4 декабря в России отмечают как День Российской информатики

В 2018 году исполнилось 70 лет с того дня, как И.С. Бруком и Б.И. Рамеевым было получено первое в СССР авторское свидетельство на изобретение цифровой ЭВМ. Начало работы И.С. Брука над цифровыми вычислительными машинами относится к 1948 году, когда он совместно с Б.И. Рамеевым составил отчет о принципах работы цифровой ЭВМ с хранимой программой. В ходе работ 1950-51 гг. под руководством И.С. Брука в Лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР была разработана автоматическая цифровая вычислительная машина М-1. Её уникальность, помимо самого факта появления на свет – ресурсы, удивительно скромные для того времени. Использовалось 730 вакуумных электроламп, машина занимала площадь 4 кв. метра, потребляла 8 КВт. Все работы по созданию ЭВМ обеспечил коллектив из 9 человек, из которых только И.С. Брук имел учёную степень. Сегодня такой минималистический подход характерен для перспективного направления «интернета вещей».

Создатели М-1 не были одиноки: тогда же, в 1948 году, начал заниматься быстродействующими электронно-счётными машинами С.А. Лебедев, основатель ИТМиВТ. Его первая ЭВМ — МЭСМ — была закончена также в 1951 году, на три месяца раньше М-1, но это было совершенно другое по характеристикам изделие: 6000 электровакуумных ламп, 60 м² занимаемой площади, около 25 кВт потребляемой мощности. Быстродействие МЭСМ было значительно выше, чем у М-1: приблизительно 3000 операций в минуту против 1000.



И.С. Брук



Б.И. Рамеев

Разработчики М-1 и МЭСМ пришли к классическому построению своих цифровых вычислительных машин на основе архитектуры с хранимой программой (называемой сейчас архитектурой фон Неймана) независимо друг от друга и от работ американских ученых (известных в США с 1946 года и реализованных в ЭВМ ENIAC, но впервые опубликованных в Советском союзе в сокращенном виде в 1962 году).

Из разных подходов – минимализма и баланса «цена-производительность» И.С. Брука и достижения максимальных характеристик С.А. Лебедева – родились оригинальные и имевшие долгую историю развития семейства вычислительных машин – «малые» ЭВМ серий М, далее – СМ ЭВМ, и семейства «больших» ЭВМ БЭСМ и далее – супер-ЭВМ «Эльбрус».

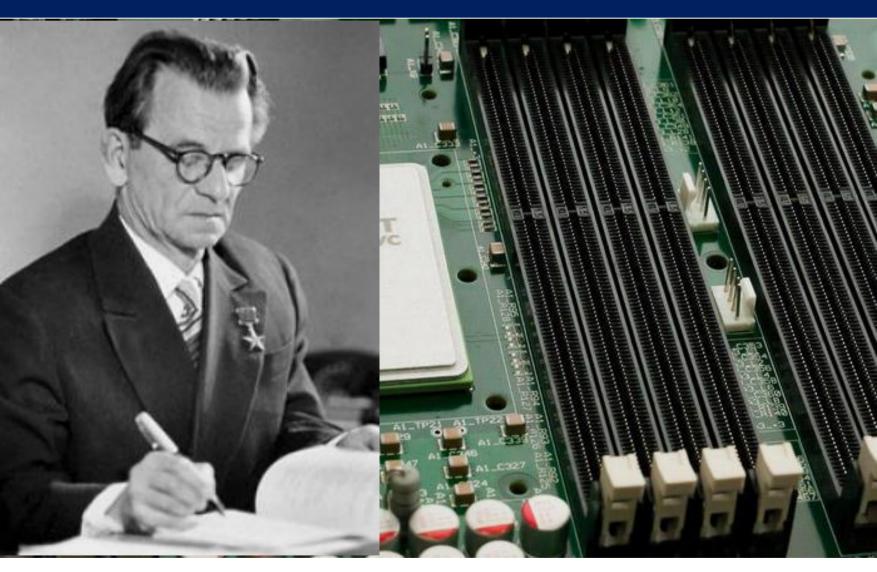
Современные достижения отечественной вычислительной техники стали возможны именно благодаря традициям и научным школам разработки ЭВМ, основанным С.А. Лебедевым и И.С. Бруком. Более того, история мировой вычислительной техники также прочно связана с их именами.

Поздравляем всех работников сферы информационных технологий с юбилеем отечественной вычислительной техники!

Генеральный директор АО «МЦСТ» и ПАО «ИНЭУМ им. И.С.Брука» Ким А.К.

Полностью текст поздравления размещен на сайте MUCT: mcst.ru

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА



С.А. Лебедев и процессор Эльбрус 8С

ЦЭМИ РАН Москва

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.
- 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., главный юрист по интеллектуальной собственности ООО «Управляющая компания «РОСНАНО»
- Китов Владимир Анатольевич, к.т.н., зам. Зав. кафедрой Информатики по научной работе 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., начальник отдела по интеллектуальной собственности корпоративно-правового департамента Государственной корпорации «Ростех».
- Макаров Валерий Леонидович академик РАН, научный руководитель ЦЭМИ РАН
- Паринов Сергей Иванович д.т.н., заместитель директора ЦЭМИ РАН по научной работе.
- Райков Александр Николаевич д.т.н., профессор, Президент некоммерческого партнерства по научным исследованиям и социальному развитию «Аналитическое агентство «Новые стратегии».
- Семячкин Дмитрий Александрович к.ф.-м.н., директор Ассоциации «Открытая наука»
- 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., научный руководитель проекта «Copernicus Gold».
- Хохлов Юрий Евгеньевич председатель Совета директоров Института развития информационного общества
- Чесноков Андрей Николаевич руководитель проекта АН2

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, ВІМ-технологии, умные рынки, умные контракты, краудсорсинг и краудфандинг и многие другие.

