным: 60% предпринимают действия по оптимизации бюджета, 55% сравнивают цены на СТМ с ценами на продукцию брендов, 55% всегда составляют список покупок заранее, 50% часто покупают что-то сверх запланированного, 62% ценят качество обслуживания в торговых точках, 34% проверяют, являются ли продукты экологически чистыми, биологически ценными и натуральными.

3. Основные текущие тренды и тенденции в поведении потребителей

3.1. Разумный подход к тратам

Характеристика тренда

Рациональное потребление, снижение доли спонтанных покупок, максимальное продление срока использования товара.

Описание тренда

В России тренд на разумный подход к тратам начал оформляться в период экономического кризиса 2008 г. В докризисный период отсутствовал централизованный подход к планированию ассортимента акционных товаров. Излишки товаров в основном реализовывались как «уценка». Зачастую это были товары, срок годности которых подходит к концу. Тем не менее покупатели воспринимали такие предложения как выгодную покупку нужного товара, но по более низкой цене.

В 2014 г., на следующем витке экономического кризиса, цена товара стала ключевым фактором выбора. Стоит отметить, что экономические кризисы сопровождаются следующим поведением потребителей: в первую очередь сокращаются траты на предметы роскоши (дорогие подарки), затем на технологические новинки (подарки среднего ценового сегмента), зарубежный отдых, внутренний туризм, развлечения и недорогие подарки. Последней точкой сокращения трат является перераспределение бюджета домохозяйства в пользу базовых товаров ежедневного спроса.

По данным исследования Strategy Partners, в 2024 г. в российском обществе преобладает рациональный подход к потреблению. Домохозяйства уменьшают свои траты, снижают долю спонтанных покупок и стараются продлевать срок использования имеющихся у них товаров.

3.2. «Взломщики цен»

Характеристика тренда

Товары по акции, распродажи, поиск низких цен, поколение Z, омниканальный подход.

Описание тренда

Согласно глобальному отчету The Future Shopper Report 2023, в котором участвовали более 31 000 респондентов из 18 стран, для 56% потребителей – цена является главным фактором при выборе товара или услуги, а 46% готовы отказаться от покупки на конкретной площадке, если увидят, что в другом месте тот же товар стоит дешевле. Покупатели не желают менять или отказываться от того, к чему они привыкли, поэтому всегда ищут наиболее выгодные предложения с помощью разных каналов продаж. В связи с этим появился новый термин – «Взломщики цен» (от англ. Value Hackers).

По данным обзора компании NielsenIQ, происходит изменение возрастной структуры потребления. Все большую роль на розничном рынке начинает играть поколение Z (Z) – это молодые люди в возрасте до 24 лет, которые, с одной стороны, похожи на того, каким представляется типичный покупатель (омниканальный, рациональный и склонный к экономии), а с другой – обладают специфичной чертой покупателя товаров повседневного спроса (FMCG): 38% точно знают, какой товар (артикул) они приобретут в магазине. Характерная черта Z – продвинутое пользование онлайн-магазинами. Молодое поколение более цифровизировано и с детства привыкло взаимодействовать с онлайн-площадками. У Z ожидания от интернет-магазинов по умолчанию выше, и такие параметры как наличие различных вариантов

оплаты, отслеживание заказов, реальные отзывы и персонализированные рекомендации становятся для них более заметными по сравнению с другими возрастными группами. Кроме того, Z все чаще выбирают место совершения покупки в зависимости от жизненной ситуации (срочно, спонтанно, с долгим выбором, по плану и др.), что требует от розничного бизнеса все большей омниканальности и максимальной интеграции в жизнь покупателей.

3.3. Цифровизация

Характеристика тренда

Экономика данных, электронная торговля, маркетплейсы.

Описание тренда

В связи с активной государственной поддержкой экономики данных отечественная розничная торговля находится в мировых лидерах по темпам развития [Токарь, 2023]. По информации Data Insight в сегменте розничных онлайн-продаж за 2023 г. Россия занимает первое место в мире с показателем роста в 36%, а маркетплейсы Wildberries и Ozon входят в глобальный Топ-10 самых популярных маркетплейсов по количеству посещений и занимают 9 и 10 места с абсолютными значениями 343 млн/мес. и 316 млн/мес., соответственно.

По данным Росстата, рост ВВП России в первом квартале 2024 г. составил 5,4% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. В тройке лидеров физического объема валовой добавленной стоимости находится оптовая и розничная торговля. В 2024 г. спрос на онлайн-покупки и доставку продолжает расти во всех регионах. В мегаполисах Москва и Санкт-Петербург наблюдается некоторое замедление темпов роста ввиду сокращения эффекта низкой базы, как и в 2023 г.

Благодаря тренду «Разумный подход к тратам» канал электронной коммерции – лидер роста: покупатели, в особенности поколение Z, сравнивают цены и находят более выгодные предложения. Кроме того, быстрая доставка и широкий ассортимент постоянно привлекают на отечественные маркетплейсы все больше покупателей из разных поколений. Аналитики DataInsight отмечают, что при совершении покупок в онлайн-формате потребители демонстрируют такие же привычки, как при покупках в офлайн-магазинах. Людям важно иметь возможность выбрать и заплатить только за ту вещь, которая их полностью удовлетворяет. Ежегодными лидерами по продажам на маркетплейсах в России аналитики называют продукты питания, одежду и бытовую электронику [Моисеенко, 2023].

3.4. Импорто- и брендозамещение

Характеристика тренда

Рост доли продукции отечественного производства, «девальвация брендов».

Описание тренда

В связи с текущей мировой обстановкой потребители проявляют все больший интерес к отечественному бизнесу. Местные товары кажутся более экологичными, безопасными и привлекательными по соотношению цены и качества, а региональные бренды – более привычными и «прозрачными». В России на развитие этого тренда влияет кризис доверия («девальвация брендов») к ушедшим с рынка компаниям, стимулирующий импорто- и брендозамещение.

По данным NielsenIQ, на фоне брендозамещения 65% покупателей заметили появление большего числа российских продуктов на полках магазинов, а 29% стараются выбирать продукты, которые произведены именно в России. Покупатели ищут альтернативные варианты ушедшим брендам, однако пока не готовы платить за новые бренды столько же, сколько платили за зарекомендовавшие себя торговые марки с многолетней историей.

В настоящее время на российском рынке присутствует порядка 75 тыс. брендов. После введения в 2022 г. экономических санкций с рынка ушло порядка 9,5 тыс. зарубежных и было зарегистрировано 10,5 тыс. новых отечественных брендов. В 2023 г. несколько крупных российских производителей впервые вошли в рейтинг Топ-50 брендов FMCG, заняв место ушедших международных игроков.

Еще одна тенденция, которую стоит отметить – географическое предпочтение определенных брендов, например, выбор бренда «алтайский сыр» или выбор разных любимых брендов молока покупателями в соседних регионах. Этот факт подчеркивает важность маркетинговых исследований рынка для оценки представленности и перспектив брендов в розничных сетях.

3.5. Ответственное отношение к здоровью и к окружающей среде

Характеристика тренда

Осознанный выбор товаров.

Описание тренда

Ответственное отношение к здоровью и окружающей среде выражается в осознанном выборе экологически чистых товаров, произведенных с учетом экологических стандартов, что является важным трендом во многих странах мира [Мосалов, 2023]. Покупатели изменяют свои потребительские привычки из-за растущих опасений по поводу глобального потепления и состояния экологии в их регионе проживания. Для некоторых стран мира действует государственная экологическая повестка (ESG).

По данным «Агроэкспорт», в промышленно-развитых регионах Китая из-за ухудшения экологической ситуации покупатели склонны отдавать предпочтение товарам с маркировкой ESG. В связи с этим российские экспортеры стремятся пройти ESG-сертификацию, чтобы иметь на упаковке или этикетке данную маркировку, что гарантированно обеспечит продажи экологических товаров на китайском рынке.

С началом экономической изоляции России в 2022 г. (ЭИР) этот тренд уже не так актуален, однако в обществе успел сформироваться сегмент рынка с запросом покупателей на здоровый образ жизни и здоровое питание функциональными и экологически чистыми продуктами, а также заботу об окружающей среде. Конечно, когда на первое место выходит экономия, сохранить экологичность в потреблении получается не у всех. Наиболее популярна ESG-повестка среди российской молодежи с детьми, которая стремится приобрести безопасные и натуральные продукты, а также одежду и игрушки из экоматериалов и, после их использования, сдать упаковку и товары на вторичную переработку.

По данным аналитиков Ipsos, 68% россиян в 2023 г. верят в то, что, если ничего не менять в своих потребительских привычках, наступит экологическая катастрофа. При этом из-за падения темпов роста реальной заработной платы, изменить свои привычки в 2023 г. готовы 43% покупателей, против 49% – в 2021 г. На сегодняшний день 89% покупателей считают, что важно заботиться о своем физическом состоянии. 65% также готовы заботиться о своем психическом благополучии. 73% участников глобального опроса Ipsos хотели бы замедлить темп жизни. В России этот показатель составил 58%. Такая потребность в замедлении служит причиной роста интереса людей к простым и минималистичным продуктам и товарам, вызывающим приятные эмоции.

4. Прогноз развития розничной торговли в России на период до 2030 года

В данной главе представлены три прогноза развития розничной торговли в России: оптимистичный, реалистичный и пессимистичный. Каждый прогноз основан на анализе макроэкономической среды, основных текущих трендов и тенденций в поведении потребителей, а также экспертном мнении авторов статьи.

4.1. Оптимистичный прогноз

В рамках данного прогноза авторы статьи экспертно моделируют наиболее благоприятный вариант развития событий, при котором розничная торговля России не только адаптируется к новым условиям, но и демонстрирует устойчивый рост.

Факторы, способствующие реализации прогноза:

1. Рост доходов населения и повышение покупательской способности:
 - 1.1. По оценке Nielsen IQ индекс потребительских цен на конец 2023 г. вырос на 5,9%. Реальные доходы населения увеличились на 5,6%. И это касается не только Москвы, но и всех регионов России. При сохранении темпов роста отечественной экономики 3% и более, данная тенденция может продолжать действовать.
 - 1.2. С ростом доходов увеличиваются траты покупателей на товары и услуги. Например, в 2023 г. продовольственные товары добавили 7,3%, а авторынок вырос на 39,9%. Наилучшую динамику показали сферы, которые сильнее всех «просели» с момента ЭИР.
 - 1.3. Современная розничная торговля способна удовлетворить потребности покупателей с различным уровнем дохода. Розничные сети будут активно развивать как традиционный премиальный и экономичный сегменты рынка, так и новый – жесткий дискаунтер.
2. Адаптация к новым условиям и рост импортозамещения:
 - 2.1. В условиях экономических санкций и геополитической напряженности, розничная торговля будет вынуждена адаптироваться к новым условиям. Это, в свою очередь, станет стимулом для развития импортозамещения.
 - 2.2. Государство будет активно поддерживать этот процесс, предоставляя льготы, субсидии и налоговые преференции отечественным производителям. В результате на полках магазинов появятся новые товары российского производства, которые смогут составить достойную конкуренцию импортным аналогам.
 - 2.3. Это не только снизит зависимость от импорта, но и создаст новые рабочие места, стимулирует рост экономики и повысит качество жизни населения.
3. Активное внедрение цифровых технологий:
 - 3.1. Цифровизация станет одним из ключевых факторов развития розничной торговли. Широкое применение получают такие технологии, как искусственный интеллект, большие данные, дополненная реальность и интернет вещей.
 - 3.2. Это позволит оптимизировать бизнес-процессы, повысить эффективность работы розничных сетей, улучшить качество обслуживания клиентов и предложить покупателям новые услуги.
 - 3.3. В частности, искусственный интеллект может быть использован для персонализации предложений, анализа покупательского поведения и автоматизации рутинных задач. Большие данные позволят розничным сетям лучше понимать потребности своих клиентов и разрабатывать более эффективные маркетинговые стратегии.

- 3.4. Дополненная реальность может быть использована для демонстрации товаров в виртуальном пространстве, а интернет вещей – для отслеживания движения товаров и оптимизации складских запасов.
4. Развитие онлайн-торговли:
 - 4.1. По оценке Nielsen IQ в 2024 г доля онлайн-рынка товаров повседневного спроса (FMCG) впервые превысила отметку 10% и будет сохранять рост. Этому будут способствовать такие факторы, как рост зоны покрытия мобильного интернета, увеличение проникновения смартфонов и развитие инфраструктуры доставки.
 - 4.2. Онлайн-магазины будут предлагать широкий ассортимент товаров по конкурентным ценам. Покупатели смогут сделать заказ в любое время суток из любой точки страны.
 - 4.3. Развитие онлайн-торговли создаст новые рабочие места в сфере логистики, информационных технологий (ИТ) и обслуживания клиентов. Кроме того, этот канал продаж станет важным инструментом для поддержки малого и среднего бизнеса.
5. Появление новых форматов торговли:
 - 5.1. Помимо традиционных форматов торговли, таких как гипермаркеты, супермаркеты и магазины у дома, будут развиваться новые форматы. Это могут быть:
 - 5.1.1. Жесткие дискаунтеры, предлагающие товары по ценам ниже рынка.
 - 5.1.2. Магазины-склады (дарксторы), ориентированные как на оптовые, так и розничные продажи;
 - 5.1.3. Фермерские рынки, где можно купить свежие и качественные продукты питания.
 - 5.1.4. Поп-ап магазины, которые открываются на короткий срок для продажи сезонных товаров или проведения маркетинговых акций.
 - 5.2. Новые форматы торговли будут привлекать покупателей более низкими ценами, широким ассортиментом и удобным форматом обслуживания.
6. Усиление маркетинга отечественных брендов:
 - 6.1. До ЭИР зарубежные бренды практически полностью заполняли отечественное медийное пространство. После ухода западных брендов и сокращения бюджетов на маркетинг, отечественные бренды стали активно тестировать ранее недоступные каналы продаж и как факт становятся более узнаваемыми и популярными среди покупателей.
 - 6.2. В ближайшей перспективе это повысит конкурентоспособность отечественного бизнеса и приведет к росту лояльности со стороны потребителей.
7. Укрепление доверия к российским товарам и услугам:
 - 7.1. Успешное развитие импортозамещения, повышение качества и безопасности товаров и активный маркетинг брендов будут способствовать укреплению доверия к отечественным товарам и услугам.
 - 7.2. Потребители начнут отдавать предпочтение отечественным товарам, не уступающим по качеству импортным аналогам. Это не только поддержит российских производителей, но и станет фактором «продуктового патриотизма».

В целом, оптимистичный прогноз предполагает динамичное развитие розничной торговли в России. Благодаря адаптации к новым условиям, внедрению цифровых технологий, росту онлайн-торговли, появлению новых форматов торговли, активному маркетингу отечественных брендов и росту доходов населения, розничная торговля станет более современной, эффективной и привлекательной для покупателей.

4.2. Реалистичный прогноз

В рамках данного прогноза мы предлагаем рассмотреть наиболее вероятный сценарий развития событий, при котором розничная торговля будет адаптироваться к новым условиям, демонстрируя умеренные темпы роста.

Факторы, способствующие реализации прогноза:

1. Геополитическая обстановка:
 - 1.1. Санкции, введенные против России, будут сохраняться в течение нескольких лет. Это ограничит доступ к импортным товарам и технологиям, что может привести к инфляции и снижению ассортимента в розничных сетях.
 - 1.2. Процесс восстановления отношений с западными странами будет проходить медленно и сопровождаться периодами напряженности. Это может негативно сказаться на инвестиционной привлекательности российской экономики и ограничить возможности для развития бизнеса.
2. Экономическая ситуация:
 - 2.1. Уровень инфляции останется на повышенном уровне в течение 2024-2025 гг. Ожидается, что он составит 7-8% в год. Это может привести к снижению реальных доходов населения и ограничит покупательскую способность.

- 2.2. Уровень безработицы может возрасти до 4-5% в год, что негативно скажется на потребительских настроениях и снизит спрос на товары и услуги.
3. Демография:
- 3.1. Численность населения России сохранится на уровне 146 млн чел., что не приведет к увеличению спроса.
- 3.2. Продолжится процесс старения населения. Доля людей пенсионного возраста увеличится до 25% к 2025 г., что повысит спрос на товары для данной возрастной группы.
4. Интернет-торговля:
- 4.1. Онлайн-торговля будет развиваться умеренными темпами. Рост объема рынка, по нашим прогнозам, составит 10-15% в год. Это будет обусловлено активным внедрением цифровых технологий (но меньшими темпами, чем в оптимистичном сценарии), ростом популярности онлайн-покупок и увеличением доступности интернета.
- 4.2. Развитие онлайн-торговли может быть ограничено проблемами с логистикой в некоторых регионах, особенно в случае ухудшения экономической ситуации.
5. Сельское хозяйство:
- 5.1. Государство будет продолжать активно поддерживать агропромышленный комплекс (АПК), что позволит увеличивать производство сельскохозяйственной продукции на 2-3% в год и постепенно снижать долю импорта продукции АПК при одновременном увеличении ассортимента товаров в розничной торговле.
- 5.2. Возможные риски: неблагоприятные погодные условия (засухи, заморозки), вирусные заболевания скота и птицы могут привести к снижению объемов производства продукции АПК и временным дефицитам некоторых продуктов питания.
6. Розничная торговля:
- 6.1. Будет продолжаться процесс импортозамещения и локализации производства. Доля импортных товаров в ассортименте может снизиться до 30% к 2025 г. Это может привести к снижению качества некоторых товаров и увеличению цен из-за недостаточной конкуренции на внутреннем рынке.
- 6.2. Розничные сети будут вынуждены постоянно оптимизировать расходы из-за роста инфляции, снижения покупательской способности и возможного падения спроса. Это может привести к сокращению персонала, закрытию магазинов и снижению инвестиций в развитие.
- 6.3. Появятся новые форматы торговли, такие как жесткие дискаунтеры и магазины-склады. Дискаунтеры будут предлагать товары по ценам ниже рынка, что привлечет покупателей с ограниченным бюджетом. Магазины-склады (дарксторы) будут одновременно ориентированы на розничный и оптовый сегменты и позволят снизить цены за счет оптимизации торговых площадей.
7. Потребительское поведение:
- 7.1. Потребители будут рационально подходить к расходам из-за действия инфляции и снижения реальных доходов. Это может привести к еще большему росту спроса на товары по акциям и скидкам, а также к увеличению доли СТМ розничных сетей. СТМ будут предлагаться по доступным ценам, что сделает их более привлекательными для покупателей.
- 7.2. Потребители могут стать менее лояльны к брендам из-за ограниченного ассортимента, роста цен и снижения качества товаров. Это приведет к девальвации брендов, росту сегмента товаров эконом-класса без бренда и увеличению доли СТМ сетей.

Таким образом, реалистичный сценарий развития розничной торговли в России предполагает умеренные темпы роста, которые могут перейти к стагнации в случае ухудшения экономической ситуации. Развитие отрасли будет ограничиваться сохраняющимися санкциями, умеренным уровнем инфляции, старением населения, стабильной численностью населения, проблемами с логистикой, постоянной оптимизацией расходов розничных сетей.

Вместе с этим государственная поддержка сельского хозяйства, активное развитие онлайн-торговли (хоть и с ограничениями) и появление новых форматов торговли будут способствовать частичному удовлетворению потребностей всех групп покупателей и постепенной адаптации розничной торговли к новым условиям.

4.3. Пессимистичный прогноз

В рамках данного прогноза описан самый драматический сценарий развития событий, при котором розничная торговля столкнется со стагнацией под влиянием новых ограничений и вызовов.

2024 г. станет поворотным пунктом для российской розницы. Экономика, балансирующая на грани перегрева, неравномерный рост и тень ЭИР будут диктовать новые правила игры, ставя перед рынком беспрецедентные вызовы.

С одной стороны, рост объема денежной массы на 15% в 2023 г. по данным Банка России и инфляция подстегнули умеренный рост на 1-2% розничной торговли. С другой стороны, снижение реальных

доходов населения может сдерживать покупательскую активность, переориентируя спрос на более доступные товары.

Неравномерность роста станет одним из ключевых вызовов в ближайшее время. В мегаполисах рост онлайн-продаж уже замедлился, а в регионах, где доходы населения существенно ниже, продолжающийся рост можно объяснить эффектом низкой базы, но он имеет ограниченный потенциал. Кроме того, наблюдаются проблемы с логистикой, недостаточной развитостью инфраструктуры и низким уровнем реальных доходов населения.