Журнал «Цифровая экономика», № 3 (3) (2018)

Выпуск № 3, 2018 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

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

Китова О.В. – д.э.н., к.ф.-м.н. зав. кафедрой Информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова

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

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

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

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

Ноакк 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

Трищенко Н.Д. – координатор проектов Ассоциации интернет-издателей.

Чесноков А.Н. – руководитель проекта АН2

Все работы опубликованы в авторской редакции.

Подписано к опубликованию в Интернете 19.12.2018, 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.

© Журнал «Цифровая экономика», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Слов	о редактора4
1.	НАУЧНЫЕ СТАТЬИ5
1.1.	Козырев А.Н., Квантовая экономика и квантовые вычисления в экономике
1.2.	Галькевич А.И., Назаров А.А., Галькевич И.А., Интеллектуальная интегральная Цифровая платформа обработки данных в системах мониторинга, прогнозирования и принятия решений для цифровой экономики
1.3.	Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В., Индикаторы регионального развития в базисе характеристик дифференциации29
1.4.	Терелянский П.В., Искусственный интеллект в индустрии 4.0
2.	ОБЗОРЫ
2.1.	ПРОЙДАКОВ Э.М., СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
2.2.	Кононенко А.А., Суперкомпьютеры – гонка вычислительных технологий64
3.	РЕЦЕНЗИИ
3.1.	ПРОЙДАКОВ Э.М.,ОТЗЫВ НА КНИГУ А. ПРОХОРОВ, Л. КОНИК ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ. Анализ, тренды, мировой опыт
4.	МНЕНИЯ70
4.1.	Бабаян Б.А., В архитектуре вычислительных систем мы были и остаемся первыми . 70
4.2.	Фомина А.В., О ключевых аспектах развития цифровой экономики в России 82
4.3.	Прохоров А.Н., Зачем нам вообще замещать "Условный Oracle"

Слово редактора

Дорогие читатели, перед вами – третий номер журнала «Цифровая экономика». Как и в первых двух номерах, здесь представлены как научные, так и научно-популярные материалы по цифровой экономике. Такая практика сочетания научного издания для профессиональных ученых и научно-популярного – для более широкого круга лиц достаточно обычна как для изданий Академии наук, так и для зарубежных изданий. Она позволяет наилучшим образом осуществить миссию издания – донести научное знание о самых сложных предметах до тех, кто реально принимает решения, и тех, кто их исполняет.

В отличие от предыдущего второго номера, этот номер связан с конкретным событием – 70-летием отечественной информатики. Днем рождения информатики в нашей стране считается 4 декабря 1948, поскольку именно в этот день И.С. Бруком и Б.И. Рамеевым было получено авторское свидетельство на ЭВМ с хранящейся в оперативной памяти программой. В том же году С.А. Лебедевым была разработана конструкция вычислительной машины МЭСМ. В этой связи планируется выпуск не только электронной, но и бумажной версии журнала ограниченным тиражом. Электронная версия номера будет всегда находиться в свободном доступе на сайте журнала.

Открывающая этот номер статья посвящена перспективами применения математического аппарата квантовой механики и квантовых вычислений в экономике, прежде всего, в экономике знаний, где появление целочисленных или булевских переменных – скорее правило, чем исключение. Оптимизационные задачи с переменными такого типа плохо поддаются решению на обычных компьютерах, но вполне подходят для решения на адиабатических квантовых компьютерах. В этой связи актуальным становится отбор таких задач и поиск для них эффективных алгоритмов.

Следующие три статьи посвящены, соответственно, интеллектуальным системам обработки данных, индикаторам регионального развития и новым феноменам, сопутствующим цифровизации. Надеюсь, что нам удалось представить очень разные аспекты цифровизации на высоком научном уровне.

В разделе «обзоры» представлены две темы, заслуживающие, как минимум, внимания. Одна из них – современное состояние исследований в области искусственного интеллекта. К этой теме мы будем еще не раз обращаться в последующих выпусках журнала, поскольку она вызывает сегодня едва ли не самый большой интерес широкой публики и правительств разных стран. Между тем, публикации по теме во многих случаях преследуют не только научные интересы, а потому трезвый взгляд на достижения и перспективы здесь необходим. Второй обзор посвящен гонке вычислительных технологий. Он перекликается с материалами из раздела «Мнения», прежде всего, с публикацией взглядов на развитие вычислительной техники одного из патриархов отрасли Б. А. Бабаяна. Если в публикуемом обзоре речь идет о непрерывном появлении все более мощных компьютеров, то Бабаян говорит скорее о бессмысленности этой гонки в том направлении, по которому сейчас идет развитие вычислительной техники. Нужна новая архитектура, причем она есть и досталась нам от СССР, где была разработана для вычислительных комплексов серии Эльбрус, а потом значительно усовершенствована.

Также в разделе «Мнения» представлен генерального директора АО «ЦНИИ Электроника» Алены Владимировны Фоминой на ситуацию и перспективы российской электроники. Основное внимание уделено проблемам рынка труда и образованию, имеющимся диспропорциям и мерам по их устранение. Третья публикации в разделе мнения продолжает дискуссию об импортозамещении в сфере программного обеспечения. Александр Прохоров оспаривает позицию Николая Никифорова, причем делает это весьма обстоятельно.

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

Главный редактор журнала

д.э.н. А.Н. Козырев

1. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

1.1. КВАНТОВАЯ ЭКОНОМИКА И КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЭКОНОМИКЕ

Козырев А.Н., д.э.н., главный научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН

Данная публикация представляет собой переработанную версию пленарного доклада на 41-заседании международной научной школы-семинара «Системное моделирование социально—экономических процессов» имени академика С.С. Шаталина от 01.10.2018 в Нижнем Новгороде.

Введение

Обращение к теме квантовой экономики связано с рядом событий, не очень связанных между собой, но создавших вместе эффект резонанса. В их числе сообщения В.И. Данилова на семинарах в ЦЭМИ РАН о квантовых эффектах в теории игр и короткий, но содержательный разговор с директором ИППИ РАН А.Н Соболевским о книге академика-математика В.П. Маслова и его выступлении на семинаре В.М. Полтеровича в ЦЭМИ РАН, где мы оба присутствовали и в какой-то мере участвовали. Напоминание об этом событии и высказанных В.П. Масловым смелых идеях, не очень воспринимаемых экономистами, оказалось своевременным и очень полезным. В частности, возникший еще раньше у автора этой статьи интерес к перспективам применения квантовых вычислений в экономике несколько сместился от чисто вычислительных аспектов к квантовым эффектам в самой экономике. Сегодня можно с уверенностью сказать, что такие идеи буквально носятся в воздухе, но наталкиваются на почти тотальное непонимание не только в силу своей революционности, но и в силу сложности математического аппарата квантовой механики. Тем не менее, оба эти препятствия должны быть преодолены.

Интерес к квантовым вычислениям и квантовой информатике, восходящей к идеям Ю.И. Манина (Манин, 1980), возник еще раньше в связи с ожиданием прорыва в создании классических (цифровых) квантовых компьютеров и очевидными успехами фирмы D-Wave systems в разработке, производстве и продажах аналоговых (адиабатических) квантовых компьютеров. В обеих областях 2017 год стал в некотором смысле переломным. Хотя в области создания классических квантовых компьютеров успехи не столь очевидны, но и здесь намечается перелом.

Важно отметить, что квантовые эффекты давно используются в производстве вычислительной тех-



Рисунок 1. Обложка книги В.П. Маслова

ники, прежде всего, в создании памяти. Это известные всем флешки и SSD-диски. Центральная идея Ю.И. Манина состояла в том, чтобы использовать квантовые эффекты непосредственно в вычислениях, разрабатывая на их основе специальные квантовые алгоритмы. В настоящее время это направление интенсивно развивается. В том числе разработкой вычислительных алгоритмов на основе квантовых эффектов занималась группа В.П. Маслова. А потому короткий разговор в ИПИИ РАН оказался достаточным поводом, чтобы вернуться к идеям В.П. Маслова о квантовой экономике.

Небольшая книга В.П. Маслова о квантовой экономике (Маслов, 2006), как и его доклад в ЦЭМИ РАН, не была воспринята всерьез ни экономистами-теоретиками, ни практиками. Разумеется, отчасти это связано с неподъемной для большинства экономистов сложностью используемого математического аппарата, о чем прямо сказано в послесловии ко второму изданию книги. Но сводить все к одной этой причине было бы наивно. Помимо нее, были еще, как минимум, две причины. Первая из них-неверие экономистов в наличие квантовых эффектов в экономике и, как следствие, нежелание прилагать усилия к их поиску и освоению сложного математического аппарата, вторая причина-невозможность ни доказать, ни опровергнуть что-то путем эксперимента. Однако квантовые эффекты не так-то просто обнаружить и в физическом мире, а понять их в обычном смысле этого слова вообще нельзя, поскольку в непосредственно наблюдаемой физиче-

ской действительности ничего такого просто нет. Потому нет подходящих образов. А если они где-то есть, то именно в экономике, социологии, психологии.

Квантовые эффекты в экономике

Одно из фундаментальных понятий квантовой механики—суперпозиция квантовых состояний. Оно просто выражается математически, но трудно для восприятия, эта трудность связана с тем, что квантовая система находится не в одном из базовых состояний, а сразу во всех. При измерении она может оказаться в любом из них, но с разной вероятностью. Наивное толкование этого эффекта—предположение, что наблюдатель до измерения не знал о состоянии системы, а после измерения знает. Парадокс заключается в том, что дело тут не в незнании наблюдателя, устраняемом при наблюдении, а в том, что само измерение влияет на результат. Подробное описание этого эффекта и обоснование его наличия лучше читать в учебниках по физике. Маслов же говорит фактически о суперпозиции состояний эконо-



Рисунок 2. Великий наперсточник Стоимость

мики, где измерение влияет на результат не меньше, чем в физике, хотя термин «суперпозиция» он не употребляет.

Разумеется, измерение здесь надо понимать достаточно широко. Измерения в экономике—это не только подсчет объемов выпущенной продукции или затрат труда в человеко-часах, но и определение стоимости активов или бизнеса в целом (профессиональная оценка), установление цен на основе соображений о ценностях, выгодах и справедливости, а также сами сделки, совершаемые на условиях договорной цены. Наиболее ярко влияние самой сделки на стоимость проявляется в нематериальной сфере, в том числе, в экономике цифровых продуктов и услуг. Этот факт образно отражен на рисунке 2 (автор рисунка — Елизавета Вершинина).

В своей книге В.П. Маслов пишет о том, что экономика, как и квантовая система, находится сразу в двух, как минимум, состояниях. В одном из них сложение обычное, то есть a+a=2a, в другом—идемпотентное, то есть a+a=a. Не погружаясь в математический аппарат квантовой механики и идемпотентного анализа (Колокольцев и Маслов, 1994), заметим, что идемпотентное сложение характерно для знаний (Макаров, 1973) и цифровых продуктов, играющих в экономике все большую роль. Неопределенность вычитания таких продуктов—оборотная сторона идемпотентности сложения—влечет неконкурентность в потреблении. Самым дефицитным ресурсом становится внимание целевой аудитории, стоимость все больше зависит от наблюдения. Иначе говоря, все очень напоминает квантовые эффекты.