В ближайшие годы влияние ЭИР будет усиливаться, что приведет к росту логистических затрат и изменению потребительских предпочтений в сторону более дешевых товаров. Это, в свою очередь, приведет к снижению спроса на импорт оборудования и техники для обновления предприятий и негативно скажется на рентабельности бизнеса. В то же время, в сельском хозяйстве возможны различные риски, такие как: заморозки, засухи, массовый падеж скота и птицы вследствие вирусных заболеваний, а также закрытие импорта критических для растениеводства и животноводства средств защиты. Реализация рисков может усилить давление на розничные сети, приводя к снижению среднего чека, поскольку потребители из-за низких доходов будут стремиться сократить расходы. Это, в свою очередь, приведет к снижению выручки розничных сетей, особенно в сегментах премиальных товаров и товаров длительного пользования. В ответ на эти вызовы розничные сети будут вынуждены искать способы компенсации падения прибыли, включая снижение расходов, поиск новых источников доходов и пересмотр ценовой политики.

На начальном этапе, по опыту прошлых лет, можно ожидать оптимизацию расходов за счет сокращения сотрудников. Следующим шагом будет закрытие магазинов и распределительных центров (РЦ), в рамках дальнейшего снижения затрат и повышения эффективности. Кроме того, розничные сети будут вкладывать инвестиции в новые проекты.

Важно отметить, что эти последствия могут иметь разный эффект в разных сегментах розничной торговли. Больше всего пострадают сегменты товаров премиум-класса и импортных товаров. Сегменты товаров повседневного спроса и отечественных товаров могут пострадать меньше или не пострадать вообще.

В самом неблагоприятном сценарии, при значительном снижении уровня жизни населения, люди могут начать делать покупки в небольших магазинах, организованных государством по специальным квотам или продуктовым талонам. В такой ситуации канал электронной торговли, при полной деградации услуг доставки, пострадает еще сильнее. Маркетплейсы в этом сценарии могут превратиться в аналоги досок объявлений и стать подобными «барахолкам» у станций Метро в 1990-е гг.

Второй важный фактор, оказывающий существенное влияние на прогноз развития розничных сетей – демографическая ситуация. Согласно данным Росстата на 1 января 2024 г. численность населения России составляет 146,5 млн человек. Демографическая ситуация в России сложная и обусловлена множеством факторов. Основные из них:

- сокращение численности трудоспособного населения и нехватка квалифицированного персонала. Это приводит к росту издержек на персонал из-за необходимости повышать зарплаты и предлагать более привлекательные условия труда;
- снижение рождаемости, убыль населения, старение населения, ЭИР. С одной стороны, это приводит к росту спроса на отдельные категории товаров и услуг: лекарственные препараты, товары для реабилитации, ухода за собой, медицинские услуги. С другой стороны, снижение доли молодежи уменьшает спрос на товары и услуги для детей и подростков (еда, одежда, обувь, электроника, развлечения).

Высокая концентрация населения в крупных городских агломерациях и их увеличение будут способствовать поддержанию постоянного спроса на товары и услуги и переориентации предложения в города из сельской местности. Это приведет к еще большей деградации небольших населенных пунктов и продолжению оттока из них населения.

Миграция играет важную роль в решении проблемы старения населения в России, поскольку мигранты частично компенсируют дефицит линейного персонала. По данным ФМС России, в 2023 г., несмотря на отток населения из России, составивший около 200 тыс. человек, приток мигрантов из стран СНГ составил около 500 тыс. человек. Это было обусловлено тем, что в условиях перегрева отечественной экономики рынок труда стал ещё более привлекательным для мигрантов. В случае увеличения темпов роста инфляции, падения курса национальной валюты и сокращения реальных доходов населения миграция может сильно сократиться, что приведет к дефициту кадров, новому росту издержек производства и новому витку инфляции, будущему затовариванию и стагнации экономики.

Важно отметить, что демографическая ситуация неоднородна во всех регионах России. В некоторых регионах проблемы нехватки персонала будут более острыми.

Третий важный фактор осуществления прогноза – это доступность технологий, в первую очередь ИТ, что особенно актуально в условиях дефицита кадров и возможного ухудшения экономической ситуации. В данных условиях, автоматизация и роботизация (например, складских процессов и кассовых операций) становятся ключевыми инструментами поддержания жизнеспособности бизнеса, позволяя оптимизировать процессы и снизить затраты. На наш взгляд, розничным сетям не стоит полагаться

только на технологии. В условиях ограниченных возможностей необходимо развивать омниканальные стратегии.

Стоит подходить к внедрению новых решений с осторожностью, учитывая особенности в разных регионах. Недостаточный учет географических факторов может привести к потере инвестиций. Например, внедрение онлайн-продаж в регионе с низким уровнем доходов или высокой плотностью торговых точек (местных или федеральных) может оказаться нерентабельным. Важно отметить, что эффективность автоматизации может снизиться из-за падения спроса и необходимости сокращения издержек.

Таким образом, в условиях пессимистичного прогноза розничная торговля в России столкнется с серьезными вызовами, включая стагнацию, снижение реальных доходов населения и рост логистических затрат. Неравномерность роста и проблемы инфраструктуры усугубляют ситуацию, особенно в регионах с низкими доходами. Ожидается снижение спроса на премиальные товары и увеличение доли бюджетных товаров. Демографические изменения и миграция также оказывают влияние, что может привести к дефициту кадров и росту издержек. В ответ на эти вызовы розничные сети будут вынуждены оптимизировать расходы и искать новые источники доходов.

5. Заключение

Розничная торговля в России стоит на пороге значительных трансформаций, обусловленных экономическими, демографическими и технологическими изменениями. В ближайшие годы рынок будет адаптироваться к новым реалиям: от сдерживания инфляции и оптимизации затрат до переосмысления стратегий взаимодействия с клиентами. Рост онлайн-торговли и автоматизация процессов предложат новые возможности, но также потребуют учета региональных особенностей и гибкости в управлении. Розничные сети, которые смогут эффективно адаптироваться к изменяющимся условиям и предложить потребителям ценность, несмотря на экономические вызовы, окажутся в выигрышной позиции. В то же время, усиление демографических проблем и возможное ухудшение экономической ситуации могут привести к дальнейшему сокращению спроса и переориентации на товары первой необходимости. В этом контексте гибкость, инновационный подход и способность быстро реагировать на изменения станут ключевыми факторами успеха в розничной торговле России.

Литература

1. Плотникова, Т. В. (2023) Тренды розничной торговли в условиях современных вызовов / Т. В. Плотникова, О. В. Кондратьева, Т. С. Архипенко // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 6(155). – С. 916-920. – DOI 10.34925/EIP.2023.155.6.168. – EDN WPJTQJ.
2. Кастрюлева, Л. Е. (2024) Ключевые тренды развития розничной торговли в РФ с учетом колебаний потребительского спроса, сезонности и пандемии / Л. Е. Кастрюлева // Современная экономика: проблемы и решения. – 2024. – № 7(175). – С. 19-32. – DOI 10.17308/meps/2078-9017/2024/7/19-32. – EDN CVVTQI.
3. Токарь, Е. В. (2023) Основные тренды и перспективы развития розничной торговли в эпоху цифровизации / Е. В. Токарь, Л. В. Соловьева, Д. А. Рогов // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2023. – № 1(98). – С. 40-50. – DOI 10.21295/2223-5639-2023-1-40-50. – EDN UVSMEZ.
4. Моисеенко, И. В. (2023) Маркетплейсы как катализатор роста зарубежных и отечественного рынков розничной электронной торговли: тренды и прогнозы / И. В. Моисеенко, Ц. Лю // Трансграничные рынки товаров и услуг: проблемы исследования : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Владивосток, 09–10 ноября 2023 года. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2023. – С. 77-81. – EDN HFWAXO.
5. Мосалов, И. Е. (2023) Концептуальные тренды бенчмаркинга в рамках ESG-повестки в сфере российской розничной торговли / И. Е. Мосалов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 2, № 3(135). – С. 118-132. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2023.03.02.014. – EDN DKISZV.

References in Cyrillics

1. Plotnikova, T. V. Trendy roznichnoy trgovli v usloviyakh sovremennykh vyzovov / T. V. Plotnikova, O. V. Kondrat'yeva, T. S. Arkhipenko // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2023. – № 6(155). – С. 916-920. – DOI 10.34925/EIP.2023.155.6.168. – EDN WPJTQJ.
2. Kastr'yuleva, L. Ye. Klyuchevyye trendy razvitiya roznichnoy trgovli v RF s uchetom kolebaniy potrebitel'skogo sprosа, sezonnosti i pandemii / L. Ye. Kastr'yuleva // Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya. – 2024. – № 7(175). – С. 19-32. – DOI 10.17308/meps/2078-9017/2024/7/19-32. – EDN CVVTQI.
3. Tokar', Ye. V. Osnovnyye trendy i perspektivy razvitiya roznichnoy trgovli v epokhu tsifrovizatsii / Ye. V. Tokar', L. V. Solov'yeva, D. A. Rogov // Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava. – 2023. – № 1(98). – С. 40-50. – DOI 10.21295/2223-5639-2023-1-40-50. – EDN UVSMEZ.
4. Moiseyenko, I. V. Marketpleysy kak katalizator rosta zarubezhnykh i otechestvennogo rynkov roznichnoy elektronnoy trgovli: trendy i prognozy / I. V. Moiseyenko, TS. Lyu // Transgranichnyye rynki tovarov i uslug: problemy issledovaniya : Sbornik materialov V Mezhdunarodnoy nauchno-

- prakticheskoy konferentsii, Vladivostok, 09–10 noyabrya 2023 goda. – Vladivo-stok: Dal'nevostochnyy federal'nyy universitet, 2023. – S. 77-81. – EDN HFWAXO.
5. Mosalov, I. Ye. Kontseptual'nyye trendy benchmarkinga v ramkakh ESG-povestki v sfere ros-siyskoy roznichnoy trgovli / I. Ye. Mosalov // *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya*. – 2023. – T. 2, № 3(135). – S. 118-132. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2023.03.02.014. – EDN DKISZV.

Ключевые слова:

экономика данных, цифровизация, розничная торговля, онлайн-торговля, маркетплейсы, прогноз развития, омниканальный подход, потребительское поведение, поколение Z, взломщики цен, импорто-замещение, девальвация брендов, ESG

Эдер Александр Владимирович, канд. техн. наук
Директор по развитию бизнеса в агропромышленном комплексе K2Tech
AuthorID: 646163
ORCID 0000-0003-2434-7781
Email: agro@k2.tech

Загайнов Алексей Владимирович
Директор по отраслевым решениям в ритейле и FMCG K2Tech
Email: info@k2.tech

Alexander Eder, Alexey Zagaynov. Trends, tendencies, and outlook of retail in Russia**Keywords:**

data economy, digitization, retail, online commerce, marketplaces, retail outlook, omnichannel, consumer behavior, Generation Z, price hackers, import substitution industrialization, brand devaluation, ESG

DOI: 10.34706/DE-2024-03-07

JEL classification: F17 Прогнозирование и моделирование вопросов торговли; M21 Экономика бизнеса; Q01 Устойчивое развитие

Abstract

The article examines the main trends, tendencies, and prospects for the development of retail trade in Russia. It provides a comprehensive analysis of market evolution driven by economic, demographic, and technological changes. The study highlights key consumer behavior trends such as prudent spending, the growing influence of Generation Z, preference for domestic products, and responsible attitudes towards health and the environment. Special attention is given to the significant shift towards an omnichannel strategy and the importance of digital transformation in retail trade. The authors present a distinct consumer group – "price hackers" – who meticulously seek the best market offers through accessible sales channels. Data on the impact of inflation, unemployment rates, real wage growth, and population credit growth on consumer expenditure structure are provided. Three proprietary forecasts for the development of retail trade in Russia until 2030 are presented: optimistic, realistic, and pessimistic. The optimistic forecast assumes income growth, increased purchasing power, and retail adaptation to new conditions leading to sustainable industry growth. The realistic forecast is based on gradual retail adaptation to current challenges, with moderate growth and development of new trading formats. The pessimistic forecast considers a dramatic scenario where retail will face stagnation under the influence of new restrictions and challenges.

УДК 004.4

1.8. Использование методов интерпретации и компиляции для повышения эффективности программного обеспечения

Егунов В.А., Шабаловский В.А.

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Статья подробно рассматривает применение методов компиляции и интерпретации кода в разработке программного обеспечения, акцентируя внимание на использовании абстрактных синтаксических деревьев (AST) для оптимизации и профилирования кода на примерах языков C++ и Python. Разъясняется процесс создания интерпретирующих профилировщиков на базе AST, которые интегрируют анализ производительности в процесс исполнения программы. Описываются этапы разработки интерпретаторов и применение инструментов, таких как Clang и Python, для работы с AST. В статье также представлены конкретные примеры построения и использования AST, демонстрирующие важность этих методов для улучшения общей эффективности программных решений.

Введение

В процессе разработки программного обеспечения (ПО) значительное внимание уделяется методам компиляции и интерпретации кода, а также применению оптимизаций и профилированию. Эти процессы играют ключевую роль в обеспечении эффективности и высокой производительности приложений [Maruthamuthu, 2023], [Амроман, 2017].

Компиляция и интерпретация программ позволяют разработчикам преобразовывать исходный код в исполняемую форму, подходящую для конкретных архитектур и исполняющих сред. Компиляция переводит исходный код в машинный или другой формат, который может быть непосредственно исполнен процессором, в то время как интерпретация выполняет код на лету, без необходимости предварительной компиляции.

Вместе эти процессы обеспечивают не только эффективность и высокую производительность ПО, но и адаптируемость под различные платформы, что является важным аспектом в разработке современного ПО.

Создание интерпретирующего профилировщика для языка C представляет собой сложную и многогранную задачу, которая включает в себя разработку механизмов, используемых для анализа и выполнения ПО, а также сбора и анализа данных о его работе [Аветисян, 2011]. Основной целью такого профилировщика является предоставление подробной информации о производительности программ, что помогает выявлять и устранять узкие места, оптимизировать код и улучшать общую эффективность. Использование абстрактных синтаксических деревьев (AST) в создании профилировщика позволяет глубоко интегрировать анализ производительности в процесс исполнения, предоставляя уникальные возможности для анализа и оптимизации ПО.

Компиляция

Компиляторы принимают на вход целую программу и за несколько шагов преобразуют ее в исполняемый двоичный код [Rajwal, 2023], [Singla, 2014]. Полученный двоичный код можно запустить только на той системе, для которой он был скомпилирован, поскольку код привязан к конкретному оборудованию и не поддается переносу. Компиляция программы производится один раз, затем можно запускать двоичный код неограниченное количество раз. Так как компиляторы обрабатывают программы целиком, они могут обнаружить некоторые ошибки, такие как ошибки типа, синтаксиса, предупреждая о необходимости их исправления [Abelson, 1996]. Классическим примером компилируемого языка является язык C. Представим псевдокод и покажем (рис. 1), как происходит его компиляция.

```
v = 5;
x = 3;
g = v * x;
print (g);
```

Приведенные (рис. 1) двоичные инструкции представляют собой команды для вычислительной системы. Например, присваивание «v=5;» реализуется примерно следующим набором инструкций: константа

записывается в один из регистров МП, далее содержимое регистра сохраняется в память по адресу, который связывается компилятором с переменной v. Похожим образом формируются наборы

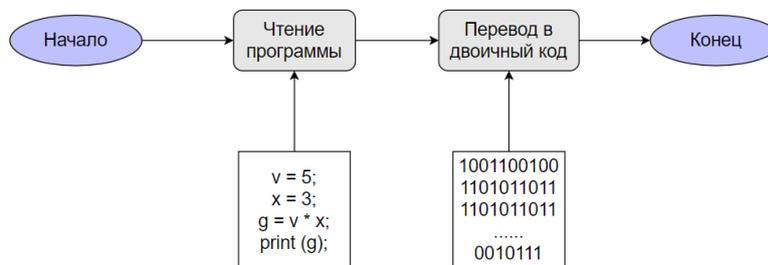
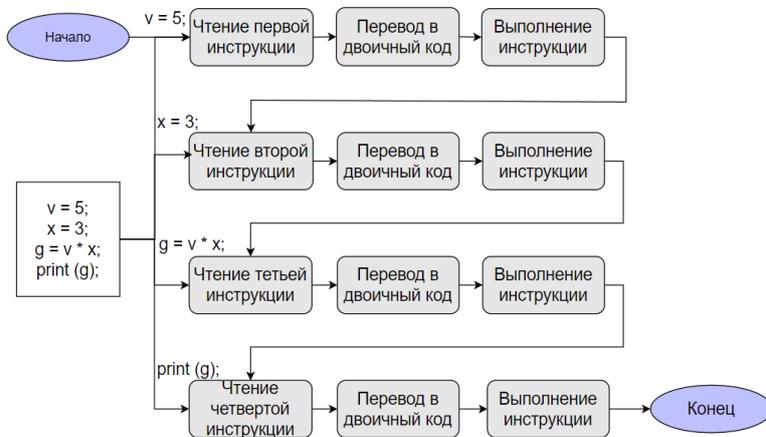


Рисунок 1 – Реализация компиляции кода

инструкций для реализации остальных операторов программы. Полученные инструкции записываются в двоичный файл, который затем может быть исполнен.

Интерпретация

Интерпретаторы работают, читая и исполняя программу по одной инструкции за раз. Каждая инструкция преобразуется в двоичный код машины и затем запускается [Introduction to Interpreters], [Федотова, 2016]. В отличие от компиляторов, интерпретаторы не создают двоичный исполняемый файл.



Каждый раз при запуске программы требуется вызов интерпретатора, который затем пошагово считывает и исполняет программу. Именно поэтому интерпретатор должен присутствовать в оперативной памяти компьютера каждый раз при запуске программы, в отличие от компиляторов, которые нужны только во время компиляции. Кроме того, в отличие от компиляторов, интерпретаторы обнаруживают все ошибки во время выполнения. Примером интерпретируемого языка является Python [Abdulhamit, 2020]. Приведены этапы работы (рис. 2).

Рисунок 2 – Реализация интерпретатора

Таблица 1 – Различия компиляторов и интерпретаторов

Компилятор	Интерпретатор
Обрабатывает всю программу для получения исполняемого файла	Обрабатывает и исполняет по одной инструкции за раз
Преобразует программы в двоичный машинный код	Выполняет программы, загружая и транслируя инструкции одну за другой
Используется только один раз на этапе компиляции	Запускается при каждом выполнении программы
Позволяет обнаружить некоторые ошибки перед выполнением	Все ошибки перехватываются во время выполнения
Не нужен во время выполнения	Используется для исполнения программы
Скомпилированные программы выполняются быстрее	Интерпретируемые программы работают медленнее

Абстрактные синтаксические деревья в профилировании

AST являются мощным инструментом для представления структуры исходного кода программы. В AST каждый узел дерева соответствует определенной конструкции языка, будь то выражения, операторы, объявления переменных и функций [Пласковицкий, 2014]. Это позволяет профилировщику анализировать и модифицировать программу на более высоком уровне абстракции, что облегчает выявление сложных взаимосвязей и зависимостей в коде. Анализаторы в компиляторах играют ключевую роль в процессе анализа, трансформации и, в некоторых случаях, непосредственном исполнении кода.

Чтобы понять, как выполнить программу на основе её текста, необходимо пройти через несколько этапов, общих для компиляторов и интерпретаторов [Сидорова, 2019].

1. Первый шаг – лексический анализ и токенизация. На данном шаге текст программы преобразуется в последовательность токенов, мелких синтаксических единиц, таких как ключевые слова, идентификаторы, литералы, операторы.
2. На следующем этапе производится синтаксический анализ, где последовательность токенов преобразуется в AST. AST отображает структуру кода, включая вложенность операций, объявления переменных, определения функций и так далее. Структура AST напрямую соответствует синтаксису языка программирования.
3. Следующий шаг – семантический анализ. На данном шаге проверяются типы данных, области видимости и другие аспекты, которые не могут быть выявлены на предыдущих этапах. Например, компилятор или интерпретатор проверит, что функции вызываются с правильным числом и типами аргументов и ряд других характеристик кода.

Используемые готовые библиотеки

Существуют инструменты, которые используются для решения различных задач, связанных с анализом и рефакторингом кода, статистическим анализом безопасности или даже создания новых продуктов. Для работы с AST в контексте языка C можно выделить следующие инструменты.

1. Clang известен своими возможностями по генерации диагностических сообщений и предоставляет обширный API для работы с AST [Assembling a Complete Toolchain]. Библиотека LibClang предоставляет интерфейс для работы с AST, позволяя анализировать структуру исходного кода, проводить рефакторинг и многое другое.

2. GNU GCC (GNU Compiler Collection) [GCC online documentation]. GCC традиционно известен как компилятор, его внутренние структуры и представления, включая GIMPLE и RTL могут быть использованы для анализа и манипуляции с кодом на уровне, близком к AST. Он предлагает различные внутренние API для расширений, такие как GCC plugins, которые могут использоваться для работы с внутренним представлением кода.
3. CIL (C Intermediate Language) – это высокоуровневое представление для языка C, предназначенное для упрощения анализа и трансформации C-программ [CIL]. Представляет C-программы в виде упрощённого AST, который легче анализировать и модифицировать. CIL можно использовать для различных задач анализа кода, включая оптимизацию, инструментирование и верификацию программ на C.
4. Rucparser – это полный парсер для языка C, написанный на Python [Python parser]. Он способен разбирать исходный код на C и строить AST, что делает его полезным инструментом для задач анализа кода. Используется для написания статических анализаторов, автоматизации задач рефакторинга и т.д.
5. ANTLR (ANOther Tool for Language Recognition) является мощным генератором парсеров, который может быть использован для создания парсеров, лексеров и трансляторов для различных языков, включая C [Parr, 2013]. Хотя ANTLR не предоставляет готовую библиотеку AST специфично для C, он позволяет создавать парсеры, которые могут строить AST для исходного кода. Это делает его полезным инструментом для создания специализированных инструментов анализа и трансформации кода.
6. GNU Bison и Flex представляют собой инструменты для генерации синтаксических и лексических анализаторов соответственно. Часто используются вместе для создания интерпретаторов и компиляторов. Bison генерирует парсер на основе грамматики, описанной в форме Бэкуса-Наура (БНФ или EBNF), и может автоматически создавать AST для анализируемого кода. Flex используется для создания лексического анализатора, который разбивает входной текст на токены, подготавливая их для синтаксического анализа Bison'ом.

Эти инструменты и библиотеки предоставляют мощные возможности для работы с кодом на уровне абстрактных синтаксических деревьев, обеспечивая разработчиков инструментами для анализа, трансформации и оптимизации исходного кода.

Реализация интерпретирующего профилировщика

Разработку интерпретатора можно разделить на 5 этапов.

1. Парсинг исходного кода. Процесс начинается с разбора исходного кода для построения AST. Данный этап требует точного анализа синтаксиса языка и учета всех его особенностей.
2. Аннотация AST. На этом этапе абстрактное синтаксическое дерево (AST) дополняется специальными метками или аннотациями, которые отмечают важные точки в коде для сбора информации во время выполнения программы. Эти метки могут указывать на начало и конец функций, циклов и других важных сегментов кода, что позволяет системе профилирования отслеживать выполнение и сбор данных в этих ключевых моментах.
3. Интерпретация аннотированного дерева. Интерпретатор исполняет код, следуя структуре AST, и собирает данные о времени выполнения и использовании ресурсов в моменты, указанные аннотациями. Это позволяет получить детальную картинку исполнения программы.
4. Анализ данных профилирования. Собранные данные анализируются для выявления узких мест, анализа времени выполнения различных частей кода и оптимизации использования ресурсов. Результаты могут быть представлены в виде отчетов или визуализированы для удобства.
5. Оптимизация кода. На основе данных профилирования можно вносить изменения в код программы для устранения узких мест и повышения общей производительности программы.

Создание интерпретатора с использованием AST имеет несколько важных преимуществ. Возможность точно анализировать программу на уровне её логической структуры позволяет точно идентифицировать критические участки кода. Имеет хорошую гибкость, можно модифицировать для вставки профилировочного кода без изменения исходного текста программы, что обеспечивает высокую гибкость при анализе и оптимизации. Также наличие структурированного представления кода упрощает процесс сборки данных и их последующего анализа, способствуя более эффективной оптимизации.

Построение AST с использованием компилятора clang на C++ и языка программирования Python

Построение AST (абстрактного синтаксического дерева) с помощью компилятора clang на C++ и языка программирования Python начинается на этапах лексического и синтаксического анализа. В этот момент внешний интерфейс компилятора не только создаёт таблицу символов, но и проверяет корректность структуры AST. Полученный код в промежуточном представлении затем передаётся в серверную часть компилятора для дальнейшей обработки.

Переходя к более детальному изучению AST в контексте clang, важно упомянуть три основных класса, которые формируют структуру этого дерева. Это классы Decl, обозначающие объявления в коде, Stmt, отвечающие за операторы, и Type, представляющие типы данных. Эти классы являются фундаментом для создания различных подклассов и не имеют общего базового класса, что подчёркивает их независимость и специфическую роль в составе AST.

Класс ASTContext играет ключевую роль в управлении и хранении информации о всей структуре AST, содержит таблицу идентификаторов, менеджер исходного кода, список объявленных типов. Он имеет несколько связующих методов для поиска родителей узла (getParents) и обеспечивает глобальный доступ к специальным конструкциям языковых опций (getLangOpts), таким как узел стандартного size_t типа. В качестве примера используется следующая программа.

```
int main() { vector<int> vec1 = { 1, 2, 3 };
  vector<int> vec2 = { 4, 5, 6 };
  vector<int> result = addVectors(vec1, vec2);
  cout << "Result of addition: ";
  for (int num : result) {
    cout << num << " ";
  }
  cout << endl;

  return 0;
}
```

На основе данного кода, с помощью инструмента clang производится компиляция и на выходе получается сгенерированное AST.

```
| | | | | -FunctionTemplateDecl 0x18bc62198e0 <line:416:5, line:417:57> col:32 isnan
| | | | | | -TemplateTypeParmDecl 0x18bc62196a8 <line:416:15, col:21> col:21 referenced class depth 0 index 0 _Ty
| | | | | | -FunctionDecl 0x18bc6219838 <line:417:20, col:57> col:32 isnan 'bool (_Ty) throw()' inline
| | | | | | | -ParmVarDecl 0x18bc6219758 <col:43, col:47> col:47 _X '_Ty'
| | | | | | | -<<NULL>>
| | | | | -FunctionTemplateDecl 0x18bc6219bf0 <line:422:5, line:423:60> col:32 isnormal
| | | | | | -TemplateTypeParmDecl 0x18bc62199b8 <line:422:15, col:21> col:21 referenced class depth 0 index 0 _Ty
| | | | | | -FunctionDecl 0x18bc6219b48 <line:423:20, col:60> col:32 isnormal 'bool (_Ty) throw()' inline
| | | | | | | -ParmVarDecl 0x18bc6219a68 <col:46, col:50> col:50 _X '_Ty'
| | | | | | | -<<NULL>>
| | | | | -FunctionTemplateDecl 0x18bc621a050 <line:428:5, line:429:76> col:32 isgreater
| | | | | | -TemplateTypeParmDecl 0x18bc6219cc8 <line:428:15, col:21> col:21 referenced class depth 0 index 0 _Ty1
| | | | | | -TemplateTypeParmDecl 0x18bc6219d50 <col:27, col:33> col:33 referenced class depth 0 index 1 _Ty2
| | | | | | -FunctionDecl 0x18bc6219fa8 <line:429:20, col:76> col:32 isgreater 'bool (_Ty1, _Ty2) throw()' inline
| | | | | | | -ParmVarDecl 0x18bc6219e00 <col:47, col:52> col:52 _X '_Ty1'
| | | | | | | -ParmVarDecl 0x18bc6219e80 <col:61, col:66> col:66 _Y '_Ty2'
| | | | | | | -<<NULL>>
| | | | | -FunctionTemplateDecl 0x18bc621a470 <line:434:5, line:435:81> col:32 isgreaterequal
| | | | | | -TemplateTypeParmDecl 0x18bc621a130 <line:434:15, col:21> col:21 referenced class depth 0 index 0 _Ty1
| | | | | | -TemplateTypeParmDecl 0x18bc621a1b0 <col:27, col:33> col:33 referenced class depth 0 index 1 _Ty2
| | | | | | -FunctionDecl 0x18bc621a3c8 <line:435:20, col:81> col:32 isgreaterequal 'bool (_Ty1, _Ty2) throw()' inline
| | | | | | | -ParmVarDecl 0x18bc621a260 <col:52, col:57> col:57 _X '_Ty1'
| | | | | | | -ParmVarDecl 0x18bc621a2e0 <col:66, col:71> col:71 _Y '_Ty2'
| | | | | | | -<<NULL>>
| | | | | -FunctionTemplateDecl 0x18bc6212170 <line:440:5, line:441:73> col:32 isless
| | | | | | -TemplateTypeParmDecl 0x18bc6211e30 <line:440:15, col:21> col:21 referenced class depth 0 index 0 _Ty1
| | | | | | -TemplateTypeParmDecl 0x18bc6211eb0 <col:27, col:33> col:33 referenced class depth 0 index 1 _Ty2
| | | | | | -FunctionDecl 0x18bc62120c8 <line:441:20, col:73> col:32 isless 'bool (_Ty1, _Ty2) throw()' inline
| | | | | | | -ParmVarDecl 0x18bc6211f60 <col:44, col:49> col:49 _X '_Ty1'
| | | | | | | -ParmVarDecl 0x18bc6211fe0 <col:58, col:63> col:63 _Y '_Ty2'
| | | | | | | -<<NULL>>
```

Рисунок 3 – Фрагмент сгенерированного AST

Представленный дамп показывает, как clang отображает шаблонные функции в AST. Каждая функция определяется через шаблон (FunctionTemplateDecl) с одним или несколькими типами-параметрами (TemplateTypeParmDecl), причем для каждого шаблона предоставляется одна специализация функции (FunctionDecl). В этих специализациях используются параметры-типы, заданные в шаблоне для определения функций. Данная структура позволяет C++ компиляторам, таким как clang, генерировать конкретные экземпляры функций из шаблонов в зависимости от контекста использования, обеспечивая мощные возможности для обобщенного программирования.

Для дальнейшего анализа построение AST производилось на языке Python с использованием модуля "ast", который является стандартной библиотекой. Данный модуль помогает Python приложениям обрабатывать AST. Реализация кода программы представлена ниже.

```
def add_vectors(v1, v2):
    size = min(len(v1), len(v2))
    result = [v1[i] + v2[i] for i in range(size)]
    return result

def main():
    vec1 = [1, 2, 3]
    vec2 = [4, 5, 6]
    result = add_vectors(vec1, vec2)

    print("Result of addition: ", end="")
```

```

for num in result:
    print(num, end=" ")
print()

if __name__ == "__main__":
    main()

```

На (рис. 4) показан фрагмент построенного абстрактного синтаксического дерева.

```

Module(
  body=[
    FunctionDef(
      lineno=2,
      col_offset=0,
      end_lineno=5,
      end_col_offset=17,
      name='add_vectors',
      args=arguments(
        posonlyargs=[],
        args=[
          arg(lineno=2, col_offset=16, end_lineno=2, end_col_offset=18, arg='v1', annotation=None, type_comment=None),
          arg(lineno=2, col_offset=20, end_lineno=2, end_col_offset=22, arg='v2', annotation=None, type_comment=None),
        ],
        vararg=None,
        kwonlyargs=[],
        kw_defaults=[],
        kwarg=None,
        defaults=[]),
      ),
    body=[
      Assign(
        lineno=3,
        col_offset=4,
        end_lineno=3,
        end_col_offset=32,
        targets=[Name(lineno=3, col_offset=4, end_lineno=3, end_col_offset=8, id='size', ctx=Store())],
        value=Call(
          lineno=3,
          col_offset=11,
          end_lineno=3,
          end_col_offset=32,
          func=Name(lineno=3, col_offset=11, end_lineno=3, end_col_offset=14, id='min', ctx=Load()),
          args=[
            Call(
              lineno=3,
              col_offset=15,
              end_lineno=3,
              end_col_offset=22,
              func=Name(lineno=3, col_offset=15, end_lineno=3, end_col_offset=18, id='len', ctx=Load()),

```

Рисунок 4 – Фрагмент AST на Python

Этот фрагмент иллюстрирует, как анализируется код и представляется в виде структурированного дерева, которое затем может быть использовано для различных целей, таких как оптимизация кода, статистический анализ, автоматическая генерация и т.д.

Для того, чтобы визуализировать дерево, требуется написать скрипт, который анализирует код, строит его AST, и затем рекурсивно обходит абстрактное синтаксическое дерево, создавая узлы и связи для визуализации с помощью Graphviz. Для этого была добавлена следующая функция.

```

def visualize_ast(node, graph=None, parent=None, name=None):
    if graph is None:
        graph = Digraph()
        graph.node_attr.update(shape='box')

```

Результатом работы является граф, иллюстрирующий структуру дерева, который может сохраняться в файл или отображаться напрямую. На рисунке 5 показана часть большого дерева.

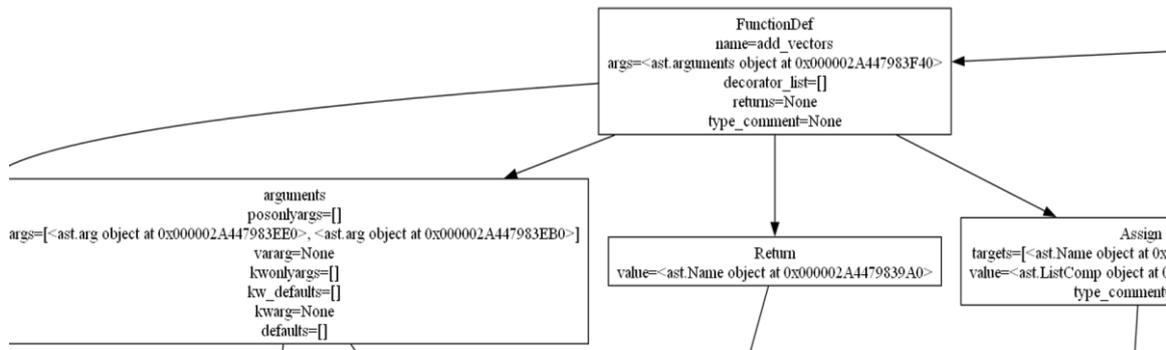


Рисунок 5 – Фрагмент визуализированного AST

В представленном фрагменте «FunctionDef» является узлом, представляющим определение функции «add_vectors», которая принимает два аргумента «v1» и «v2». Arguments представляет собой дочерний узел «FunctionDef», который содержит информацию об аргументах функции. Узлы «Assign» представляют операции присваивания. Узлы «Return» отображают инструкцию возврата из функции. В данном случае функция «add_vectors» возвращает переменную «result». Эти описания соответствуют следующему фрагменту кода.

```
def add_vectors(v1, v2):
    size = min(len(v1), len(v2))
    result = [v1[i] + v2[i] for i in range(size)]
    return result
```

Заключение

AST являются фундаментальным инструментом в области разработки компиляторов и профилировщиков, предоставляя детальное представление структуры исходного кода. Их применение в интерпретирующих профилировщиках, несмотря на сложность реализации, открывает широкие возможности для улучшения производительности и качества ПО. Анализ AST позволяет оптимизировать код, устраняя избыточные операции, и обеспечивает точную диагностику критических участков, что особенно ценно при работе с такими языками программирования, как C.

Эффективность профилирования заключается в способности детально настраивать производительность через анализ взаимодействий между процедурами и применение эффективных оптимизаций, например, встраивание функций и модернизацию циклов. Кроме того, автоматизация рефакторинга с помощью инструментов, основанных на AST, способствует совершенствованию практик программирования, повышению читаемости кода и, как следствие, облегчению его обслуживания. В итоге применение AST в профилировщиках и инструментах статического анализа является стратегически важным подходом для разработки высокоэффективных программных решений.

Литература

1. Аветисян А.И., Курмангалеев К.Ю., Курмангалеев Ш.Ф. (2011) Динамическое профилирование программы для системы LLVM // Труды ИСП РАН, 2011. №21. С. 71-82.
2. Пласковицкий В.А., Урбанович П.П. (2014) Использование абстрактных синтаксических деревьев для обфускации кода // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика, 2014. №6 (170). С. 142-146.
3. Сидорова Е.В., Дмитриева Н.Г., Калинина Н.А. (2019) Решение задачи построения графа зависимостей программных модулей в системе node.JS // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева, 2019. №4 (127). С. 44-52.
4. Федотов Е.Л., Федотов А.А., Мадумарова К.В. (2016) Методика унификации процессов интерпретации программного кода // Вестник евразийской науки, 2016. №3(34). С. 142.
5. Abdulhamit S. (2020) Practical Machine Learning for Data Analysis Using Python // Academic Press, 2020, p. 534.
6. Abelson H., Sussman G.J. (1996) Structure and Interpretation of Computer Programs, second edition // MIT Press, 1996, pp.574.
7. Ampomah E. K., Mensah E., Gilbert A. (2017) Qualitative Assessment of Compiled, Interpreted and Hybrid Programming Languages // Communications on Applied Electronics. 2017 № 7, pp. 8-13.
8. Maruthamuthu R., Dhaliya D., Abbas A. H., Barno A. (2023) Advancements in Compiler Design and Optimization Techniques // E3S Web of Conferences, 2023. Vol. 399, p/4047.
9. Parr T. (2013) The Definitive ANTLR 4 Reference // Pragmatic Bookshelf 2013, pp.305.
10. Rajwal S. Chakraborty P. (2023) Application of artificial intelligence in compiler design // Proceedings of Forty-first National Conference on Recent Trends in 5G Technology & Artificial Intelligence. 2023, pp.234-239.
11. Singla T., Vashishtha V., Singh S. (2014) Compiler Construction // International Journal of Research, 2014. Vol.1, №9 URL: <https://journals.pen2print.org/index.php/ijr/article/view/610>.

Дополнительные источники

1. Assembling a Complete Toolchain // clang. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clang.llvm.org/docs/Toolchain.html>.
2. CIL - Infrastructure for C Program Analysis and Transformation (v. 1.3.7) // people.eecs.berkeley. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://people.eecs.berkeley.edu/~necula/cil/>.
3. GCC online documentation // gcc.gnu. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc-13.2.0/gcc/>.
4. Introduction to Interpreters // geeksforgeeks. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-interpreters/>.
5. Python parser for C, C++ // doanminhdang. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://doanminhdang.gitlab.io/notes/Tools/Software/Python/Python_parser_for_C,_C++.html

References in Cyrillics

1. Avetisyan A.I., Kurmangaleev K.Yu., Kurmangaleev Sh.F. Dinamicheskoe profilirovanie programmy` dlya sistemy` LLVM // Trudy` ISP RAN, 2011. №21. S. 71-82.
2. Plaskoviczkij V.A., Urbanovich P.P. Ispol`zovanie abstraktny`x sintaksicheskix derev`ev dlya obfus-kacii koda // Trudy` BGTU. Seriya 3: Fiziko-matematicheskie nauki i informatika, 2014. №6 (170). С. 142-146.
3. Sidorova E.V., Dmitrieva N.G., Kalinina N.A. Reshenie zadachi postroeniya grafa zavisimostej pro-grammny`x modulej v sisteme node.JS // Trudy` NGTU im. R. E. Alekseeva, 2019. №4 (127). С. 44-52.
4. Fedotova E.L., Fedotov A.A., Madumarova K.V. Metodika unifikacii processov interpretacii pro-grammnogo koda // Vestnik evrazijskoj nauki, 2016. №3(34). С. 142.

Ключевые слова:

Оптимизация и профилирование, абстрактные синтаксические деревья (AST), инструменты для ра-боты с AST, анализ и выполнение кода, методы компиляции и интерпретации.

*Егунов Виталий Алексеевич – доцент кафедры «ЭВМ и системы» Волгоградского государствен-ного технического университета, Волгоград, Россия,
ORCID: 0000-0001-9087-3275, vegunov@mail.ru*

*Шабаловский Владимир Андреевич – магистрант кафедры «ЭВМ и системы» Волгоградского госу-дарственного технического университета, Волгоград, Россия,
shabalovsky.v@mail.ru*

***Vitaly A. Egunov, Vladimir A. Shabalovsky. Using interpretation and compilation techniques to im-
prove software efficiency*****Keywords:**

Optimization and profiling, abstract syntax trees (AST), tools for working with AST, code analysis and execution, compilation and equivalence methods

DOI: 10.34706/DE-2024-03-08

JEL classification: L86 –Информация и интернет-сервисы, компьютерное программное обеспечение

Abstract

The article provides a detailed examination of the application of compilation and code interpretation meth-ods in software development, focusing on the use of abstract syntax trees (AST) for code optimization and profiling with examples in C++ and Python. The process of creating interpreting profilers based on AST, which integrate performance analysis into the program execution process, is explained. The stages of interpreter de-velopment and the use of tools such as Clang and Python for working with AST are described. The article also presents specific examples of constructing and using AST, demonstrating the importance of these methods for improving the overall efficiency of software solutions.