Разумеется, мы живем не в микромире, но отношения людей во многом похожи на связи между частицами, а коллектив во многом напоминает квантовую систему. Разумеется, коллектив людей—не муравейник, но все же нечто существенно иное, чем совокупность отдельных личностей. Тут и коллективное сознание, напоминающее в чем-то квантовую запутанность, и связи всех со всеми, и более тесные связи с ближайшими (в самых разных смыслах) соседями, чем с остальными, и попадания в энергетические ямы при охлаждении отношений или трудности понимания. Сходство с квантовой системой, разумеется, далеко не полное, но вполне достаточное, чтобы попробовать объяснить самые интересные эффекты—квантовый параллелизм и туннельный эффект, не говоря уже о воздействии измерения на результат. Возможно, наиболее яркий пример зависимости от измерения — изменение стоимости произведения искусства в результате продажи на аукционе. Каждый такой аукцион изменяет стоимость произведения, причем, как правило, в сторону повышения.

Самый очевидный пример для демонстрации квантового параллелизма — реакция аудитории на необычное произведение искусства или на научный доклад, сложность которого находится на пределе доступности понимания аудиторией. Люди в аудитории, как правило, составляют не просто массу ничем не связанных индивидов, а некоторую общность. В чем-то их можно уподобить квантовой системе, хоть и с большой натяжкой. По ходу доклада они что-то понимают, что-то не понимают. Вполне можно говорить, что они находятся сразу в двух состояниях—понимания и непонимания. Но что происходит, если кто-то спросит соседа: «Ты хоть что-нибудь понимаешь? Я ничего не понимаю, а ты»? Тут можно с полной уверенностью утверждать, что сосед признает, что он тоже ничего не понимает. Возможно, до того он думал, что понимает, или сомневался. Но при такой постановке вопроса, его ответ «не понимаю» практически очевиден. И наоборот, если в зале кто-то достаточно ясно демонстрирует понимание, то вся аудитория дружно начинает «понимать». Можно назвать это явление конформизмом или как-то еще, но сходство с квантовым параллелизмом, если имеешь о нем представление, достаточно очевидно. Еще ярче тот же эффект проявляется при восприятии произведений искусства. Более того, конформизм сам по себе очень напоминает туннельный эффект, о котором будет подробно сказано чуть позже.

Чтобы двигаться дальше к пониманию применимости математического аппарата квантовой механики в экономической науке, полезно сделать небольшое отступление и показать, как великие ученые из разных областей науки использовали или не использовали математику.

Математические методы, классические (цифровые) и аналоговые вычисления

Ниже схематично представлены разные подходы к применению математики трех выдающихся ученых 20-го века. Выбор именно этой тройки обусловлен не столько личными пристрастиями автора, сколько наличием информации, в том числе, полученной от самих исследователей.

Подходы великих: от математики к наблюдению и пониманию или наоборот

<u>Дирак</u>: формализм → уравнение → выводы →наблюдения и физическая интерпретация <u>Канторович</u>: сопряженные пространства → двойственность продуктов и цен → приложения <u>Апчиян</u>: понимание экономической сути → математические модели → подтверждение практикой

О подходе Дирака известно, прежде всего, из его книги (Дирак, 1979), точнее, из предисловия к ней, написанного редактором ее русского издания (В. Фоком). «Если оставить в стороне первые четыре параграфа, то можно сказать, что автор строит теорию по методу «математической гипотезы»: сперва вводится математический аппарат (начиная с теории линейных операторов), а затем для него подыскивается физическое толкование. Блестящим примером применения метода математической гипотезы является открытая Дираком теория позитронов». В. Фок

О подходе Л.В. Канторовича к изучению экономики автору известно отчасти из общения с ним, но в еще большей степени из общения с его учениками –математиками, развивавшими его идеи в области функционального анализа и математического программирования. В подходе Канторовича пространство продуктов и пространство цен—частный случай сопряженных пространств. Возможно, самое трудное здесь—увидеть, что двойственные переменные—это цены. Впрочем, еще труднее доказать это тем, кто не хочет, чтобы ему доказали, но это – другая история.

Первоначально идея цен на основе двойственности вызывала столь сильное отторжение со стороны ортодоксов, что Канторовичу пришлось придумать термин «объективно обусловленные оценки». Сейчас подход Канторовича признан едва ли не каноническим, но реально использовать его умеют отнюдь не все, точнее, очень немногие. Инструмент двойственности в принципе позволяет моделировать систему цен в зависимости от того, как устроено пространство продуктов. В частности, если сложение продуктов идемпотентно, то оптимальные цены должны быть индивидуальными для каждого агента. Практики приходят к тому же выводу интуитивно, а не через математику и двойственность. При этом дифференциация цен на одинаковые продукты не приветствуется в большинстве стран мира, а где-то и просто запрещена. Тут между физикой и экономикой пролегает пропасть. Тем не менее, сходство подходов Канторовича и Дирака очевидно. Тем же путем в целом идет и Маслов, используя математический аппарат квантовой механики. Сходство с подходом Дирака заключается в применении одинакового математического аппарата, а сходство с подходом Канторовича—в области его применения.

Принципиально иной подход декларировал Алчиян. На прямой вопрос о том, почему представители научной школы, к которой он принадлежит, не используют математические модели, был получен столь же прямой ответ. По мнению Алчияна, сначала приходит интуитивное понимание. Далее оно формулируется вербально, в виде некоторого принципа. А затем он либо прямо проверяется на практике, либо строится математическая модель, а потом она проверяется на практике, как и первоначальная идея. В

Одна математическая модель для разных по сути задач



Провод в разрезе и петля из ремня, набитая биллиардными шарами.

Рисунок 3. Аналоговый подход

конечном счете, важно лишь знание, подтвержденное практикой, а не математическая модель. По этой причине модель в большинстве случаев можно вообще исключить как лишнее звено. Надо признать, что такой подход не только имеет право на существование, он гораздо более научный, чем подход, когда модель не проверяется практикой, а гипотезы проверяются на модели. И все же он заведомо уступает подходу Дирака, Канторовича и Маслова в прогностической силе.

Следующий шаг в методологии—использование аналоговой модели с математикой «за кадром». Он может быть очень полезен в дальнейшем при изложении принципов адиабатических квантовых вычислений. Но сначала его лучше показать на более простом и наглядном примере.

На рисунке 3 показан прием для расчета максимального количества проводов в мягкой трубке из изоляционного материала. Для этого делается петля из ремня таким образом, чтобы периметр относился к диаметру биллиардного шара, как периметр среза изоляционной трубки к диаметру провода. После этого петля из ремня до упора набивается биллиардными шарами. Число шаров в этом случае как раз соответствует максимально возможному числу проводов в изоляционной трубке. Здесь поучительно то, что шар не похож на цилиндр, а ремень—на трубку. Но в поперечном сечении шара и провода

получается круг, а трубка на срезе—петля, как и ремень. В итоге получаем две одинаковые конструкции — петля с набором кругов внутри. Соответствующие экстремальные задачи должны описываться одинаковыми математическими моделями. А потому натурный эксперимент с одной конструкцией дает решение и этой задачи, и другой тоже.

Этот прием автору доклада был когда-то продемонстрирован профессором Г.Ш. Рубинштейном со ссылкой на Л.В. Канторовича. Пример очень поучителен и нагляден в отличие от модели Изинга, о которой речь дальше. Так или иначе, применения модели Изинга в общественных науках чаще обсуждают физики, чем экономисты.

Судьба Изинга поразительна (Мейлихов, 2005). За всю жизнь он написал одну работу (Ising, 1925). Ее практически сразу забыли, но в 40-х вспомнили, а сейчас широко используют в различных областях науки, включая моделирование финансовых рынков (Попов и др., 2008), прогнозирование результатов выборов и многое другое. В экономических исследованиях она более всего подходит для агент-ориентированных моделей, поскольку в принципе дает возможность моделировать взаимоотношения всех со всеми или выбирать конфигурацию взаимоотношений. Однако ее ценность состоит еще и в том, что она удобна для решения задач на адиабатическом квантовом компьютере.

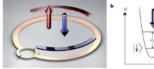
Если свести интересующую нас задачу к форме, представленной ниже, то ее в принципе можно решать на адиабатическом компьютере. Это касается пр-трудных задач, в том числе задач целочисленного программирования с булевскими переменными.

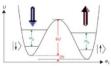
Минимизация функции Изинга

$$min\left(\sum_{i=1,j< i}^{n} s_{i}J_{ij}s_{j} + \sum_{i=1}^{n} h_{i}s_{i}\right), \ \ s_{i} \in \{0,1\},$$

где J_{ij} – энергия взаимодействия между частицами, h_i – локальное поле. При этом стоить отметить, что $s_i = s_i^2$, если $s_i \in \{0,1\}$. По этой причине второе слагаемое в скобках остается неизменным при замене s_i на s_i^2 или наоборот. По сути, здесь представлена задача минимизации квадратичной формы, но в некоторой модификации, возможной лишь потому, что 0 в квадрате равен 0, а 1 в квадрате равен 1. Линейная часть задачи получается заменой квадратов переменных теми же переменными в первой степени, а пара совпадающих индексов — одним таким индексом. Корректна ли такая замена не только с формальной, но и с содержательной точки зрения — большой вопрос.

Физический и логический кубит





Состояния логического кубита:

(1,1), (1,0), (0,1), (0,0)

Переход от логических переменных {1,0} к спинам $\{+1, -1\}$ и обратно возможен по простым формулам:

$$y = 2x - 1$$
 и $x = (y + 1/2)$



Рисунок 4. Переход от логических переменных к спинам

Модель Изинга применяется для адиабатических квантовых вычислений на основе квантового отжига, хотя изначально она была разработана как модель термического отжига.

Для понимания того, как протекает вычислительный процесс, надо обратиться к физике. На рисунке 4 очень схематично представлен физический кубит на основе атома водорода. Атом (справа на рисунке 4) имеет два спина, один-спин протона, второй — спин электрона. В целом получается четыре возможных сочетания.

Оба спина могут быть направлены «вверх» или «вниз», то есть +1 и -1. Переход от +1 и -1 осуществляется по простым формулам, представленным внизу рисунка.

Туннельный эффект

Туннельный эффект – переход осуществляется из одного локального минимума (основное состояние) в другой, минуя состояния, не являющиеся локальными минимумами. Этот эффект имеет место при очень низких температурах (см. рис.5). Ниже представлена формула перехода, известная как адиабатическое изменение. Время здесь измеряется в микросекундах, $H_{
m p}$ – квантовый Гамильтониан основного состояния, которое кодирует решение задачи (6), H_0 – Гамильтониан основного состояния установит D-Wave. Гамильтониан адиабатически изменяется за время T согласно формуле

$$H(t) = \left(1 - \frac{t}{T}\right)H_0 + \frac{t}{T}H_p \quad 0 \le t \le T.$$

При достаточно большом T и условии, что H_0 и H_0 не коммутируют, квантовая система будет постоянно оставаться в основном состоянии, согласно адиабатической теореме квантовой механики. Измерение квантового состояния в момент времени T даст решение нашей задачи.

Туннельный эффект принципиально отличает вычисления на адиабатических квантовых компьютерах от простых физических аналогов. Например, в качестве аналога можно представить таз с углублениями в дне (ямками) и рассыпанным на дне горохом. При встряхивании горох будет скапливаться в ямках, причем он может перелетать из одной ямки в другую, если встряхивания достаточно сильны, и постепенно скапливаться в самых глубоких ямках. Но для преодоления выпуклости между ямками нужно достаточно энергичное встряхивание, но все же не такое, чтобы горох перелетал из любой ямки в любую.