УДК: 338.5

1.9. Концепция экономического индивида с универсальным инструментом координации

Паринов С.И., г.н.с. ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

В современной экономической литературе отмечается, что понимание устройства и моделирование работы коллективных ментальных конструкций (моделей) способствует развитию методов анализа процессов выбора и принятия решений, а также лучшему пониманию процессов эволюции экономических систем. Предлагаемое исследование, развивая эту тему, обосновывает идею, что каждый экономический индивид обладает универсальным инструментом координации (УИК), главным элементом которого являются коллективные ментальные конструкции. Индивиды оптимизируют настройки УИК в целях максимально полного учета деятельности друг друга в целях увеличения выгоды от своей совместной деятельности. УИК с настройками является для участников совместной деятельности общей информационной средой, а также средством определения оптимального содержания их совместной деятельности. Обсуждаются основные блоки и функции УИК как особого вида агентной имитационной модели. Рассмотрены необходимые условия для использования УИК. Из полученных результатов вытекает наличие у индивидов с УИК как содержательной, так и процедурной рациональности. Из этого выводится существование в экономических системах двух видов равновесия.

1. Введение

Полученные в работах [Паринов, 2023а; Паринов, 2023б] результаты позволяют обосновать идею о наличии у каждого экономического индивида универсального инструмента координации, который может быть представлен как особая агентная имитационная модель. Данный инструмент основан на способностях индивидов организовывать между собой различные варианты коммуникаций, которые приводят к возникновению у них коллективной ментальной модели. Коллективная ментальная модель, в свою очередь, делает возможным процессы координации и управления среди участников совместной деятельности, что приводит к формированию из множества индивидов различных организованных структур. Таким образом создаются условия, необходимые для ведения индивидами совместной деятельности. Создание подобных условий логически предшествует и в существенной степени определяет содержание экономической деятельности в узком смысле, когда индивиды фактически реализуют себя в роли «потребителей» и «производителей», когда они оперируют капиталом, создают прибыль и т.п.

В последние десятилетия в когнитивных науках, в социальной психологии и некоторых других областях¹ активно развивается концепция ментальных моделей индивидов [Craik, 1967; Jonker, et al., 2011]. Есть примеры использования концепции ментальных моделей и в экономических исследованиях [Mantzavinos, 2004; Mohammed, и др., 2010; Roy & Denzau, 2020]. Важность использования коллективных ментальных моделей в экономических исследованиях отмечают в своих работах нобелевские лауреаты по экономике Д. Норт [Denzau & North, 1994], Э. Остром [Ostrom, 2009] и В. Смит [Smith, 2018]. В этих работах ментальные модели чаще всего рассматриваются в контексте поведения агентов в условиях сильной неопределенности, обучения, сложности проблем выбора и т.д. [Denzau & North, 1994; Mantzavinos и др., 2004; Ostrom, 2009].

Коммуникации и обмен информацией между участниками совместной деятельности приводят к определенной синхронизации содержания их индивидуальных ментальных моделей в части, относящейся к их совместной деятельности. Таким образом, при выполнении некоторых условий у участников возникает коллективная ментальная модель [Johnson-Laird, 1980; Badke-Schaub и др., 2007; Salas и др., 2005]. В литературе коллективные ментальные модели наиболее часто определяются как «структуры знаний, которыми обладают члены команды, которые позволяют им формировать точные объяснения и ожидания относительно задачи и, в свою очередь, координировать свои действия и адаптировать свое поведение к требованиям задачи и других членов команды» [Jonker, et al., 2011, p. 133].

Гипотеза о коллективной ментальной модели предполагает, что индивиды обладают способностью отображать наблюдаемый внешний мир в готовую к использованию модель этого мира. Процесс формирования и актуализации такой модели в сознании индивидов происходит автоматически и в определенной степени коллективно с другими индивидами. С помощью этой модели индивиды могут проигрывать (имитировать) в некоторых случаях коллективно различные варианты своих действий в связи с

¹ Например, в исследованиях мульти-агентных систем [Hindriks, Riemsdijk, 2009]

предполагаемыми событиями во внешнем мире. В процессе имитаций они могут оценивать выгоду от своих действий и связанные с этим затраты, а также определять, каким образом они могут получить наибольшую выгоду с наименьшими затратами с учетом намерений и возможностей друг друга. На основе этого они могут принимать в определенной степени согласованные решения о наилучшем содержании своей деятельности и фиксировать ответственность за принятые решения. В процессе реализации совместной деятельности они могут сравнивать ожидаемую и фактическую деятельность друг друга, а также менять параметры совместной деятельности, адаптируя их к происходящим и ожидаемым изменениям в условиях для совместной деятельности. Функционирование коллективных ментальных моделей в таком виде включает как процессы координации совместной деятельности, так и процессы ее управления.

Включение в научный анализ концепции коллективной ментальной модели создает условия для исследования влияния на экономическое поведение человека факторов, которые определяют основные направления современного развития экономики и общества. К этим факторам относятся: 1) совершенствование когнитивных возможностей человека в рамках различных ограничений, связанных с нормами и законами человеческого поведения в обществе, 2) совершенствование возможностей ментальных моделей за счет переноса части процессов из сознания людей в компьютерные системы с использованием современных алгоритмов обработки и анализа данных, искусственного интеллекта и т.п.; 3) проверка достоверности информации через анализ обратных связей в процессе сравнения информации в ментальных моделях с реальностью.

Постоянная синхронизация содержания коллективной ментальной модели с реальностью создает обратные связи, которые позволяют агентам сравнивать ожидаемые (вычисленные в ментальной модели) результаты их совместной деятельности с реальными. Если обнаруживаются расхождения, то агенты могут выяснять их причины для исправления ситуации. Коллективный характер формирования ментальной модели позволяет агентам определять способы исправления и улучшения ее содержания в целях приближения ожидаемых результатов от совместной деятельности к фактически получаемым. Поскольку совместная экономическая деятельность является для агентов средством коллективного выживания, то у агентов есть сильные мотивации к улучшению точности коллективных ментальных моделей. Для этого агенты могут менять их конструкцию, правила использования и/или состав участников совместной деятельности, чтобы предотвращать оппортунистическое поведение отдельных индивидов, намеренное искажение информации и т.п.

Таким образом, коллективная ментальная модель является инструментом, который дан индивидам природой и развивается ими в процессе социальной эволюции и научно-технического прогресса для эффективного взаимного учета деятельности друг друга, независимо от ее вида, в целях координации и управления. По своей сути коллективная ментальная модель имеет прямое отношение к важнейшим процессам, происходящим с индивидами в микроэкономике (рассматриваются индивиды в роли участников совместной экономической деятельности):

- с помощью такой ментальной модели индивиды интегрируют рассеянное знание [Науек, 1945], которое важно для учета индивидуальных возможностей и намерений друг друга в процессе принятия ими индивидуальных решений о содержании их совместной деятельности;
- в коллективной ментальной модели индивиды анализируют собранную информацию, проигрывают возможные варианты их деятельности, оценивают выгоду от различных вариантов их деятельности и индивидуальную ценность ресурсов, которые им требуются; на эти процессы влияют присущие индивидам и ментальным моделям в целом ограниченные когнитивные и вычислительные возможности [Stigler, 1961; Саймон, 1993];
- в этой модели проявляется рациональность индивидов, включая ее ограниченность [Саймон, 1993], а также их оппортунистическое поведение [Уильямсон, 1993];
- в коллективной ментальной модели индивиды конструируют способы координации, организационные структуры и механизмы [Hurwicz, 1973], которые позволяют им повысить полноту учета рассеянного знания в целях максимизации выгоды от их деятельности и минимизировать затраты;
- в этой модели индивиды принимают решения о содержании своей текущей деятельности с учетом намерений и содержания деятельности других участников;
- в коллективной ментальной модели индивиды отслеживают и анализируют изменения и возмущения в условиях для их совместной деятельности, которые требуют от них изменений как в способах координации, так и в содержании их деятельности;
- коллективная ментальная модель выполняет системообразующие функции, поскольку с ее помощью индивиды устанавливают между собой связи и определяют взаимозависимости, которые приводят к формированию из участников совместной деятельности экономической системы некоторого вида;
- это же модель выполняет роль «общего основания» [Klein et al., 2005] участников совместной деятельности и «носителя» рационального экономического порядка [Науек, 1945], созданного и совершенствуемого индивидами в целях повышения эффективности их совместной деятельности.

От коллективной ментальной модели зависит основной для микроэкономической теории процесс: оптимальное распределение ограниченных ресурсов в реализации неограниченных потребностей индивидов. В частности, конструкция такой модели определяет, в какой степени ограниченные ресурсы

распределяются между индивидами в соответствии с максимальной индивидуальной ценностью этих ресурсов. Превращение концепции коллективной ментальной модели в научный инструмент и интеграция представлений об этой модели в экономическую теорию обещают существенное развитие для микроэкономики. Поскольку ментальная модель является прямо ненаблюдаемой сущностью, возникающей и существующей в сознании индивидов, то первоочередной задачей является ее описание и моделирование [Denzau & North, 1994].

Естественной ассоциацией к процессам функционирования коллективной ментальной модели является имитационное моделирование: «Ментальная модель создается ... и может быть использована аналогично компьютерным моделям, позволяя человеку мысленно исследовать и тестировать различные возможности, прежде чем действовать» [Jones et al., 2011, p. 5]. Исходя из этого, данное исследование рассматривает коллективную ментальную модель как особый класс коллективных агентно-ориентированных имитационных моделей, в которых агенты сами актуализируют в модели свои информационные образы. Саймон писал, что если «знания и вычислительные мощности лица, принимающего решения, строго ограничены, тогда мы должны различать реальный мир и восприятие его и рассуждения о нем субъекта» [Simon, 1986, p. 280]. Поэтому в данном исследовании в модельном представлении агентов, использующих коллективные ментальные модели, предложено отдельное представление «реальности», которое включает представление общей среды для совместной деятельности индивидов и существующих в этой среде условий для их деятельности, а также представление ментального отражения «реальности», которое соответствует содержанию ментальных моделей этих агентов.

Одной из проблем для построения имитационной модели для ментальной модели является описание режимов ее работы при разных вариантах коммуникаций между индивидами. В данном исследовании эта проблема рассматривается для всех основных вариантов коммуникаций: прямых, косвенных и отсутствия коммуникаций. От выбранного варианта коммуникаций между индивидами зависит полнота учета важных для их совместной деятельности факторов, а также связанный с этим размер затрат. Чем выше полнота учета, тем выше вероятность получения индивидами большей выгоды от их деятельности. С другой стороны, чем выше полнота учета, тем больше затраты на коммуникации и обработку информации, что снижает общий размер ожидаемой выгоды. Для достижения максимальной общей выгоды рациональные индивиды решают задачу оптимизации, одна часть которой связана с подбором комбинаций вариантов коммуникаций, а другая с настройками и конфигурированием коллективной ментальной модели.

Для отражения комплексного характера применения коллективной ментальной модели в сочетании с определенными вариантами коммуникаций введено понятие универсального инструмента координации и управления. Для краткости далее термин «управление» опускается. Термин «координация» в рамках данного исследования подразумевает также и «управление». В соответствии с этим, далее используется термин «универсальный инструмент координации».

Имитационная модель для ментальной модели является частью модели универсального инструмента координации. В модели универсального инструмента координации задача оптимизации общей выгоды рассматривается как процедура подбора настроек, которые обеспечивают наилучший для участников некоторого вида совместной деятельности учет распределенной информации при минимальных затратах. Использование участниками совместной деятельности общих настроек универсального инструмента координации рассматривается в данном исследовании как применение ими некоторого способа координации.

Целью данной статьи является общее концептуальное описание модели универсального инструмента координации, включая процессы его формирования и функционирования при всех основных вариантах коммуникаций, в том числе в виде определенного способа координации. В следующем разделе представлено общее описание этого инструмента. Раздел 3 посвящен описанию процессов формирования и функционирования универсального инструмента координации при основных вариантах коммуникаций и включает обсуждение реальных экономических примеров. В разделе 4 обсуждается связь результатов исследования с некоторыми математическими моделями экономики. В разделе 5 подводятся основные итоги исследования и перечисляются возможные направления его развития.

2. Универсальный инструмент координации

В формировании, актуализации и функционировании коллективной ментальной модели (КММ) ключевую роль играют коммуникации между участниками совместной деятельности. «Улучшение коммуникационных связей приведет к эволюции ментальных моделей связанных людей, которые будут сближаться, а не расходиться, поскольку они продолжают учиться непосредственно у мира» [Denzau & North, 1994, с. 10]. Исходя из самых общих представлений об индивидах (социально-экономических агентах) и среде их совместной деятельности примем, что между агентами могут существовать следующие основные варианты коммуникаций:

- 1) Прямые коммуникации, т.е. «живое» общение между членами команды и в других малых группах, при которых координация их деятельности возникает как результат договоренностей между участниками. Таким образом, как правило, взаимодействуют участники совместной деятельности в небольших фирмах и компаниях, которым присуща сетевая форма организации. На прямых коммуникациях также основаны иерархические организации, в которых

- интенсивность коммуникаций искусственно уменьшена за счет передачи исполнителями прав принимать решение о содержании своей деятельности менеджерам [Паринов, 2023а];
- 2) Косвенные коммуникации, опосредуемые изменениями в общей среде. В экономике наиболее известным примером использования косвенных коммуникаций является рыночная деятельность, в процессе которой агенты приходят к координации в результате нащупывания² наилучшего содержания своей деятельности методом проб и ошибок, производя изменения в общей рыночной среде.;
 - 3) Предшествующие коммуникации, которые позволяют агентам заранее создавать статичные КММ для координации текущей совместной деятельности без использования коммуникаций. Координация в этом случае происходит в результате нащупывания агентами лучшего варианта деятельности без текущих коммуникаций и без прямого влияния других участников. Такая статичная КММ может, например, содержать некоторые общие для всех правила и выполнять роль экономических институтов с координирующими функциями.

Этот перечень вариантов коммуникаций является полным и исчерпывающим, т.к. для любого заданного участника совместной деятельности способы его коммуникаций со всеми остальными участниками, независимо от их общего количества и индивидуальных характеристик, могут быть только из этого списка.

Использование агентами перечисленных вариантов коммуникаций сопровождается определенными затратами на координацию, которые уменьшают размер ожидаемой выгоды от их совместной деятельности. Например, агенты, тратя время на коммуникации, теряют определенный размер выгоды от своей совместной деятельности, которую они могли бы создать за это время. В этом смысле затраты на координацию близки по содержанию к понятию «транзакционные издержки» [Коуз, 1995; Уильямсон, 1996].

2.1. Определение универсального инструмента координации

Рациональные агенты ради получения большей выгоды от совместной деятельности стремятся в процессе координации полнее учесть важные факторы, информация о которых распределена между ними. В данном исследовании, следуя Парето, выгода рассматривается как относительное понятие, которое определяется в сравнении двух или нескольких наборов благ, являющихся результатами деятельности агентов. Агенты обладают способностью определять, что один набор результатов деятельности является более выгодным или предпочтительнее другого.

Повышение полноты учета требует больше коммуникаций между участниками, что повышает затраты на координацию и снижает фактический размер ожидаемой выгоды. Таким образом, величина выгоды от совместной деятельности и размер затрат на координацию являются взаимозависимыми величинами. Следовательно, для получения максимальной выгоды от совместной деятельности за счет ее координации агентам необходимо определить оптимальную комбинацию вариантов коммуникаций, а также конфигурацию КММ, которые для заданного вида совместной деятельности дадут оптимальное соотношение между, с одной стороны, полнотой учета важных факторов, определяющей максимальный размер ожидаемой выгоды, а с другой – минимальным размером затрат на достижение этой полноты учета [Паринов, 2023б].

Данные возможности агентов можно интерпретировать как наличие у них универсального инструмента координации (УИК). УИК представляет собой присущие каждому агенту способности конструировать для заданного вида совместной деятельности варианты коммуникаций с другими участниками и подбирать конфигурацию КММ. Эти действия обеспечивают агентам при прочих равных условиях максимальную выгоду от их совместной деятельности. Данный инструмент, с одной стороны, является индивидуальным, т.к. с его помощью каждый участник совместной деятельности самостоятельно³ определяет содержание своей индивидуальной деятельности. С другой стороны, этот инструмент является коллективным, т.к. в принятии решения о содержании деятельности отдельного агента через КММ участвуют другие агенты.

Для возникновения координации и ее поддержания во времени агенты должны выполнить в УИК следующие действия [Паринов, 2023в]:

- 1) формирование и актуализация содержания КММ с помощью всех вариантов коммуникаций;
- 2) проигрывание (имитация) в КММ различных вариантов возможной деятельности с учетом ожидаемой деятельности других агентов, включая получение индивидуальных оценок ожидаемой выгоды и ценности ресурсов, необходимых агенту для его деятельности;
- 3) согласование или нащупывание вариантов совместной деятельности и выбор лучшего варианта;
- 4) перевод лучшего варианта в практическую реализацию, включая фиксацию ответственности за его исполнение;
- 5) мониторинг реализации совместной деятельности, наказание за нарушения, и поддержание совместной деятельности в скоординированном состоянии в ответ на возмущения.

Элинор Остром по результатам эмпирических исследований институциональных структур выделяет похожий список функций, названный «принципами дизайнера» институтов [Ostrom, 2009, с. 259].

² Имеется в виду нащупывание по Вальрасу (Walrasian tatonnement). См., например, объяснение этого понятия в [Hurwicz, Reiter, 2006].

³ Исключая иерархически организованную совместную деятельность, в которой агенты исполнители делегировали право определять содержание своей деятельности агентам руководителям [Паринов, 2023а].

Выбор и настройка вариантов коммуникаций, с помощью которых агенты информационно наполняют КММ и актуализируют ее содержание, получил в данном исследовании название «интерфейс» УИК. На основе собранной с помощью «интерфейса» информации агенты в КММ генерируют и проигрывают возможные варианты деятельности. В процессе этого они определяют в некотором смысле наилучший вариант деятельности. Часть УИК, в которой агенты выполняют эти действия, получила название «вычислитель». Таким образом, конструкция УИК рассматривается как состоящая из «интерфейса» и «вычислителя», которые имеют ряд настраиваемых параметров. На вход «интерфейса» УИК поступает информация об условиях для деятельности агентов, а на выходе из «вычислителя» УИК – содержание деятельности каждого агента, учитывающее деятельность других агентов.

2.2. Необходимые условия для универсального инструмента координации

Самым общим условием для возникновения координируемой совместной деятельности является наличие у агентов общих намерений и возможностей для коммуникаций [Cohen et al., 1997]. Кляйн и др. также отмечали, что «критериями совместной деятельности являются намерение сторон работать вместе и их работа взаимозависима» [Klein et al., 2005, p. 6]. В работе [Klein et al., 2005] для описания условий возникновения координации в совместной деятельности введено понятие «общее основание» (common ground): «Одним из ключевых аспектов совместных действий является процесс поиска общего основания для обеспечения координации» [Klein et al., 2005, p. 37]. Для появления у участников совместной деятельности общих оснований, согласно [Klein et al., 2005, p. 37], требуется:

- 1) совместимость типов знаний, убеждений и предположений, которые важны для совместной деятельности, включая знание ролей и функций, стандартных процедур и т. д.;
- 2) наличие механизма, который приводит состояния участников к общему основанию: подготовка, контроль и поддержание, выявление и устранение помех;
- 3) основной договор (basic contract), обязывающий участников совместной деятельности постоянно проверять и корректировать общее основание.

Отметим, что осуществление совместной деятельности при разных вариантах коммуникаций по-разному зависит от полноты выполнения перечисленных общих оснований. Требования к наличию общих оснований являются максимальными при прямых коммуникациях, уменьшаются при косвенных коммуникациях и при действиях агентов на основе общих правил, т.е. при отсутствии коммуникаций. Однако наличие определенных общих оснований у участников совместной деятельности [Klein et al., 2005] является необходимым условием использования УИК. Кроме этого, для возникновения координируемой совместной деятельности можно выделить еще ряд требований, без выполнения которых УИК не приводит к координации:

- a) Для возникновения и поддержания координации КММ агентов должна содержать актуальную и достаточно полную информацию об участниках и условиях их совместной деятельности;
- b) Если выполнено «а», то должен существовать хотя бы один вариант совместной деятельности, ожидаемая выгода агентов от которого превышает их расходы, а вычислительные возможности агентов должны быть достаточны для нахождения с помощью КММ этого варианта;
- c) Если выполнено «b», то вычислительные возможности агентов должны позволять им определять содержание их совместной деятельности быстрее, чем непредсказуемые возмущения в условиях совместной деятельности нарушат выполнение «а».

Условия «а» - «b» являются достаточно очевидными. Из них следует, что координация невозможна, если у участников совместной деятельности и/или у их КММ отсутствуют необходимые характеристики. Условие «с» является более сложным, поэтому рассмотрим его подробнее.