Совершенно иначе идет адиабатический процесс. При сильном охлаждении устанавливается какое-то начальное базовое состояние (система находится в энергетической яме). Переход из одного базового состояния (энергетической ямки) происходит без «сильного встряхивания», минуя состояния, которые не являются энергетическими ямами. Графически это часто изображают в виде фигуры, проходящей сквозь стену, или в каких-то иных образах. Именно в этом суть туннельного эффекта в физике. Можно поискать и при желании найти нечто подобное в поведении людей. Но сейчас речь не о том, а о том, что наличие туннельного эффекта дает замечательный вычислительный эффект, а это, в свою очередь, сулит хорошие перспективы на будущее адиабатическим квантовым компьютерам и производящей их канадской фирме D-Wave Systems. Динамика разработки и продаж адиабатических квантовых компьютеров этой фирмы представлена в таблице 1. На рисунке 5 представлены физические параметры для работы компьютеров D-Wave.

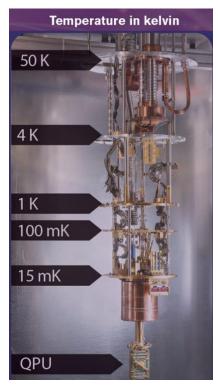


Рисунок 5. Температуры в тК

Таблица 1. Компьютеры фирмы D-Wave Systems

Год выпуска	2011	2013	2015	2017
Модель	D-Wave One	D-Wave Two	D-Wave 2X	D-Wave 2000Q
Число кубитов	128	512	1152	2048
Покупатели	Lockheed-Martin	Google и NASA	Lockheed-Martin	TDS

В целом представленные данные подтверждают сказанное выше.



Рисунок 5. Внешний вид компьютеров D-Wave (справа) и чип на 2048 кубит (слева).

Решение задач экономики знаний на адиабатическом компьютере

Работа (Ba, Stallaert, Whinston, 2001), вообще говоря, не связана напрямую с квантовой экономикой и квантовыми вычислениями. Но в ней рассматривается очень интересная модель рынка знаний, а в качестве промежуточного шага функционирования рынка знаний возникает np-трудная задача оптимизации с булевскими переменными. Ее решение в общем случае достижимо лишь полным перебором возможных вариантов. Но это именно тот случай, когда можно (в принципе) заменить ограничения функциями штрафов, привести к форме модели Изинга и решать задачу на адиабатическом квантовом ком-

пьютере. В работе (Lucas, 2014) показано, как можно привести к форме модели Изинга практически любую задачу оптимизации с булевскими переменными и многие другие задачи. Приводятся примеры таких преобразований, причем примеры выбраны с некоторой «изюминкой», то есть такие, где преобразование можно сделать с некоторым изяществом, используя специфические особенности задачи. Также дан общий алгоритм преобразования. В работе (Warren, 2018) показано, что можно готовить задачи для квантовых компьютеров D-Wave, вообще ничего не зная об их устройстве и о квантовой физике, как поступает большинство пользователей, работая на обычных компьютерах. Уже есть язык программирования, разработанный для компьютеров D-Wave.

Задача, представленная формулами 1–3, описана в работе (Ba, Stallaert, Whinston, 2001). Она достаточно типична для экономики знаний, а потому возможность ее эффективно решать очень важна.

Целочисленная оптимизация в проектной экономике знаний

 $M=\{1,\dots,m\}$ — совокупность результатов (знаний), которые можно получить. $N=\{1,\dots,n\}$ — совокупность всех возможных в принципе проектов (НИОКР); $\mathcal{K}_c(j)$ — знания, используемые в проекте $j\in N$; $\mathcal{K}_s(j)$ — знания, производимые в проекте $j\in N$; v(j) — запрашиваемая (предлагаемая) сумма.

Переход от матрицы связей из оригинальной работы к паре более простых матриц связан с использованием Булевой логики. К тому же он понятнее.

Матрица связей между проектами

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} +1 & \text{если } i \in \mathcal{K}_c(j) \\ -1 & \text{если } i \in \mathcal{K}_s(j) \\ 0 & \text{если } i \notin \mathcal{K}_c(j) \cup \mathcal{K}_s(j) \end{cases}$$
 (1)

Ее можно представить в виде:

$$A = C - B$$
, где $B \ge 0$, $C \ge 0$.

Строки B —знания, производимые в проектах; Строки C — знания, потребляемые в проектах.

Оптимизация «производства» знаний

$$\pi^* = \max \sum_{j=1}^n v_j x_j, \tag{2}$$

при условиях

$$\max_{j=1,\dots,n} \left[\alpha_{ij} x_j \right] + \min_{j=1,\dots,n} \left[\alpha_{ij} x_j \right] \le 0 \quad \text{для всех } i = 1,\dots,m \tag{3}$$

где
$$x_j \in \{0,1\}$$
 для всех $j = 1, ..., n$.

Ограничения нужно заменить квадратичными функциями штрафов (для решения на **D-Wave**). Сначала задача (1–2–3) переводится в стандартную форму, где вместо ограничений с идемпотентными операциями максимума и минимума используются ограничения в виде логических конструкций.

Ограничения можно переписать, используя логические операции:

$$\begin{aligned}
\forall i \in M \\
c_{i1}x_1 \lor c_{i21}x_2 \lor \dots \lor c_{in}x_n &= 1 \\
& \downarrow \\
b_{i1}x_1 \lor b_{i2}x_2 \lor \dots \lor b_{in}x_n &= 1.
\end{aligned} \tag{4}$$

Вводим 2nm дополнительных переменных

$$y_{i1} = b_{i1}x_1;$$

$$y_{ij} = y_{ij-1} - y_{ij-1}b_{ij}x_j + b_{ij}x_j \quad j = \overline{2, n};$$

$$z_{i1} = c_{i1}x_1;$$

$$z_{ij} = z_{ij-1} - z_{ij-1}c_{ij}x_j + c_{ij}x_j \quad j = \overline{2, n}.$$

Штрафная функция для i имеет вид

$$f_i = y_{in}(1 - z_{in}), \ i = \overline{1, m},$$

а для системы в целом это будет

$$F = \sum_{i \in M} y_{in} (1 - z_{in}).$$

Строго говоря, переход к ограничениям в форме логических функций нужен только для использования техники построения штрафных функций, представленной в работах (Lucas, 2014) и (Warren,2018). Однако, очень хотелось бы найти более прямой путь реализации идемпотентных операций на квантовых компьютерах (минуя логическое представление).

Если положить

$$E = -\sum_{j=1}^{n} v_j x_j,$$

то задача для компьютера D-Wave принимает вид

$$E + \lambda * F \to min, \tag{5}$$

ипи

$$\left[\lambda * \sum_{i=1}^{m} y_{in} (1 - z_{in}) - \sum_{j=1}^{n} v_{j} x_{j}\right] \rightarrow min, \tag{6}$$

где λ – калибрующий множитель, соразмерный параметрам задачи.

Заключительные замечания

Классические квантовые компьютеры отличаются от адиабатических уже тем, что они достаточно универсальны. Исходную задачу не надо приводить к модели Изинга или какому-то другому стандартному виду. Углубление в технические детали в данном случае неуместно и чревато возможностью ошибок. Однако стоит отметить, что для таких компьютеров уже существует не менее пяти алгоритмов, один из которых (алгоритм Шора) уже показал свою эффективность для взлома шифров.

Успехи в области создания таких компьютеров пока скромны, до настоящего времени они существуют лишь в виде экспериментальных образцов. Но и здесь наметился прорыв. В таблице 2 представлены данные, собранные из разных источников.

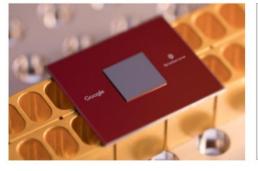
Таблица 2.

	2009	2016	2017	2018
Google			49 qubits	72 qubits
IBM	2 qubits	5 qubits	50 qubits	
Maryland			53 qubits	_
Harvard			51 qubits	_

Как легко заметить, данные очень неполны и неоднозначны. Также стоит отметить, что заявления разработчиков, пересказываемые средствами массовой информации, противоречивы и часто запутывают читателя. Чтобы судить о ситуации объективно, надо углубляться в детали и читать только (или в основном) специальную литературу. Но даже это не всегда спасает, так как в управлении современной наукой слишком большую роль играют маркетологи и профессиональные охотники за грантами. Даже в заявлениях разработчиков на научных конференциях можно заметить налет рекламы, сокрытия части неудач-

ного опыта и других неприятных деталей. Нам остается лишь констатировать наличие этих противоречий и фрагментарности.

Квантовый процессор Bristlecone, используемый в компьютере от Google, (рисунок 6) состоит из 72 кубитов –изображен на схеме (справа) в форме «Х», где точки соприкосновения концов символа отображают связь кубита с



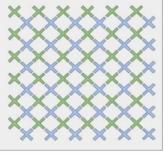


Рисунок 6. Квантовый процессор Bristlecone

ближайшими «соседями». Однако фирма Google не спешит предоставлять свои компьютеры для использования другими фирмам и частным лицам.

Долгое время в разработке классических квантовых компьютеров лидировала фирма IBM. При этом она не только объявляла о своих достижениях, но и давала желающим попробовать свои силы в программировании на малом квантовом компьютере с 5 кубитами, а в 2018 году обещала предоставить для тех же целей 20-кубитный квантовый компьютер. Другие игроки ничего подобного никогда не делали.

Завершая эту статью, хочу обратить внимание на две работы российских математиков, имеющие прямое отношение к теме. Одна из них () подтверждает наличие квантовых эффектов в экономике на уровне теорем, вторая демонстрирует эффективность применения идемпотентного анализа при исследовании финансовых рынков.

Литература:

- 1. Дирак П. А. М., 1979. Принципы квантовой механики—Перевод 4-го изд.—М.: Наука, 1979
- 2. Кондраков И.А., Шананин А.А., Идемпотентные аналоги теорем о неотрицательных матрицах и их приложения к анализу экономической информации, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2011, том 51, номер 2, 188–205.
 - http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=zvmmf&paperid=8056&option lang=rus
- 3. Макаров В.Л., 1973. Баланс научных разработок и алгоритм его решения // Сб.ст. Оптимизация, Новосибирск, 1973, вып.11(28), С.37–45
- Манин Ю.И., 1980. Вычислимое и невычислимое. М.: Сов. радио, 1980. С. 15
- 5. Маслов В.П., 2006. Квантовая экономика, М.: Hayкa, 2006.—92c.
- 6. Колокольцев В.Н., Маслов В.П., 1994. Идемпотентный анализ и его применение в оптимальном управлении.—М.: Физматлит, 1994.—146 с.
- 7. Мейлихов Е.З., 2006. Трагическая и счастливая жизнь Эрнста Изинга // Природа, №7, 2006 г.
- 8. Обросова Н.К., Шананин А.А., Квантовый эффект в модели производства с учетом дефицита оборотных средств и торговой инфраструктуры, Тр. ИММ УрО РАН, 16, № 5, 2010, 127–134. http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=timm&paperid=614&option_lang=rus
- 9. Попов В.Ю., Шаповал Н.Б., Гисин В. Б., Лунева Е. П., 2008. Моделирование финансовых рынков и прогноз, Отчет по научно-исследовательской работе, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Финансовая академия при Правительстве Российской Федерации» (Финакадемия) 2008.—18 с.
- 10. Ba, S., Stallaert, J., Whinston A.B., 2001. Optimal Investment in Knowledge Within a Firm Using a Market Mechanism// Management Science, 2001, 47(9), 1203–1219
- 11. Dirac Paul A.M., 1930. The Principles of Quantum Mechanics. Oxford University Press.—1930.
- 12. Ising E. //Zeitschriftf Physik. 1925. Bd.31. S.253-258.
- 13. Lucas, A., 2014. Ising formulations of many NP problems. Front. Phys. 2 Article 5, 15 pages. DOI:10.3389/fphy.2014.00005
- 14. Warren, R. H. 2018. Mathematical Methods for a Quantum Annealing Computer. Journal of Advances in Applied Mathematics, Vol. 3, №3, July 20182.
- 15. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 года № 1632-р.