На способности агентов координировать свою деятельность влияет стохастическая природа общей среды и самих агентов. В условиях для совместной деятельности, включая состояния самих агентов, с определенной частотой происходят непредсказуемые изменения (возмущения).

Для возникновения и поддержания координации важным является соотношение между вычислительными возможностями агентов и интенсивностью потока возмущений. Среди всех возможных возмущений в условиях для совместной деятельности критичными являются такие, которые обесценивают уже достигнутую агентами координацию и требуют выполнить координацию заново. В свою очередь, вычислительные возможности агентов определяют количество времени, которое им требуется для анализа входного потока информации и принятия решения о содержании своей деятельности в КММ.

Описанная выше конструкция УИК при наличии необходимых условий приводит к координации, если вычислительные возможности агентов соответствуют сложности задачи учета деятельности друг друга, которая, в свою очередь, зависит от интенсивности возмущений и от количества информации, которую агентам необходимо проанализировать в КММ.

2.3. Универсальный инструмент координации как имитационная модель

Решение задачи оптимизации настроек и параметров УИК требует создания соответствующей модели. В целях построения абстрактной модели УИК предлагается использовать очевидную ассоциацию функционирования КММ, которая является важнейшей частью УИК, с имитационным моделированием [Jones et al., 2011, p. 5]. В литературе встречаются примеры описания КММ как агентных имитационных моделей [Fan и Yen, 2007; Stuit и др., 2007; Sayama и др., 2011], которые в сравнении с данным

исследованием не учитывают различия работы КММ при разных вариантах коммуникаций и описывают функции КММ достаточно упрощенно.

В предлагаемом исследовании УИК, состоящий из блоков «интерфейс» и «вычислитель», рассматривается как особый класс коллективных агентно-ориентированных имитационных моделей, в которых агенты сами актуализируют свои информационные образы. В данной модели выделяются два уровня взаимодействия агентов: 1) модельное представление «реальности», которое включает представление общей среды для совместной деятельности агентов, а также существующих в этой среде условий для их деятельности; 2) модельное представление ментального отражения «реальности», которое соответствует содержанию КММ.

Ментальное отражение «реальности», т.е. второй уровень модели УИК, создается функционированием «интерфейса». Некоторые характеристики КММ, например, полнота учета важных для совместной деятельности факторов, определяется настройками «интерфейса». Содержание второго уровня модели УИК можно рассматривать как некоторую рекурсию содержания первого уровня, т.к. ментальное отражение реальности должно обладать определенной точностью. «Ментальные модели, как правило, являются функциональными, а не полными или точными представлениями реальности. Ментальная модель — это упрощенное представление реальности, позволяющее людям взаимодействовать с миром. Из-за когнитивных ограничений невозможно и нежелательно представить каждую деталь, которую можно найти в реальности» [Jones et al., 2011, p. 6].

Точность этой рекурсии определяется возможностями блока «интерфейс». Однако текущие вычислительные возможности в блоке «вычислитель» определяют способность агентов обработать и проанализировать полученную информацию. С учетом этого будем считать, что верхнюю границу полноты ментального отражения реальности определяют текущие вычислительные возможности агентов и другие ограничения блока «вычислитель» в целом.

3. Формирование и функционирование универсального инструмента координации

В разделе рассматривается реализация функций «интерфейса» и «вычислителя» УИК при всех основных вариантах коммуникаций, а также соответствующие экономические примеры.

3.1. Блок «интерфейс»

Таблица 1. Формирование КММ при основных вариантах коммуникаций

Прямые коммуникации
Прямые коммуникации представляют собой межперсональный обмен информации без посредников по типу «все со всеми». За счет этого участники совместной деятельности поддерживают в сознании друг друга актуальное представление о текущих возможностях, намерениях и текущем содержании деятельности друг друга. Таким образом, в режиме прямых коммуникаций в блоке «интерфейс» каждый отдельный агент напрямую передает в КММ и получает из КММ информацию, которая требуется участникам совместной деятельности для вычисления содержания своей деятельности, учитывающей ожидаемую деятельность друг друга.
Косвенные коммуникации
При косвенных коммуникациях агенты оставляют в общей среде следы своей деятельности и/или определенные метки, которые считываются и анализируются другими агентами для учета возможностей и намерений друг друга по отношению к совместной деятельности. Процесс формирования КММ при косвенных коммуникациях предполагает создание агентами в общей среде некоторой сигнальной системы [Klein et al., 2005]. Создаваемые агентами на базе сигнальной системы следы деятельности или метки имеют, как правило, стандартизованное оформление, что позволяет снижать затраты агентов на распознавание и анализ информации, полученной через косвенные коммуникации. Полученная информация накапливается в индивидуальных ментальных моделях агентов и обновляется в результате постоянного мониторинга агентов за изменениями в общей среде. Таким образом на базе косвенных коммуникаций содержание индивидуальных ментальных моделей агентов частично синхронизируется и за счет этого ментальные модели агентов приобретают свойства КММ.
Предыдущие коммуникации / отсутствие текущих коммуникаций
При отсутствии коммуникаций агенты могут действовать в определенной степени согласованно, если они используют КММ, созданный в результате предшествующих прямых и/или косвенных коммуникаций между ними. Такой КММ, предназначенный для использования в отсутствие текущих коммуникаций, является статичным, т.к. не может динамически актуализироваться, когда агенты его используют. Как правило, такой КММ представляет собой фиксированный набор общих правил или алгоритмов поведения, или заданный план действий, а также явные или неявные нормы, заданные поведенческие роли и инструкции, культурные общепринятые установки и другие институты с координирующими функциями. Для простоты будем все такие случаи называть координацией деятельности агентов на основе общих правил. Актуализация таких статичных КММ возможна, но может требовать больших затрат времени и ресурсов. Примером является сложность процесса совершенствования существующих институциональных структур.

Блок «интерфейс» в составе модели УИК (Таб. 1) отвечает за формирование и актуализацию содержания КММ с помощью коммуникаций. Рассмотрим принципы формирования КММ у участников

совместной деятельности при всех основных вариантах коммуникаций, включая прямые коммуникации, косвенные и предыдущие коммуникации, которые позволяют агентам вести совместную деятельность в отсутствие коммуникаций. Гибридные коммуникации, когда агенты используют комбинации основных вариантов коммуникаций [Паринов, 2023а], не рассматриваются.

3.2. Блок «вычислитель»

В блоке «вычислитель» абстрактной модели УИК происходит определение содержания совместной деятельности агентов на основании текущего содержания КММ. Это реализуется агентами с помощью следующих функций «вычислителя»:

- 1) модельные имитации возможных вариантов деятельности, оценка ожидаемой выгоды агента и индивидуальной ценности ресурсов, необходимых для его совместной деятельности;
- 2) согласование или нащупывание взаимоприемлемых вариантов совместной деятельности, выбор лучшего варианта и перевод его в практическую реализацию.

Рассмотрим, как блок «вычислитель» выполняет эти функции при трех основных вариантах коммуникаций между агентами. Блок «вычислитель» также отвечает за поддержание совместной деятельности в скоординированном состоянии в ответ на возмущения, но в данной статье в целях упрощения эта часть функций не рассматривается. См. полное описание в [Паринов, 2023в].

3.2.1. Определение возможных вариантов деятельности

Для определения возможного содержания своей совместной деятельности агенты индивидуально выполняют модельные имитации (проигрывание) в КММ. Допустимые варианты деятельности определяются в виде заданного начального множества. В процессе модельных имитаций каждый отдельный агент на основе информации, содержащейся в КММ, учитывает ожидаемую деятельность других участников совместной деятельности. Анализируя в КММ варианты деятельности, агенты оценивают ожидаемую выгоду от соответствующей деятельности.

Для экономической деятельности в процессе проигрывания ее возможных вариантов агент дополнительно определяет индивидуальную ценность ресурсов, произведенных другими агентами, которые ему необходимо получить в процессе распределения результатов экономической деятельности между всеми агентами. Индивидуальную ценность ресурсов агент определяет как возможность получить, используя данные ресурсы в своей деятельности, выгоду определенного размера. Чем больше ожидаемая выгода от варианта действий, тем выше ценность для агента ресурсов, необходимых ему для реализации этого варианта.

Создаваемые варианты совместной деятельности агентов содержатся в КММ и доступны для анализа всем участникам соответствующей совместной деятельности. Таким образом агенты могут анализировать «чужие» варианты, в которых предусмотрено их участие. Способ попадания в КММ «чужих» вариантов зависит от варианта коммуникаций между агентами и рассматривается в следующем разделе.

В блоке «вычислитель» каждый агент из множества допустимых определенным образом выбирает вариант его совместной деятельности, который имеет лучшие оценки ожидаемой выгоды, вычисленные на базе текущего содержания КММ. Одновременно агент оценивает для лучшего варианта индивидуальную ценность ресурсов, которые ему необходимы для реализации этого варианта.

3.2.2. Выбор лучшего варианта совместной деятельности

Выбор в КММ лучшего варианта среди множества созданных агентами вариантов совместной деятельности выполняется следующими процедурами:

- 1) обмен мнениями и предложениями между участниками по поводу содержания совместной деятельности;
- 2) достижение договоренности или согласия всех агентов по поводу лучшего варианта их совместной деятельности.

Рассмотрим, как эти процедуры реализуются во всех вариантах коммуникаций (Таб. 2, 3 и 4).

Таблица 2. Выбор лучшего варианта при прямых коммуникациях

<i>Обмен мнениями и предложениями</i>
При прямых коммуникациях обмен мнениями и предложениями является наблюдаемым и хорошо изученным процессом. Агенты в форме «живого» общения обмениваются созданными в КММ вариантами их совместной деятельности, включая предложения по улучшению существующих вариантов деятельности. Таким образом агенты могут как предлагать изменения в варианты других агентов, так и предлагать новые варианты для анализа остальными участниками.
<i>Достижение договоренности</i>
Получение согласия всех участников совместной деятельности по поводу выбора лучшего варианта совместной деятельности происходит в процессе обмена мнениями и предложениями. Согласие всех агентов с выбором определенного варианта их совместной деятельности в качестве лучшего происходит под влиянием двух факторов. С одной стороны, существует стремление каждого агента получить максимальную выгоду от его совместной деятельности. С другой – агенты стремятся ограничить рост затрат на координацию, вызываемый, в частности, ростом количества времени, потраченного на поиск и согласование лучшего для всех варианта.

Саймон, развивая идеи Стиглера [Stigler, 1961], проанализировал ситуации, когда затраты на поиск информации могут превышать выгоду от нахождения лучшего варианта [Саймон, 1993]. В таких случаях у агентов возникает мотивация выбирать не лучшие, а удовлетворительные решения. Аналогичные рассуждения об издержках поиска решения применимы и к рассматриваемой ситуации. Рост размера ожидаемой участниками совместной деятельности выгоды от продолжения ее согласования сопровождается соответствующим ростом количества времени, потраченного на согласование и, как следствие, ростом затрат на координацию. Рост затрат на координацию снижает ожидаемую полную выгоду агентов. Агентам выгодно соглашаться с реализацией приемлемого или удовлетворительного, а не лучшего варианта деятельности, т.к. продолжение согласования текущего варианта в целях получения агентом большей выгоды требует дополнительного времени, что делает лучший вариант менее выгодным, чем приемлемый текущий.

Для экономической деятельности размер выгоды агента зависит, в том числе, и от результатов распределения ресурсов, которые требуются агентам для их деятельности. Поскольку от результатов распределения ресурсов зависит конечная выгода агента от его деятельности, то процесс согласования агентами варианта экономической деятельности включает одновременное согласование распределения ресурсов, создаваемых участниками совместной деятельности. При прямых коммуникациях достижение договоренности в процессе согласования содержания деятельности всех участников и согласование распределения ресурсов между ними происходит одновременно. Затраты агентов, связанные с поиском лучшего распределения ресурсов, вынуждают их и в этом случае принимать приемлемые решения вместо лучших.

Желание агентов получить максимальную выгоду в процессе согласования создает тенденцию к равновесию в коллективном определении содержания их совместной деятельности. Достижение равновесия возможно при отсутствии возмущений в условиях для совместной деятельности. В этом случае агенты могут определить Парето оптимальный вариант их совместной деятельности, в котором ни один агент не может повысить свою выгоду от совместной деятельности без снижения выгоды у других агентов.

Таблица 3. Выбор лучшего варианта при косвенных коммуникациях

<i>Обмен мнениями и предложениями</i>
При косвенных коммуникациях агенты обмениваются мнениями и предложениями путем взаимодействия с общей средой, а не друг с другом. Исходя из текущего содержания КММ, агенты индивидуально определяют лучший вариант своей совместной деятельности и отчуждают его в общую среду в виде предложения для других агентов. Агенты оформляют такие предложения в соответствии с требованиями определенной сигнальной системы. В данном исследовании отчуждение предлагаемых вариантов деятельности рассматривается как отчуждение уже готового результата деятельности, который может быть как ресурсом, так и некоторым действием. Например, в результате такого отчуждения на рынке возникают предложения агентов в виде созданных ими ресурсов или предоставляемых сервисов (действий).
<i>Достижение согласия</i>
Достижение согласия всех агентов на реализацию некоторого варианта совместной деятельности при косвенных коммуникациях реализуется как процедура типичного рыночного нащупывания, т.е. как серия попыток агентов угадать спрос друг друга и предложить друг другу ресурсы, которые будут востребованы. Признаком достижения согласия в данном случае является ситуация, когда все произведенные ресурсы востребованы агентами. Для достижения этого состояния агенты анализируют информацию о реакции (спросе) других агентов на предложенный ими вариант деятельности (ресурсы/сервисы). Используя эту информацию, они корректируют предлагаемые варианты совместной деятельности, создавая и отчуждая в общую среду новые ресурсы или сервисы. Согласование деятельности агентов в этом случае происходит методом проб и ошибок. Агенты шаг за шагом все более точно учитывают в своей деятельности реакции и ожидания других агентов, т.к. это является для них способом получения максимальной выгоды от совместной деятельности.

В рамках этой же процедуры (Таб. 3) происходит согласование распределения ресурсов в соответствии с их максимальными индивидуальными ценностями, т.к. вероятность получения ресурсов на рынке выше для тех агентов, которые предъявили самый высокий спрос на них. Точность распределения ресурсов зависит от точности выражения индивидуальной ценности ресурса в величине (характеристиках) спроса на него от заинтересованных агентов. Желание агентов получить максимальную выгоду, нащупывая методом проб и ошибок вариант деятельности, который будет наиболее востребован другими агентами, создает стремление к равновесию в содержании деятельности всех участников. При косвенных коммуникациях агенты могут нащупать Парето оптимальный вариант деятельности, который даст им максимальную выгоду, если выполняются условия:

- Используемая агентами КММ содержит достаточно точную информацию об условиях для совместной деятельности;
- Цены как измеритель величины спроса и предложения на ресурсы точно отражают вычисленную в КММ ожидаемую выгоду агентов от их совместной деятельности и связанную с этим индивидуальную ценность ресурсов.

Таблица 4. Выбор лучшего варианта в отсутствие коммуникаций (предыдущие коммуникации)

<i>Обмен мнениями и предложениями</i>
При отсутствии коммуникаций между агентами процесс обмена мнениями и предложениями в прямом виде отсутствует. Однако агенты могут использовать ранее созданные КММ, например, общие правила для определения содержания своей совместной деятельности, поскольку намерение агентов использовать общие правила придает их индивидуальным ментальным моделям свойства КММ. Ранее созданная КММ позволяет агентам проигрывать и выбирать варианты своей совместной деятельности, предполагая, что для определения содержания своей деятельности остальные участники, находящиеся в этих же условиях, используют этот же КММ или эти же общие правила.
<i>Достижение согласия</i>
Ранее созданный КММ позволяет агентам индивидуально выбирать вариант деятельности с максимальной для себя выгодой, но без возможности получить ответную реакцию на этот выбор других агентов. Выбор участниками совместности содержания их деятельности на основе одинакового статичного КММ, например, общих для всех участников правил, означает наличие определенной согласованности между деятельностью отдельных участников. В этих условиях степень согласования деятельности агентов зависит от качества статичной КММ, которую агенты используют, и от ее соответствия ситуации, в которой данная КММ применяется. Если случайные возмущения меняют условия для совместной деятельности, то требуется изменить соответствующий статичный КММ. Поддержание координации в этом случае означает отслеживание работоспособности статичных КММ и внесение в них корректив при необходимости.

В случае отсутствия коммуникаций (Таб. 4) агенты определяют лучший вариант деятельности методом проб и ошибок. Они анализируют результативность выбранного варианта деятельности, и если фактическая выгода меньше ожидаемой, то пытаются нащупать лучший вариант деятельности. Нащупывание в этом случае происходит без коммуникаций между агентами и, следовательно, другие участники не могут оказывать влияние друг на друга.

Состояние равновесия в отношениях между участниками совместной деятельности, действующих без коммуникаций друг с другом, на основе статичной КММ возможно. При отсутствии возмущений в условиях для деятельности агенты методом проб и ошибок индивидуально нащупывают лучший вариант своей деятельности. При нахождении лучшего варианта деятельности равновесие возникает не как баланс интересов агентов, а определяется невозможностью агентов, действующих на основе заданного статичного КММ, повлиять на состояние друг друга в условиях отсутствия коммуникаций между ними. Такую ситуацию можно считать случаем вырожденного равновесия.

3.3. Экономические примеры

Как было отмечено выше, УИК является способностью каждого агента учитывать деятельность других участников совместной деятельности, за счет выбора в смешанном индивидуально-коллективном варианте следующих настроек: а) варианты коммуникаций с другими участниками (настройки «интерфейса»); а также б) конфигурации и параметры КММ (настройки «вычислителя»). Настройки УИК определяют следующие характеристики координации: а) максимально возможную степень полноты учета важных факторов, от которой зависит размер выгоды от совместной деятельности, и б) величину затрат на координацию, уменьшающую полную выгоду агентов. Данные характеристики координации, в свою очередь, определяют для заданной совместной деятельности ожидаемую максимальную верхнюю границу выгоды агентов. Фактическое достижение этой верхней границы зависит как от характера реализации совместной деятельности ее участниками, так и от случайных возмущений. Рассматриваемые в данном исследовании процессы, в основном, относятся к деятельности агентов, которая приводит к возникновению координации и управления в их совместной деятельности, что логически предшествует их основной экономической деятельности. В соответствии с этим, рассматриваемые ниже примеры иллюстрируют возможности предлагаемого подхода к анализу как процессов координации, так и управления в экономике.

Очевидно, что экономические индивиды с УИК обладают системообразующими свойствами. Использование УИК с одинаковыми настройками участниками некоторого вида совместной экономической деятельности создает между ними взаимозависимости, которые превращают их в экономическую систему. С точки зрения традиционной экономической теории такие системы соответствуют определенным организационным или институциональным структурам. Наблюдаемые свойства таких систем/структур определяются вариантом коммуникаций, который доминирует в настройках УИК [Паринов, 2023а]. Так, например, свойства команд или небольших фирм, которые часто описываются как организационные структуры типа «сеть», определяются прямыми коммуникациями между их участниками. Свойства иерархических структур являются следствием прямых коммуникаций, в которых участники-исполнители делегировали свои права принимать решение о содержании деятельности участникам-менеджерам. Важные свойства рыночных структур определяются косвенными коммуникациями. Свойства институциональных структур вытекают из использования агентами результатов предшествующих коммуникаций в виде заранее сформированных статичных КММ. Такие статичные КММ представляют собой наборы правил или алгоритмы действий для заданных видов совместной деятельности или в заданных ситуациях. См. подробнее [Паринов, 2023а].

Настройки УИК, определенные для некоторого вида совместной деятельности агентов в целях получения максимальной выгоды, функционально соответствуют некоторому способу координации и управления соответствующей совместной деятельностью. Стремление агентов к максимальной полноте учета важных факторов при минимальных затратах на координацию для сложных видов совместной деятельности приводит к формированию в способах координации сложных комбинаций вариантов коммуникаций. В работе [Паринов, 2023а] приведены примеры комбинаций вариантов коммуникаций, которые присутствуют в известных способах координации типа «сеть», «иерархия» и «рынок». В частности, в структурах типа «сеть» агенты для снижения затрат могут временно использовать, если это не приводит к снижению выгоды, статичные КММ и косвенные коммуникации [Паринов, 2023а, с. 10]. В рыночных структурах агенты, с одной стороны, для снижения затрат в определенных случаях используют статичные КММ, а с другой – прямые коммуникации для повышения полноты учета важных факторов [Паринов, 2023а, с. 20].

Теоретически, настройки УИК, включая структуру комбинации вариантов коммуникаций, могут динамически меняться агентами в зависимости от изменения условий для их совместной деятельности. Таким образом, в «турбулентной» экономической среде агенты могут динамически поддерживать наилучшие характеристики способа координации, своевременно адаптируя настройки УИК к изменению условий совместной деятельности. Представленная в данном исследовании концепция индивида с УИК позволяет сформулировать и рассмотреть задачу оптимального поддержания наилучших характеристик способов координации в ответ на поток случайных возмущений. Детальный анализ этой задачи – дело будущего. В данной работе рассмотрим известную проблему, которая имеет прямое отношение к динамической оптимизации способов координации и которую Хайек описал следующим образом:

«Специфический характер проблемы рационального экономического порядка обусловлен именно тем, что знание обстоятельств, которыми мы должны пользоваться, никогда не существует в концентрированной или интегрированной форме, но только в виде рассеянных частиц неполных и зачастую противоречивых знаний, которыми обладают все отдельные индивиды. Таким образом, экономическая проблема общества — это ... проблема использования знания, которое никому не дано во всей его полноте» [Науек, 1945, Р. 1].

Построение рационального экономического порядка здесь прямо связано с полной учетной информацией, частицы которой рассеяны среди участников совместной деятельности. Концепция индивида с УИК позволяет определить способы решения экономической проблемы общества по использованию знания, которое «никому не дано во всей его полноте». В контексте данного исследования эта задача логично разделяется на две части.

Первая часть задачи – выбор оптимальных настроек УИК для совместной деятельности заданного вида. Выбор вариантов коммуникаций и конфигурации КММ, обеспечивающих наилучший учет важных факторов при минимальных затратах, дает агентам способ координации. Организация усилий агентов по созданию способа координации получила название «метакоординация» [Паринов, 2023в]. Для создания способов координации, в общем случае, агентам требуется механизм метакоординации, который позволяет координировать их усилия по конструированию способов координации для заданных видов их совместной деятельности. В работе [Паринов, 2023в] обсуждается подход к построению механизма метакоординации.

Вторая часть задачи - оптимальное применение созданного способа координации для заданного вида совместной деятельности в целях определения наилучшего содержания совместной деятельности агентов. Оптимальное использование способа координации означает нахождение агентами в текущих условиях для их совместной деятельности такого содержания деятельности, выгода от которого будет максимально близка к верхней границе, определяемой характеристиками способа координации, а затраты на координацию будут минимальны. Однако приближение к верхней границе увеличивает затраты времени агентов на поиск лучших решений и, как следствие, «с увеличением объема поиска возрастают издержки» [Саймон, 1993, с. 30], которые снижают общую выгоду. По этой причине агенты могут использовать приемлемые, а не лучшие варианты содержания деятельности [Саймон, 1993, с. 30]. Проблема оптимального применения способа координации имеет и динамический аспект, связанный с необходимостью поддержки совместной деятельности в скоординированном состоянии в ответ на поток случайных изменений в ее условиях.

Рациональный экономический порядок и решение описанной Хайеком экономической проблемы общества возникают как результат оптимальных решений в двух пространствах для взаимодействия экономических агентов. а) в пространстве, создаваемом ментальным отражением реальности, в котором агенты, используя метакоординацию, создают и совершенствуют способы координации; и б) в реальной среде, где происходит применение участниками совместной деятельности созданных способов координации.

Теоретическая возможность получения оптимальных решений для деятельности агентов в этих двух пространствах и возникновение рационального экономического порядка вытекают из предположения о рациональности участников совместной деятельности. В процессе учета и использования распределенного знания участники совместной деятельности рационально выбирают наилучшие решения как в процессе определения оптимального способа координации, так и оптимального содержания их деятельности. В этом случае проявляется два вида рациональности агентов, на которые указывал Саймон [Саймон, 1993]. Содержательная рациональность (*substantive rationality*) агентов воздействует на выбор содержания совместной деятельности, а процедурная рациональность (*procedural rationality*) определяет характеристики создаваемого или совершенствуемого способа координации.

Деятельность агентов с двумя видами рациональности при отсутствии возмущений приводит к возникновению в экономической системе двух видов равновесия. Процедурная рациональность агентов ведет к координационному или процедурному равновесию, т.е. равновесию в процессе улучшения агентами настроек УИК и характеристик соответствующего способа координации. Содержательная рациональность ведет к равновесию в процессе уточнения содержания совместной деятельности агентов, что, в том числе, проявляется как равновесие спроса и предложения в экономической системе.

Процедурная рациональность агентов означает наличие у них возможностей поддерживать устойчивость экономической системы при случайных возмущениях за счет адаптации способа координации к новым условиям. Через совершенствование способа координации, а также путем перекоординации их совместной деятельности агенты могут восстанавливать и поддерживать в экономической системе оба вида равновесия. Данное свойство агентов с УИК позволяет исследовать экономические системы, находящиеся в сложном неравновесном состоянии или вдали от равновесия. Подобный анализ позволяет выделять различные виды равновесия-неравновесия, а также исследовать возможности экономической системы сохранять свою эффективность при разных видах неравновесия.

4. Обсуждение

Концепция индивида с УИК, обладающего двумя видами рациональности, позволяет дополнить традиционное описание микроэкономической задачи максимизации целевой функции. Дополнениями в этом случае являются: а) описание присущих УИК причинно-следственных связей и движущих сил, приводящих к возникновению из участников совместной деятельности экономической системы, свойства которой определяются выбранными настройками УИК, в частности, вариантами коммуникаций; б) описание алгоритмов подбора оптимальных настроек УИК и создания для заданной экономической системы способа координации и управления, с помощью которого участники совместной деятельности максимизируют свои целевые функции и определяют поведение экономической системы в целом. С такими дополнениями агенты в микроэкономических моделях могут переопределять все условия максимизации целевой функции, включая содержание самой функции, в целях наилучшего учета намерений и возможностей друг друга, а также при возникновении критических возмущений. В этом качестве концепция УИК является расширением экономической теории, а представленная в предыдущих разделах концепция агентной имитационной модели процессов согласования совместной деятельности может стать основой для разработки блока эндогенной координации и управления для включения в существующие микроэкономические модели экономики.

Если рассматривать отдельные подходы к микроэкономическому моделированию, то в контексте данного исследования наибольший интерес представляют модели, построенные на базе математического аппарата теории игр. Теория игр предлагает формальный аппарат для изучения экономического поведения. Сравним на содержательном уровне основные положения и разработки теории игр с описанными выше представлениями об экономическом поведении на базе имитационной агентной модели индивидов с УИК. В частности, рассмотрим, какие новые аспекты экономического поведения, в сравнении с теорией игр, позволяет рассматривать предлагаемый в данном исследовании подход. Для выяснения различий будем использовать основные положения теории игр в их изложении по [Данилов, 2002].

В теории игр игра в нормальной (стратегической) форме определяется списком игроков, где для каждого игрока задается список (профиль) стратегий и для каждого профиля стратегий указывается профиль платежей (выигрышей) игроков. Стратегия, как правило, понимается как полный план действий при всевозможных ситуациях.

Аналогом игры в данном исследовании является некоторый вид совместной деятельности. Игроки как участники совместной деятельности имеют УИК и общие основания для коллективного использования УИК, а также они располагают определенными вычислительными возможностями и действуют в среде со случайными возмущениями. Участники с УИК могут использовать всевозможные варианты коммуникаций между собой и формировать КММ, которая, в идеале, является моделью всевозможных ситуаций, позволяя динамически определять профиль стратегий всем участникам в меняющихся условиях. Профиль стратегий, представленный как одно из состояний динамически актуализируемой КММ, содержит всевозможные варианты содержания совместной деятельности участников, а также для каждой стратегии включает оценки ожидаемой выгоды и затрат с учетом всех возможных действий остальных участников.

Список стратегий в данном случае не задается, а динамически вычисляется каждым игроком в КММ. Степень оптимальности профиля стратегий зависит от вычислительных возможностей игрока, интенсивности случайных возмущений, коммуникационных возможностей игрока и настроек КММ, влияющих на полноту учета информации о возможных стратегиях других игроков. Таким образом, профиль стратегий или возможное содержание совместной деятельности определяется агентами динамически для текущих условий для их совместной деятельности. Профиль ожидаемых выигрышей и затрат игроков оценивается также динамически в процессе проигрывания возможных стратегий в КММ. Профиль реальных выигрышей и затрат игроков определяется в процессе практической реализации вычисленного профиля стратегий игроков.

В отличие от игры в традиционной постановке действия участников совместной деятельности с УИК происходят в двух взаимосвязанных пространствах: в ментальном представлении реальности в КММ и

в реальном пространстве. Процесс выбора стратегий игроками в общем случае включает: а) процесс совершенствования механизма метакоординации, который формирует, например, общие правила или алгоритмы для эффективного конструирования игроками способов координации совместной деятельности; б) использование механизма метакоординации для создания новых и совершенствования существующих настроек УИК для каждого вида совместной деятельности, т.е. совершенствование способов управления/координации в целях создания условий для эффективного определения игроками стратегий с максимальным выигрышем за счет координации; в) использование способа координации/управления для поддержания совместной деятельности в скоординированном состоянии в ответ на поток случайных возмущений.

Процесс практической реализации выбранной стратегии (в общем случае, он может идти одновременно с совершенствованием стратегии) включает учет в КММ обратных связей, который дает информацию о соответствии ожидаемых характеристик стратегии реальным результатам ее применения. Это позволяет поддерживать необходимое соответствие реальности для содержания ментального пространства взаимодействия игроков.

Проанализируем, как предпосылки теории игр, определяющие выбор игроками-участниками своих стратегий, обобщаются и дополняются в случае имитационной модели участников совместной деятельности с УИК:

- Как и в теории игр, каждый участник стремится максимизировать свой выигрыш, т.е. участники совместной деятельности рациональны. Участники с УИК стремятся найти оптимальный баланс между полнотой учета важных для совместной деятельности факторов и затратами, которые связаны с этим учетом. Наличие случайных возмущений, которые требуют повторного согласования деятельности, мотивирует участников использовать приемлемые, а не лучшие стратегии.
- Предпосылка, что каждый игрок знает игру, т.е. знает выигрыш свой и остальных, для участников с УИК обобщается: участники могут и должны с некоторыми затратами получить эту информацию через УИК (через настройки коммуникаций и КММ). В общем случае участники знают, что могут получить эту информацию, но с определенными ограничениями и затратами. Понятие «общее знание» из теории игр в этом случае соответствует динамически меняющемуся содержанию КММ.
- Положение, что свои стратегии игроки выбирают одновременно и независимо, неприменимо. В предложенной имитационной модели участники в процессе обмена информацией между собой определяют содержание своей деятельности в форме договоренностей, или нащупывания, или на основе общих правил. В процессе достижения договоренностей участник знает, какие стратегии (содержание деятельности) выбирают другие участники. В остальных случаях участники на основе информации в КММ предполагают содержание совместной деятельности (стратегий) других участников.

Рассмотрим некоторые созданные в теории игр специальные постановки игры в контексте совместной деятельности, выполняемой индивидами с УИК:

1. Игра играется однократно или многократно. Можно считать, что совместная деятельность в ментальном представлении реальности проигрывается участниками практически непрерывно. При реальной реализации совместная деятельность, в зависимости от ее вида, может выполняться разными способами, включая и непрерывную реализацию. Обратные связи, существующие в КММ между совместной деятельностью в ментальной среде и в реальности, в непрерывном случае позволяют оперативно уточнять способ реализации совместной деятельности и повышать выгоду от деятельности.

2. Игра с сообщениями, с посредником или социальным планировщиком. Метафора «посредника», который, посылая секретные сведения участникам, предлагает им коррелированные стратегии, приводящие к коррелированному равновесию, в предлагаемой имитационной модели соответствует функциям КММ. Образ «социального планировщика» используется для моделирования поиска игроками механизмов доминирующей стратегии. Поиск в этом случае может быть ограничен «механизмами раскрытия», в которых каждый агент сообщает о своих личных характеристиках (предпочтения, запасы, производственный потенциал и т.п.) социальному планировщику. Планировщик использует эту информацию для вычисления состояния мира, а затем выбирает результат, предписываемый правилом социального выбора в этом состоянии, и передает его игрокам в качестве их стратегии. Все эти случаи взаимодействий между игроками могут быть реализованы на основе УИК. Однако рассмотренные в предыдущих разделах представления о возможностях индивидов с УИК в роли участников совместной деятельности позволяют описать более реалистичные схемы взаимодействий, в которых не требуются участие искусственных существ в виде «посредника» или «социального планировщика».

3. Игра с наблюдениями, в которой существует «информационная система». Из нее игроки берут информацию о состоянии природы. В этом случае стратегии игрока зависят от наблюдаемых в информационной системе значений состояния природы. В такой игре реализуется принцип выявления (revelation principle), который означает игру с прямыми указаниями участникам, что им делать. В предлагаемом подходе роль информационной системы выполняет КММ, для формирования и актуализации которой участники определяют в определенном смысле оптимальные режимы коммуникаций.

4. Игра с неполной информацией. Личная информация в такой байесовской игре отражается типом игрока и включает полезности, информированность и представления об остальных. В игре задается множество возможных типов каждого игрока. Каждый игрок знает вероятности типов других игроков. Для участников совместной деятельности похожие условия получения информации создаются в КММ, в которой они могут, подбирая режимы коммуникаций, оптимальным образом менять полноту учета распределенной между ними информации в целях получения максимальной выгоды при минимальных затратах.

5. Кооперативная игра. Образование коалиций игроками и закрепление обязательств членом коалиций. Предложенное в разделах выше представление механизмов взаимодействия участников совместной деятельности в виде имитационной модели подбора оптимальных настроек УИК позволяет представить переход от индивидуальных действий к коллективным как использование КММ и соответствующего режима коммуникаций. Полностью коллективные действия возникают при использовании прямых коммуникаций. Чисто индивидуальные действия являются следствием использования общих правил при отсутствии текущих коммуникаций между участниками. Косвенные коммуникации являются промежуточным случаем, в котором присутствуют как коллективные, так и индивидуальные действия. Предложенная модель позволяет исследовать гибкие переходы от некооперативных игр к кооперативным, а также описывает гибридные случаи, когда участники совместно используют разные режимы коммуникаций и разные степени кооперативности в своей совместной деятельности.

Резюмируя проведенное сравнение, отметим, что аппарат теории игр является адекватным и эффективным инструментом для определенных случаев экономического поведения, которые являются частными случаями, если экономическое поведение описывается на базе предложенного подхода. «Предположение о том, что люди обладают полной информацией обо всех доступных им действиях, вероятных стратегиях, которые примут другие, и вероятностях конкретных последствий, которые возникнут в результате их собственного выбора, должно быть отвергнуто в любых, кроме самых простых из повторяющихся ситуаций» [Ostrom, 2010, с. 659].

Проведем аналогичное сравнение с основанным на теории игр подходе «дизайн механизмов» (mechanism design), в котором решается задача определения формы стратегической игры, определяющей процедуру или правила выбора игроками их стратегий. Решением является определенный механизм взаимодействия игроков, который приводит в игре к решению, оптимальному для функции социального выбора [Hurwicz, 1973; Jackson, 2001; Maskin & Sjöström, 2002; Hurwicz, & Reiter, 2006]. Авторы этого подхода оценивают его возможности следующим образом: «почти любой мыслимый метод принятия социальных решений является возможным механизмом в этой структуре» [Maskin & Sjöström, 2002, p. 239].

Развиваемый в данном исследовании подход, в общем, соответствует постановке задачи дизайна механизма. Это можно проиллюстрировать на примере абстрактной «консоли», описанной основателем теории дизайна механизмов Гурвицом. Данная «консоль» реализует действие механизма распределения ресурсов и направляет агентов в принятии решений:

«Максимально упрощая, мы можем представить себе, что каждый агент имеет перед собой консоль с одним или несколькими циферблатами для настройки; выбор настроек циферблата всеми агентами однозначно определяет поток товаров и услуг (вектор торговли) между каждой парой агентов, а также производство каждого агента (вектор вход-выход), его «торговлю с природой». Не все настройки циферблата возможны, а некоторые возможны только в сочетании с другими настройками циферблата. Таким образом, возможность выполнения комплекса действий (заданная комбинация настроек набора для всех агентов) может быть разделена на индивидуальную возможность и совместимость» [Hurwicz, 1973, p. 16].

В таком описании работа «консоли» достаточно точно соответствует функциям КММ. Однако, если образ «консоли» рассматривать в контексте участников совместной деятельности, использующих УИК, то описание Гурвица необходимо дополнить. Должно быть добавлено описание природных способностей агентов и причинно-следственных связей, которые позволяют им и мотивируют их создавать «консоли» для разных видов их совместной деятельности. Также требуется добавить детали в описании конструкции консоли, которые позволяют агентам находить лучшие варианты своей деятельности с учетом возможной предполагаемой деятельности других участников, включая оценку ожидаемой выгоды от реализации этих вариантов. Предлагаемая концепция УИК позволяет описывать эти процессы точнее, чем схема функционирования «консоли» Гурвица, и поэтому является более адекватной реальным процессам использования агентами распределенного знания в целях учета деятельности друг друга.

Теория дизайна механизмов унаследовала от теории игр упрощенное представление об экономическом поведении агентов. Как отмечается в [Ostrom, 2009, с. 7], многие ситуации выбора слишком сложны, чтобы их можно было смоделировать как простую игру. Для сложных случаев в качестве инструментов для выявления закономерностей взаимодействий лучше подходят агентные модели и различные типы имитаций.

5. Заключение

Данное исследование развивает идею, что все участники совместной деятельности обладают универсальным инструментом координации, состоящим из коллективной ментальной модели, формируемой и актуализируемой за счет коммуникаций между ними. С помощью этого инструмента участники получают и используют распределенную между ними информацию [Хайек, 1993] в целях наилучшего учета деятельности друг друга. Из этого вытекает концепция экономического индивида с универсальным

инструментом координации, в которой индивиды обладают как содержательной, так и процедурной рациональностью [Саймон, 1993]. Данная концепция допускает ограниченную рациональность агентов и их оппортунистическое поведение [Уильямсон, 1993].

Случаи оппортунистического поведения, манипулирования, намеренного или случайного искажения информации и т.п. могут встречаться при использовании общего универсального инструмента координации, например, путем вмешательства отдельных агентов в этот процесс. Однако поскольку агенты анализируют в коллективной ментальной модели информацию друг о друге и сравнивают ожидаемые результаты их совместной деятельности с реальными, то у них существует возможность находить и устранять противоречивость в исходно распределенной информации, суммировать и взаимодополнять ограниченную информацию, а также выявлять случаи оппортунистического поведения. Одним из свойств универсального инструмента координации является возможность агентов минимизировать воздействие всех этих факторов на результаты их совместной деятельности.

Коллективные ментальные модели систематически приводят агентов к согласованию их совместной деятельности. Иначе агенты не имели бы возможность коллективно создавать условия для поддержания своей жизнедеятельности. Имея сильную мотивацию к согласованию совместной деятельности, агенты решают эту задачу как поиск компромиссов, предпочитая принимать приемлемые решения вместо наилучших [Саймон, 1993]. Совместно с возможностями агентов исправлять недостатки коллективной ментальной модели это позволяет им достигать согласования деятельности несмотря на возможные ошибки и искажения, неполноту и асимметрию информации, наличие различного рода рисков, ограниченные вычислительные возможности, и множество других препятствий.

Рациональные индивиды с универсальным инструментом координации стремятся максимизировать выгоду от их совместной деятельности. Размер выгоды участников зависит, в том числе, от полноты учета важных для их совместной деятельности факторов, информация о которых распределена между ними. Повышение полноты учета важных факторов повышает затраты агентов на коммуникации и анализ информации. Рост этих затрат снижает общую выгоду агентов. Использование универсального инструмента координации рациональными агентами означает поиск оптимальных настроек этого инструмента, при которых агенты имеют максимальную общую выгоду от их совместной деятельности при минимальных затратах.

Универсальный инструмент координации с настройками рассматривается как особая имитационная модель. Блок «интерфейс» этой модели создает для агентов общую информационную среду. Блок «вычислитель» позволяет каждому агенту определять содержание его деятельности с учетом ожидаемой деятельности остальных участников. Показано, что универсальный инструмент координации выполняет свои функции при всех основных вариантах коммуникаций между участниками совместной деятельности.

Концепция индивида с универсальным инструментом координации расширяет границы микроэкономической теории. Традиционная для микроэкономики задача максимизации целевой функции агентов решается в этом случае в составе более общей модели.

В рамках такой расширенной микроэкономической модели агенты могут при необходимости пересматривать и улучшать настройки универсального инструмента координации, т.е. менять используемый ими способ координации. Такая возможность позволяет, например, улучшать правила, по которым действуют агенты, и «трансформировать ситуацию» [Остром, 2019]. Таким образом, в рамках расширенной микроэкономической модели можно искать решения известных проблем экономической теории, связанных с такими социальными дилеммами, как «трагедия общин», проблема «безбилетника» и т.п. [Ostrom, 2010].

Экономические индивиды с универсальным инструментом координации обладают системообразующими свойствами. Использование этого инструмента с одинаковыми настройками участниками некоторого вида совместной деятельности создает между ними взаимозависимости, которые превращают их в экономическую систему. С точки зрения традиционной экономической теории такие системы соответствуют определенным организационным или институциональным структурам. Наблюдаемые свойства таких систем/структур определяются вариантом коммуникаций, который доминирует в настройках этого инструмента [Паринов, 2023а].

В поведении рациональных экономических индивидов с универсальным инструментом координации проявляется процедурная и содержательная рациональность [Саймон, 1993]. Процедурная рациональность ведет агентов к поиску настроек этого инструмента, которые дают максимальную ожидаемую выгоду от их совместной деятельности при минимальных затратах на координацию. Содержательная рациональность выбора, в данном случае, мотивирует агентов к использованию общего универсального инструмента координации для выбора содержания деятельности, которое наилучшим образом учитывает деятельность друг друга в целях получения максимальной выгоды.

Два вида рациональности агентов проявляются как стремление экономической системы к двум видам равновесия. Содержательная рациональность при отсутствии возмущений обеспечивает возникновение равновесия в индивидуальном содержании совместной деятельности всех участников, которое в традиционной микроэкономике соответствует равновесию спроса и предложения в системе. Процедурная рациональность при отсутствии возмущений ведет к координационному равновесию, при котором общий универсальный инструмент координации имеет настройки, изменение которых ведет к ухудшению характеристик координации и снижению ожидаемой общей выгоды агентов.

Одной из разновидностей возмущений, которые могут возникать в экономических системах, является нестабильность индивидуальных предпочтений агентов. Предлагаемый подход позволяет определить условия сохранения системой экономической эффективности при нестабильности предпочтений агентов. Например, последствия возмущений преодолеваются перекоординацией деятельности участников, что восстанавливает баланс между спросом и предложением при каждом изменении предпочтений участников совместной деятельности. Перекоординация в ответ на возмущения является, таким образом, способом перехода экономической системы к новому равновесию, где траектория перехода к новому равновесию определяется алгоритмом уточнения настроек УИК для изменившихся условий для совместной деятельности агентов.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта № 075-15-2024-525 от 23.04.2024

Литература

1. Данилов В.И. (2002). Лекции по теории игр. М.: Российская экономическая школа. 2002 – 140 с.
2. Коуз Р. (1995). Природа фирмы // Теория фирмы / Под ред. В. М. Гальперина — СПб.: Экономическая школа, 1995. — С. 11–32. — Серия «Веги экономической мысли»
3. Остром, Э. (2019). Управляя общим: эволюция институтов коллективной деятельности (Govern-ing The Commons: The Evolution Of Institutions For Collective Actions [1990]). Издательство-ИРИСЭН, 2019, 447 с., ISBN 978-5-91066-076-6
4. Паринов, С.И. (2023а). Микроуровень процессов экономической координации. // Вопросы экономики, 2, 127-144. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-2-127-144>
5. Паринов, С.И. (2023б). К конструированию механизмов экономической координации. // Вопросы экономики, 9:121-137. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-9-121-137>
6. Паринов, С.И. (2023в). Фундаментальный процесс социально-экономической координации и метакоординация. Препринт в Munich Personal RePEc Archive. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/118985/1/MPPRA_paper_118985.pdf
7. Саймон, Г.А. (1993). Рациональность как процесс и продукт мышления. THESIS, вып. 3, с. 16-38.
8. Уильямсон, О. (1993). Поведенческие предпосылки современного экономического анализа. Thesis, 1(3), 39.
9. Уильямсон О. (1996). Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки, «отношенческая» контракция / Пер. с англ. — СПб.: Лениздат; CEV Press, 1996. — 702 с.
10. Badke-Schaub, P., Neumann, A., Lauche, K., & Mohammed, S. (2007). Mental models in design teams: a valid approach to performance in design collaboration? // CoDesign, 3(1), 5-20.
11. Cohen, P. R., Levesque, H. J., & Smith, I. A. (1997). On team formation. Synthese Library, 87-114.
12. Craik, K. J. W. (1967). The nature of explanation (Vol. 445). CUP Archive.
13. Denzau, A. T., & North, D. C. (1994). Shared mental models: ideologies and institutions. Kyklos, 47(1), 3-31.
14. Hayek, F. A. V. (1945). The use of knowledge in society. The American Economic Review 35:44, 518-530, 1945.
15. Hindriks, K. V., & Van Riemsdijk, M. B. (2009). A computational semantics for communicating rational agents based on mental models. In International Workshop on Programming Multi-Agent Systems (pp. 31-48). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
16. Hurwicz, L. (1973). The design of mechanisms for resource allocation. The American Economic Review, 63(2), 1-30.
17. Hurwicz, L., & Reiter, S. (2006). Designing economic mechanisms. Cambridge University Press.
18. Fan, X., & Yen, J. (2007). Realistic cognitive load modeling for enhancing shared mental models in human-agent collaboration. In Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems (p. 60).
19. Jackson, M. O. (2001). A crash course in implementation theory. Social choice and welfare, 18(4), 655-708.
20. Jones, N. A., H. Ross, T. Lynam, P. Perez, and A. Leitch. (2011). Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods. Ecology and Society 16(1): 46
21. Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental models in cognitive science. Cognitive science, 4(1), 71-115.
22. Jonker, C., van Riemsdijk, M., & Vermeulen, B. (2011). Shared mental models. A conceptual analysis. In Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems VI, 132-151.
23. Klein, G., Feltovich, P. J., Bradshaw, J. M., & Woods, D. D. (2005). Common ground and coordination in joint activity. Organizational simulation, 53, 139-184.
24. Mantzavinos, C. (2004). Individuals, institutions, and markets. Cambridge University Press.
25. Mantzavinos, C., North, D. C., & Shariq, S. (2004). Learning, institutions, and economic performance. Perspectives on politics, 2(1), 75-84.
26. Maskin, E., & Sjöström, T. (2002). Implementation theory. Handbook of social Choice and Welfare, 1, 237-288.
27. Mohammed, S., Ferzandi, L., & Hamilton, K. (2010). Metaphor no more: A 15-year review of the team mental model construct. Journal of management, 36(4), 876-910.

28. Ostrom, E. (2009). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton: Princeton University Press.
29. Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American economic review*, 100(3), 641-672.
30. Roy, R. K., & Denzau, A. T. (2020). Shared mental models: insights and perspectives on ideologies and institutions. *Kyklos*, 73(3), 323-340.
31. Salas, E., Sims, D. E., & Burke, C. S. (2005). Is there a "big five" in teamwork? *Small group research*, 36(5), 555-599.
32. Sayama, H., Farrell, D. L., & Dionne, S. D. (2011). The effects of mental model formation on group decision making: An agent-based simulation. *Complexity*, 16(3), 49-57.
33. Simon, H. A. (1986). Rationality in psychology and economics. *Journal of Business*, S209-S224.
34. Smith, V. (2018). Causal versus Consequential Motives in Mental Models of Agent Social and Economic Action: Experiments, and the Neoclassical Diversion in Economics. *Kyklos*. 73. 10.1111/kykl.12246.
35. Stigler, G. J. (1961). The economics of information. *Journal of political economy*, 69(3), 213-225.
36. Stuit, M., Szirbik, N., & Wortmann, H. (2007). Building agent-based simulations using structural and process mental models. In *Ninth International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC 2007)* (pp. 267-274).

References in Cyrillics

1. Danilov V.I. (2002). *Lectures on game theory*. Moscow: Russian Economic School. 2002 – 140 с.
2. Coase R. (1995). *The Nature of the Firm // Theory of the Firm / Ed. V. M. Galperin - St. Petersburg: Economic School, 1995. - P. 11-32. - Series "Milestones of Economic Thought"*
3. Ostrom, E. (2019). *Governing The Commons: The Evolution Of Institutions For Collective Actions* (1990). IRISEN Publishing House, 2019, 447 p., ISBN 978-5-91066-076-6
4. Parinov, S.I. (2023a). Microlevel of economic coordination processes. // *Voprosy ekonomiki*. 2, 127-144. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-2-127-144>
5. Parinov, S.I. (2023b). On the design of economic coordination mechanisms. // *Voprosy Ekonomiki*, 9:121-137. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-9-121-137>
6. Parinov, S.I. (2023b). The fundamental process of socio-economic coordination and metacoordination. Preprint in Munich Personal RePEc Archive. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/118985/1/MPRA_paper_118985.pdf
7. Simon, G.A. (1993). Rationality as a process and product of thinking. *THESIS*, no. 3, pp. 16-38.
8. Williamson, O. (1993). Behavioural antecedents of modern economic analysis. *Thesis*, 1(3), 39.
9. Williamson, O. (1996). *Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, and Relational Contracting / Translated from English. — St. Petersburg: Lenizdat; CEV Press, 1996. — 702 p.*

*Паринов Сергей Иванович, г.н.с. ЦЭМИ РАН (sparinov@gmail.com)
ORCID: 0000-0001-8333-2657*

Ключевые слова

микроэкономика, экономическая система, коллективная ментальная модель, процедурная рациональность, координационное равновесие

Sergey Parinov. The concept of an economic individual with a universal instrument of coordination

Keywords

microeconomics, economic system, shared mental model, procedural rationality, coordination equilibrium

DOI: 10.34706/DE-2024-03-09

JEL classification: D01, D02, D23, D47, D50, D70, D8, O12

Abstract

The economic literature notes that understanding the structure and modeling the work of shared mental structures (models) helps to improve the analysis of selection and decision-making processes, as well as the processes of evolution of economic systems. The proposed study continues this theme by developing the idea that each economic individual has a universal coordination instrument (UCI), which uses the shared mental structures. Individuals optimize the UCI settings in order to take into account each other's activities as fully as possible in order to increase the benefits from their joint activities. The UCI with settings is a common information environment for participants in joint activities, as well as a means of determining, in a sense, the optimal content of their joint activities. The main blocks and functions of the UCI as a special type of agent-based simulation model are discussed. The necessary conditions for using the UCI are considered. From the results obtained, it follows that individuals with UCI have both substantive and procedural rationality. From this it follows that there are two types of equilibrium in economic systems.

УДК: 332.133

1.10. Оценка взаимосвязи внутренних затрат на ИКТ и социально-экономических показателей развития регионов России

Аний Л.Л., м.н.с. ЦЭМИ РАН, Москва, Россия.

Работа посвящена анализу структуры затрат на информационно-коммуникационные технологии и оценке факторов, влияющих на их формирование в регионах РФ. Важнейшими потребителями и производителями ИКТ продукции являются высокотехнологические компании, которые постепенно меняют свою финансовую политику, что приводит к формированию и перераспределению затрат. В исследовании показано, что большая часть затрат осуществляется за счет собственных средств предприятий и организаций, причем предприятия сокращают объем использования внешних средств, все больше рассчитывая на свои собственные средства. Для оценки факторов, влияющих на формирование затрат на ИКТ в регионах РФ, рассчитан индекс, показывающий соотношение внутренних и внешних затрат. Регионы проранжированы по значению этого индекса, выделено три группы и произведен регрессионный анализ по данным за 2019 год. Установлено, что наиболее тесная взаимосвязь внутренних затрат на ИКТ в регионах России наблюдается со следующими показателями: ВРП, численность персонала, занятого научными исследованиями, и используемые передовые производственные технологии.

Введение

Неотъемлемой частью развития высоких технологий и одним из основных показателей социально-экономического развития страны являются информационно-коммуникационные технологии, которые способствуют развитию информационного общества. В.Л. Макаров отмечает, что «NBIC-технологии формируют новую "инновационно-технологическую NBIC-цивилизацию XXI в.", образуя при этом такие подсистемы, как нанообщество, биобщество, информационное общество, а также другие социально-экономические и культурные подсистемы инновационной цивилизации». Также отмечается, что в современных условиях организации и фирмы должны разрабатывать и применять в работе своего цифрового двойника, так как это является важным условием взаимодействия цифровых технологий с внешним миром [Макаров, 2012, 2022].

Множество государственных программ направлено на поддержку цифровизации с целью распространения и развития соответствующей позиции. В современных реалиях информационно-коммуникационные технологии напрямую связаны с обществом, проникая во все аспекты их жизни.

Многие предприятия и организации активно внедряют цифровые технологии, выделяют значительную часть своего бюджета. Согласно методологии Росстата, выделяются внутренние и внешние затраты на информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). Внутренние затраты – это совокупность расходов организаций на выполнение собственными силами работ (услуг) по созданию, распространению и использованию цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг, а также домашних хозяйств - на использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг. Внешние затраты – это затраты на оплату услуг сторонних организаций и специалистов, связанных с внедрением и использованием цифровых технологий (кроме услуг связи и обучения)¹.

Основная часть

Для анализа состава затрат на ИКТ в работе использованы данные за 2019 и 2022 годы, поскольку в 2018 г. была сформирована национальная программа по поддержке и развитию цифровой экономики в стране³, а в 2022 г. после пандемии многие предприятия адаптировались к новым условиям. В структуре внутренних затрат организаций на ИКТ наибольшую долю составляют затраты на приобретение оборудования (35,3%), программных продуктов (17,7%) и оплату услуг электросвязи (10,5%). За рассматриваемый период в структуре затрат произошли значительные изменения (рис. 1). Например, увеличилась доля затрат на исследования и разработки, а также на приобретение цифрового контента и обучение сотрудников, хотя ранее в этих областях наблюдалось хоть и незначительное, но сокращение затрат. Также следует отметить, что в 2022 г. увеличился удельный вес прочих внутренних затрат на внедрение и использование цифровых технологий, что составило 32,5%, [2, 3]².

¹ Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru>

² По данным Росстата в составе прочих затрат учитываются затраты на разработку программных средств собственными силами, которые в свою очередь включают в себя: оплату труда работников как списочного, так и несписочного



Рис.1. Структура внутренних затрат организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг в 2019 г. и 2022 г. в России, %
Источник: составлено автором по данным [2,3]

Несмотря на поддержку со стороны государства и возможность привлечения средств из других внешних источников, большая часть затрат осуществляется за счет собственных средств предприятий, причем предприятия сокращают объем использования внешних средств, все больше рассчитывая на свои собственные средства. Например, в нашей стране в 2022 г. доля собственных средств организаций на использование и создание цифровых технологий составила 85,7% всех источников финансирования, что на 13,5% больше, чем в 2019 г. (рис. 2).

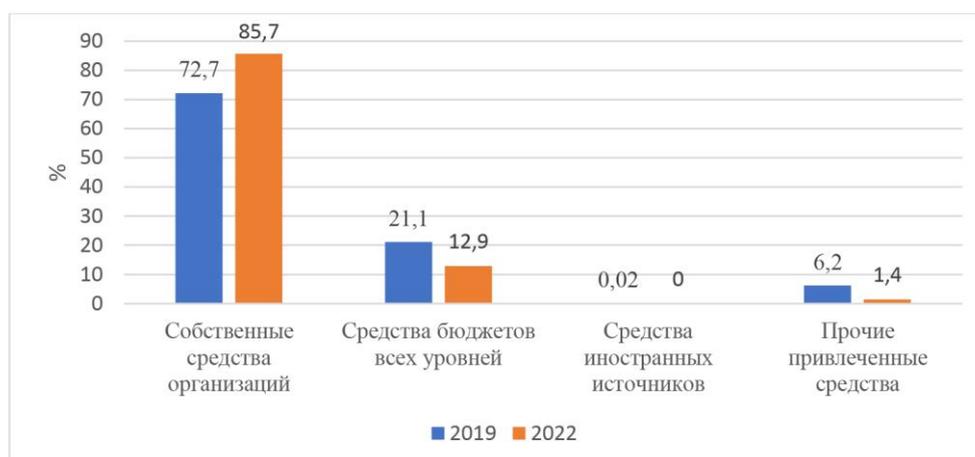


Рис. 2. Структура внутренних затрат организаций на внедрение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг по источникам финансирования в России, %
Источник: составлено автором по данным [2,3]

Следует отметить, что важнейшими потребителями и производителями ИКТ-продукции являются высокотехнологические компании, которые постепенно меняют свою финансовую политику, что приводит к формированию и перераспределению затрат.

В литературе отмечается, что стала сокращаться доля высокотехнологичных компаний, которые прибегают к заемным капиталам. К 2013 г. таких компаний стало больше на 22%, относительно 1988 года, они предпочитали взамен консервативной бездолговую политику, но при этом успешно сохраняя свою эффективность [Bessler et al., 2013].

состава, разрабатывающих программные средства, с учетом премий, стимулирующих и компенсирующих выплат; обязательные отчисления по установленным законодательством нормам от фонда оплаты труда определенных категорий работников.

В более поздних исследованиях также подчеркивается, что политика нулевого долга свойственна в основном компаниям сектора информационно-коммуникационных технологий и здравоохранения [Коррева, Степанова, Повх, 2023].

Такое поведение компаний значительно противоречит политике, которой отдавали предпочтение раньше и отдают до сих пор многие компании, предпочитая брать кредиты или искать другие, внешние источники финансирования.

Причины, по которым компании меняют свою тактику и отдают предпочтение политике нулевого долга, могут определяться такими факторами, как финансовые ограничения, финансовая гибкость и «окапывание» менеджмента.

Под **финансовым ограничением** подразумевается отказ предприятия от заемного капитала в связи с высокой стоимостью его обслуживания. В связи с тем, что в основном высокотехнологичные компании меньше по размеру, обладают небольшими материальными активами и в целом моложе, финансовые ограничения выступают важным фактором при выборе бездолговой политики [Talberg et al., 2008].

Деятельность в IT-индустрии сопровождается высокой неопределенностью и рисками для потенциальных кредиторов, в результате чего данный сектор сталкивается с требованием более высокой доходности по заемному капиталу и более высокой компенсации за риск, которую требуют инвесторы, акционеры.

Еще одной причиной, по которой компании отдают предпочтение бездолговой политике, является **гипотеза финансовой гибкости**. Данная гипотеза предполагает возможность компании реагировать на негативные колебания рынка с целью увеличения ее стоимости. Цель данной стратегии заключается в накоплении собственных средств и сохранении кредитоспособности для будущих инвестиционных проектов. В отличие от финансовых ограничений, стратегия финансовой гибкости зависит полностью от самой компании, от стратегии ее развития [Gamba, Triantis, 2008, Favara et al., 2021].

Под финансовой гибкостью также понимают способность компании своевременно реагировать на экономические колебания и изменения инновационных возможностей [Bessler et al., 2013]. Данная стратегия в основном свойственна компаниям, которые обладают потенциалом роста. IT-индустрия быстро развивается, поэтому таким фирмам необходима гибкая инвестиционная стратегия, однако, это имеет смысл только в случае, если компания не испытывает существенных финансовых ограничений.

Такие компании отдают предпочтение политике нулевого долга, исходя из стратегических соображений, нацеливаясь в первую очередь на большую гибкость в будущем и сохранение кредитоспособности в случае возникновения кризисных ситуаций.

Еще одной причиной выбора компаниями политики нулевого долга является **гипотеза «окапывания» менеджмента** [Strebulaev, Yang, 2013]. Сторонники данной гипотезы считают, что, придерживаясь данной стратегии, можно защитить человеческий капитал, а также благодаря сокращению денежных потоков, которые идут на погашение кредитов, руководство может получать дополнительную выгоду.

В работе [Strebulaev, Yang, 2013] авторы доказали, что существует тесная связь между политикой нулевого долга и слабостью механизмов корпоративного управления, так как подобная стратегия менеджмента существенно влияет на корпоративные решения.

Все вышесказанное указывает на то, что в современных реалиях роль банков претерпевает изменения, которые в определенной степени связаны с влиянием развивающегося IT-сектора и изменениями в структуре источников финансирования затрат на его развитие.

Банковская отрасль всегда развивалась в тесной взаимосвязи с информационно-коммуникационными технологиями, но за последние несколько лет, в том числе и вследствие возникшей пандемии COVID-19, эта связь значительно усилилась, так как необходимо было приспосабливаться к новым условиям и формировать новые пакеты услуг, акцентировать внимание на технологическом развитии, изменении в бизнес-стратегиях и поддержке клиентов.

Банки использовали свой технологический потенциал, и для реагирования на пандемию были внедрены сквозные технологии, которые были разработаны банками для более эффективного предоставления услуг (платежи по QR-коду, биоэквайринг, удаленная идентификация), обеспечивающие технологии, которые были заимствованы банками из сектора бигтеха у доминирующих технологических компаний (искусственный интеллект, машинное обучение, чат-боты и голосовые боты, экосистемы, аналитика больших данных и т.д.), подрывные технологии, которые банки использовали для удаленного предоставления услуг на основе IT-решений (системы мониторинга состояния здоровья, технологии обучения, HR-технологии) [Belousova, Chichkanov, Gashnikov, Krayushkina, Thurner, 2023].

Однако не только пандемия повлияла на развитие и внедрение цифровых технологий банками в свою деятельность, а также и то, что в этот период активно поддерживалась политика цифровизации, в том числе и со стороны государства. В нашей стране в 2018 г. была принята национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», согласно которой к 2024 г. в стране должны быть созданы все условия для перехода к цифровой экономике, что говорит об увеличении затрат на этот сектор³.

³ Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 04.06.2019 №7

Банки не только активно содействовали развитию высокотехнологических компаний путем кредитования, но и сами занимались исследованиями, разработками и созданием новых технологий и программных обеспечений. Большинство представителей данного сектора используют в работе искусственный интеллект для ускорения и оптимизации тех или иных процессов⁴, разработаны и успешно внедрены в бизнес-модели новые технологические платформы на основе цифровых инноваций, которые разрабатываются банками как самостоятельно, так и совместно с высокотехнологическими компаниями.

По данным Ernst & Young, в 2019 г. уровень использования финансовых технологий в России (82%) был одним из самых высоких в мире, входил в тройку лидеров, уступая место только Индии и Китаю (87%) [EY, 2019]. Российские банки создали базу для взаимодействия с инновационными игроками, такими, как финтех-стартапы. До недавнего времени прибыльность подобных инвестиций в стране опережала соответствующие международные показатели [Belousova, Chichkanov, Gashnikov, Krayushkina, Turner, 2023].

Однако сохраняется значительная региональная дифференциация как по показателям использования, так и осуществляемым затратам на внедрение ИКТ. В 2019 г. вариационный размах по затратам составлял 1489675,2 млн рублей [Нанавян, Аний, 2022], к 2022 г. он увеличился до 2379655,3 млн рублей. Лидирующую позицию занимает Центральный федеральный округ, где эти затраты в основном формируются за счет Москвы и Московской области.

На рис. 3 представлена динамика затрат на внедрение и использование цифровых технологий в текущих ценах в 2015-2022 годах в федеральных округах РФ.

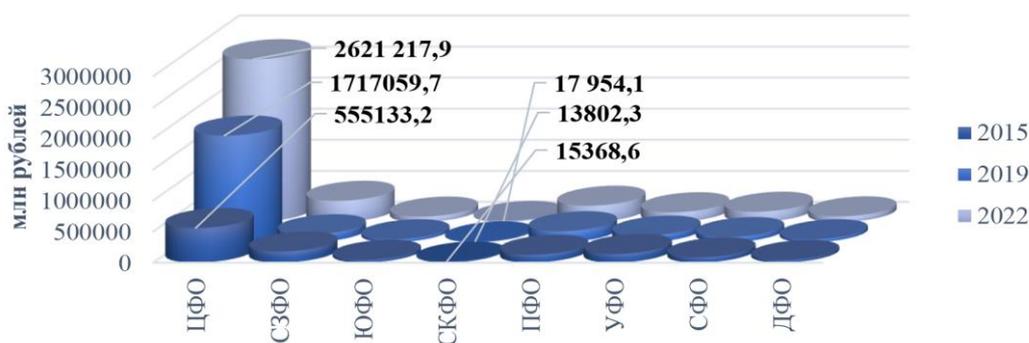


Рис.3. Динамика затрат на внедрение и использование цифровых технологий в федеральных округах РФ, 2015–2022 гг., млн. руб.

Источник: составлено по данным Росстата¹

Несмотря на положительную динамику наименьшие объемы затрат на информационно-коммуникационные технологии отмечены в Северо-Кавказском федеральном округе. Лидерами среди регионов с наибольшими затратами в 2022 г. являлись г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московская область, Тюменская область и Республика Татарстан, которая по сравнению с 2019 г. обогнала Свердловскую область. Среди регионов с наименьшими затратами аутсайдерами являются Республика Калмыкия, Еврейская АО, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Ингушетия.

В связи с этим сохраняется актуальность анализа региональных аспектов развития цифровой экономики, количественной оценки процессов и закономерностей развития ИКТ. Поэтому целью работы является анализ и эконометрическая оценка взаимосвязи затрат на ИКТ и социально-экономических показателей развития регионов.

Для оценки факторов, влияющих на формирование внутренних затрат на ИКТ в регионах России были проанализированы показатели, которые оказывают значительное влияние на развитие ИКТ в субъектах РФ. Оценка влияния различных показателей на внутренние затраты в сфере ИКТ в субъектах Российской Федерации произведена на основе множественного регрессионного анализа, модели построены по трем группам регионов. В связи с тем, что в структуре затрат на ИКТ наблюдаются определенные изменения и все больше предприятий предпочитают использовать собственные средства, регионы проанжированы и выделены в группы по индексу, который рассчитан нами как соотношение внутренних и внешних затрат на ИКТ:

- 1-я группа регионов - значение индекса от 126,88 до 6,14 (19 субъектов РФ);
- 2-я группа регионов - значение индекса от 5,93 до 3,28 (40 субъектов РФ);
- 3-я группа регионов - значение индекса от 3,23 до 1,17 (23 субъекта РФ).

⁴ McKinsey (2021) Beyond digital transformations: Modernizing core technology for the AI bank of the future. - URL: <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/beyond-digital-transformations-modernizing-core-technology-for-the-ai-bank-of-the-future>

Во всех регионах РФ объем внутренних затрат превышает размер внешних. Вариационный размах по рассматриваемому индексу значительный, он составлял 125,71 (максимальное значение индекса отмечено в Республике Ингушетия (126,88), а минимальное – в Ненецком автономном округе (1,17)), а медиана (3,98) почти совпадает с данными по г. Москва (3,96).

Анализ произведен по данным за 2019 год.

Из рассмотрения исключены г. Москва, Московская область и г. Санкт-Петербург, поскольку объем затрат на ИКТ в этих регионах значительно выше, чем во всех остальных субъектах РФ.

Показатели, включенные в модель, и группы регионов представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Показатели, включенные в модель

Эндогенные показатели		Экзогенный показатель
x1 - использование специальных программных средств в организациях		внутренние затраты на ИКТ (Y)
x2 - численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками		
x3 - используемые передовые производственные технологии		
x4- численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры;		
x5 - численность студентов, обучающихся по программам подготовки специалистов среднего звена;		
x6- ВРП		
x7- Численность населения на одного врача		
x8 - Численность населения на одного работника среднего медицинского персонала		
x9 - Объем телекоммуникационных услуг населению		
Группировка регионов		
1 группа	2 группа	3 группа
Республика Ингушетия, Республика Дагестан, Чеченская Республика, Республика Калмыкия, Брянская область, Республика Северная Осетия – Алания, Республика Бурятия, Саратовская область, Карачаево-Черкесская Республика, Кировская область, Кабардино-Балкарская Республика, Камчатский край, Чукотский автономный округ, Смоленская область, Республика Марий Эл, Республика Тыва, Новосибирская область, Ростовская область, Тульская область.	Ставропольский край, Сахалинская область, Пензенская область, Республика Алтай, Республика Адыгея, Хабаровский край, Псковская область, Приморский край, Алтайский край, Ярославская область, Калининградская область, Вологодская область, Республика Карелия, Свердловская область, Тверская область, Еврейская автономная область, Челябинская область, Архангельская область без АО, Республика Крым, Самарская область, Воронежская область, Орловская область, Ульяновская область, Пермский край, Калужская область, Курганская область, Республика Мордовия, Курская область, Магаданская область, Оренбургская область, Владимирская область, Тамбовская область, Белгородская область, Иркутская область, Мурманская область, Чувашская Республика, Ивановская область, Республика Татарстан, Новгородская область, Республика Саха (Якутия).	Республика Хакасия, Забайкальский край, Кемеровская область, Астраханская область, Ленинградская область, Удмуртская Республика, Нижегородская область, Республика Башкортостан, Республика Коми, Краснодарский край, Томская область, Амурская область, Омская область, Костромская область, г. Севастополь, Рязанская область, Липецкая область, Ханты-Мансийский АО – Югра, Волгоградская область, Тюменская область без АО, Красноярский край, ЯНАО, Ненецкий автономный округ.

Источник: составлено по данным Росстата¹

При построении итоговой модели по первой группе регионов были получены следующие результаты (табл.2). Корреляционная матрица взаимосвязи показателей показала отсутствие мультиколлинеарности между факторами, а также тесную взаимосвязь с внутренними затратами на ИКТ.

Таблица 2.
Корреляционная матрица взаимосвязи показателей по регионам 1-ой группы, 2019 г.

	x2	x3	x7	x8	Y
x2	1	0,546	-0,045	0,192	0,785
x3	0,546	1	0,032	0,051	0,860
x7	-0,045	0,032	1	0,660	-0,061
x8	0,192	0,051	0,660	1	0,078
Y	0,785	0,860	-0,061	0,078	1

Источник: расчеты автора

Все включенные в модель показатели, за исключением x2 (численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками) и x3 (используемые передовые производственные технологии), являются незначимыми.

Регрессионная модель по регионам 1-ой группы представлена в табл. 3.

Таблица 3.
Регрессионная модель по регионам 1-ой группы

N=19	Regression Summary for Dependent Variable: Y – внутренние затраты на ИКТ R = 0,939; R ² = 0,882; Adjusted R ² = 0,852 F (2, 16) = 59,526 p < 0,00000 Std. Error of estimate: 2536,2					
	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t (19)	p-value
Intercept			-84,296	747,082	-0,113	0,912
x2	0,449	0,103	0,571	0,133	4,373	0,0005
x3	0,615	0,103	2,063	0,344	5,990	0,0000

Источник: расчеты автора

Далее представлена итоговая корреляционная матрица взаимосвязи показателей по регионам 2-й группы (табл.4) и результаты моделирования. В итоговую модель по данной группе регионов вошли следующие факторы: x3 (используемые передовые производственные технологии) и x6 (ВРП) (табл.5).

Таблица 4.
Корреляционная матрица взаимосвязи показателей по регионам 2-ой группы, 2019 г.

	x1	x3	x6	x7	x8	Y
x1	1	0,107	-0,001	0,008	-0,195	-0,032
x3	0,107	1	0,732	0,071	0,287	0,817
x6	-0,001	0,732	1	-0,184	0,082	0,956
x7	0,008	0,071	-0,184	1	0,302	-0,096
x8	-0,195	0,287	0,082	0,302	1	0,140
Y	-0,032	0,817	0,956	-0,096	0,140	1

Источник: расчеты автора

Таблица 5.

Регрессионная модель по регионам 2-ой группы

N=40	Regression Summary for Dependent Variable: Y – внутренние затраты на ИКТ R = 0,971; R ² = 0,944; Adjusted R ² = 0,940 F (2, 37) = 309,56 p < 0,00000 Std. Error of estimate: 1495,0					
	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t (19)	p-value
Intercept			-1524,13	370,816	-4,110	0,0002
x3	0,253	0,057	0,48	0,109	4,426	0,0008
x6	0,770	0,057	0,01	0,0007	13,454	0,000

Источник: расчеты автора

В таблице 6 представлена корреляционная матрица взаимосвязи показателей по регионам 3-ей группы. Матрица показала отсутствие мультиколлинеарности между оставшимися факторами.

Таблица 6.

Корреляционная матрица взаимосвязи показателей по регионам 3-ой группы, 2019 г.

	x1	x2	x3	x6	x9	Y
x1	1	0,159	0,139	-0,034	-0,032	0,175
x2	0,159	1	0,561	0,161	0,307	0,593
x3	0,139	0,561	1	0,536	0,672	0,737
x6	-0,034	0,161	0,536	1	0,597	0,800
x9	-0,032	0,307	0,672	0,597	1	0,688
Y	0,175	0,593	0,737	0,800	0,688	1

Источник: расчеты автора

При построении регрессионной модели по данным 3-ей группы регионов получены следующие результаты: статистически значимы такие показатели, как численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, и ВРП (табл.7).

Таблица 7.

Регрессионная модель по регионам 3-ой группы

N=23	Regression Summary for Dependent Variable: Y – внутренние затраты на ИКТ R = 0,928; R ² = 0,861; Adjusted R ² = 0,847 F (2,20) = 61,931 p < 0,00000 Std. Error of estimate: 2078,5					
	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t (19)	p-value
Intercept			626,443	665,543	0,941	0,358
x2	0,477	0,084	0,294	0,0521	5,646	0,00002
x6	0,723	0,084	0,005	0,0005	8,557	0,000

Источник: расчеты автора

Результаты моделирования показывают значимость затрат для таких показателей, как использование передовых производственных технологий, использование Интернета и развитие кадрового потенциала в данной отрасли, а также ВРП, причем за весь рассматриваемый период тесная взаимосвязь между затратами на ИКТ и ВРП сохраняется.

Заключение

Таким образом, в субъектах Российской Федерации наблюдается значительная дифференциация как по показателям цифровизации, так и по объему внутренних затрат на ИКТ. В большинстве регионов РФ сохраняется ориентация организаций на использование собственных средств. Вероятно, со временем число компаний, которые будут выбирать стратегию нулевого долга (или близкую к нулевому долгу), будет увеличиваться. Это связано с тем, что в основном фирмы ориентированы на увеличение своей стоимости, поддержку кредитоспособности и некоторой финансовой гибкости. Однако не всегда такая

стратегия принимается фирмами добровольно, компании часто испытывают финансовые ограничения. Необходимо отметить также, что в условиях развивающейся IT-индустрии изменилась роль банков - банковский сектор превратился в существенного конкурента для высокотехнологичных компаний.

Развитие ИКТ и социально-экономическое развитие регионов - явления взаимосвязанные и взаимобусловленные. Социально-экономическое неравенство субъектов РФ порождает цифровой разрыв, который помимо прочего связан и с затратами на ИКТ, хотя в регионах России в настоящее время уровень использования цифровых технологий обеспечивает прямое положительное влияние на ВРП. Об этом свидетельствуют и результаты нашего исследования, в котором показана наиболее тесная взаимосвязь внутренних затрат на ИКТ с ВРП и используемыми передовыми производственными технологиями.

Следует отметить также, что в 1-й и 3-й группах регионов наблюдается существенная взаимосвязь затрат на ИКТ и численности занятых научными исследованиями. Это указывает на необходимость дальнейшего внимания и увеличения затрат на научные исследования, а также привлечения кадров в эту сферу деятельности.

Литература

1. Глазьев С.Ю. Информационно-цифровая революция // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. 2018. № 1. – С. 70-83
2. Кокорева Мария, Степанова Анастасия, Повх Кирилл НОВАЯ СТРАТЕГИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПАНИЙ - СКРЫТЫЕ ИСТОЧНИКИ РОСТА // Форсайт. 2023. №1.
3. Макаров В.Л. Предисловие // Казанцев А.К., Кисилев В.Н., Рубвальтер Д.А., Руденский О.В. NBISтехнологии: Инновационная цивилизация XXI века. М., 2012. С. 3.
4. Макаров В. Л. Цифровые технологии возрождают планирование // Вестник ЦЭМИ РАН. – 2022. – Т. 5. – Выпуск 2. DOI: 10.33276/S265838870021015-9
5. Нанавян А.М., Аний Л.Л. Оценка затрат на развитие информационно-коммуникационных технологий в регионах // Концепция. – 2022. - № 1 (41). – С. 78-84.
6. Belousova V., Chichkanov N., Gashnikov G., Krayushkina Z., Thurner T. (2023) Technology -Intense Service Offerings in the Light of Economic Complexity: Establishing a Holistic Service Ecosystem. *Foresight and STI Governance*, 17(1), 7–17.
7. Bessler W., Drobetz W., Haller R., Meier I. (2013) The international zero -leverage phenomenon. *Journal of Corporate Finance*, 23, 196–221.
8. Favara G., Gao J., Giannetti M. (2021) Uncertainty, access to debt, and firm precautionary behavior. *Journal of Financial Economics*, 141(2), 436–453.
9. Gamba A., Triantis A. (2008) The value of financial flexibility. *The Journal of Finance*, 63(5), 2263–2296.
10. Strebulaev I.A., Yang B. (2013) The mystery of zero-leverage firms. *Journal of Financial Economics*, 109(1), 1–23.
11. Talberg M., Winge C., Frydenberg S., Westgaard S. (2008) Capital Structure Across Industries. *International Journal of the Economics of Business*, 15(2), 181–200.

Дополнительные источники

1. Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 04.06.2019 № 7 [Электронный ресурс]. – URL: https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2019/02/pasport_natsprogrammy_cifr_economika_oficialno.pdf
2. Индикаторы цифровой экономики: 2021: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, 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.)
3. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др.; И60 Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 276 с. – 350 экз. – ISBN 978-5-7598-3008-5 (в обл.)
4. EY (2019) Global FinTech Adoption Index 2019. https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/banking-and-capital-markets/ey-global-fintech-adoption-index.pdf

References in Cyrillics

1. Glaz'ev S.Yu. Informatsionno-tsifrovaya revolyutsiya // Evraziiskaya integratsiya: ekonomika, pravo, politika. 2018. № 1. – S. 70-83
2. Indikatory tsifrovoi ekonomiki: 2021: statisticheskii sbornik / G.I. Abdrakhmanova, K.O. Vishnevskii, L.M. Gokhberg i dr.; Nats. issled. un-t I60 «Vysshaya shkola ekonomiki». – M.: NIU VShE, 2021. – 380 s. – 300 ekz. – ISBN 978-5-7598-2385-8 (v obl.)
3. Indikatory tsifrovoi ekonomiki: 2024: statisticheskii sbornik / V.L. Abashkin, G.I. Abdrakhmanova, K.O. Vishnevskii, L.M. Gokhberg i dr.; I60 Nats. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». – M.: ISIEZ VShE, 2024. – 276 s. – 350 ekz. – ISBN 978-5-7598-3008-5 (v obl.)
4. Kokoreva Mariya, Stepanova Anastasiya, Povkh Kiril NOVAYa STRATEGIYa VYSOKOTEKhNOLOGICHNYKh KOMPANII - SKRYTYE ISTOChNIKI ROSTA // Forsait. 2023. №1.

5. Makarov V.L. Predislovie // Kazantsev A.K., Kisilev V.N., Rubval'ter D.A., Rudenskii O.V. NBICtehnologii: Innovatsionnaya tsivilizatsiya XXI veka. M., 2012. S. 3.
6. Makarov V. L. Tsifrovye tekhnologii vozrozhdayut planirovanie // Vestnik TsEMI RAN. – 2022. – Т. 5. – Выпуск 2. DOI: 10.33276/S265838870021015-9
7. Nanavyan A.M., Anii L.L. Otsenka zatrat na razvitie informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologii v regionakh // Kontseptsiya. – 2022. - № 1 (41). – S. 78-84.

*Аний Людмила Леонидовна, м.н.с. ЦЭМИ РАН (aniyl@bk.ru)
ORCID: 0000-0001-6703-1504*

Ключевые слова

Информационно-коммуникационные технологии, затраты, регион, модель, регрессия, нулевой долг, высокотехнологические компании.

Liudmila Anii. Assessing of the relationship between the internal costs of information and communication technologies and the social and economic indicators of the development of the regions of Russia

Keywords

Information and communication technologies, costs, region, model, regression, zero debt, high-tech companies.

DOI: 10.34706/DE-2024-03-10

JEL classification C02 Математические методы

Abstract

The work is devoted to the analysis of the structure of costs for information and communication technologies and the assessment of factors affecting their formation in the regions of the Russian Federation. The most important consumers and manufacturers of ICT products are high-tech companies, which are gradually changing their financial policies, which leads to the formation and redistribution of costs. The study shows that most of the costs are borne by the own funds of enterprises and organizations, and enterprises are reducing the use of external funds, increasingly counting on their own funds.

To assess the factors affecting the formation of ICT costs in the regions of the Russian Federation, an index was calculated showing the ratio of internal and external costs. Regions are ranked by the value of this index, three groups were identified and regression analysis was performed according to data for 2019. It was found that the closest relationship between the internal costs of ICT in the regions of Russia is observed with the following indicators: GRP, the number of personnel engaged in scientific research and the advanced production technologies used.

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 заголовок 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 решает 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!