Козырев Анатолий Николаевич д.э.н., к.ф.-м.н. – руководитель научного направления в Центральном Экономическом институте РАН

Ключевые слова: Адиабатический компьютер, квантовые вычисления, квантовый отжиг, квантовый параллелизм, туннельный эффект.

Kozyrev A.N. Doctor of economics, Head of the scientific direction "Mathematical and computer models, knowledge economy, tools and methods"

Keywords: Adiabatic computer, quantum computing, quantum annealing, quantum parallelism, tunnel effect,

Abstract

This publication is a revised version of the plenary report at the 41st meeting of the international scientific school-seminar "System modeling of socio — economic processes" 01.10.2018, Nizhny Novgorod.

1.2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

д.т.н. Галькевич А.И., к.т.н. Назаров А.А. к.э.н. Галькевич И.А.

В статье предлагается концепция системы, обеспечивающей обработку больших массивов данных для систем экономического мониторинга прогнозирования отраспевых проиессов и принятия решений в целях более эффективного использования общественных ресурсов государства и ресурсов субъектов экономики, на основе создания интеллектуальной интегрированной цифровой платформы (ИИЦП). Технологическая цель проекта ИИЦП – формирования пространства цифровой экономики России (ЦЭ). Экономическая цель ИИЦП – повышение эффективности управления ЦЭ: экономического мониторинга, прогнозирования и принятия обоснованных и наиболее эффективных решений в интересах роста благосостояния населения Российской Федерации. Обосновываются актуальность создания системы, а также центральная проблема развития ЦЭ. Описано современное состояние исследований по этому направлению. Показано, что достижение поставленной цели возможно на использовании методологии и метода морфологического анализа. Метод морфологического анализа реализует системный или структурный (морфологический) принцип исследования и представляет собой достаточно универсальное средство достижения сформулированной выше задачи. Описаны ожидаемые научно-технические результаты проекта ИИЦП. План реализации проекта доведен до уровня технического задания на разработку ИИЦП. Показано как ИИЦП на основе имеющегося задела реализуется в виде Центра Обработки Данных (ЦОД) и Российского Агрегатора Машинных Данных (РАМД) – как технологическая основа платформы ИИЦП. Дальнейшее развитие происходит на основе накопления и аналитической обработки данных в ЦОД с РАМД ИИЦП и обучения основного процессорного блока (ПБ) – ядра ИИЦП. Определён организационный план реализации проекта и состав исполнителей. Система имеет двойное назначение и совокупность свойств, которую не имеет ни одна из существующих интеллектуальных информационных систем.

1. Ведение

Развитие национальной цифровой экономики (ЦЭ), как задача, поставленная Президентом РФ Путиным В.В. 1 декабря 2016 года в рамках послания Федеральному собранию, и конкретизированная Правительством в Программе «Цифровая экономика Российской Федерации» (Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г.), включает в себя уровни (подзадачи):

- 1) экономический;
- 2) технологический.

Второй уровень — *цифровые* технологии и платформы — является базовым для первого уровня и предназначен для анализа больших массивов данных, методического и технологического обеспечения экономического мониторинга и прогнозирования, подготовки принятия решений.

Первый уровень – национальная цифровая экономика – является предметным (прикладным для второго уровня) и предназначен для достижения практических результатов в экономическом мониторинге, прогнозировании, в подготовке эффективных по заданным критериям решений и их принятии.

По оценке Минэкономразвития РФ: «...максимальный положительный эффект от цифровизации экономики может быть достигнут в таких отраслях, как торговля, транспорт, ЖКХ, финансы, а также образование и здравоохранение, где переход к дистанционной работе и использование технологий искусственного интеллекта должны стать причиной прорывных изменений».

Правильно организуемая инфраструктура сбора и обработки больших массивов данных в этих отраслях создаёт наиболее благоприятные условия для решения ключевых задач управления и организации эффективного функционирования ведомств в системе национальной цифровой экономики.

Утверждается, что указанные выше задачи могут быть успешно решены на основе создания предлагаемой настоящей концепцией интеллектуальной интегрированной цифровой платформы (ИИЦП), обеспечивающей обработку больших массивов данных для систем экономического мониторинга, например, финансовых транзакций (особенно – бюджетных средств), прогнозирования отраслевых процессов и принятия решений в целях более эффективного использования общественных ресурсов государства.

2. Определение и цель создания ИИЦП

ИИЦП – интеллектуальная интегрированная цифровая платформа – система технологий и методов, приёмов и способов обработки информации, объединённых единой методологией для решения проблемы развития ЦЭ.

Проблема развития ЦЭ – проблема принятия обоснованных и наиболее эффективных решений при условии циркуляции в ЦЭ большого количества экономической (и цифровой) информации.

Цель создания ИИЦП – повышение эффективности управления ЦЭ: экономического мониторинга, прогнозирования и принятия обоснованных и наиболее эффективных решений в интересах роста благосостояния населения РФ.

3. Актуальность проблемы, предлагаемой к решению в рамках концепции проекта ИИЦП

Экономика – большая система, для эффективного развития подсистем и элементов которой характерным является необходимость принятия решений в условиях как недостатка, так и избытка решающей информации, действующих одновременно.

Именно, для совершенствования процессов принятия решений в условиях недостатка и/или избытка информации в экономике, в первую очередь, были изобретены и применены цифровые технологии. Эти технологии уже в 50-60-х г.г. широко внедрялись в экономическую практику западных стран, а в их финансовых (международных) системах стали неотделимыми подсистемами. Таким образом *цифровая экономика* зародилась и стала развиваться много ранее, нежели объявили (в России) о необходимости развития *ЦЭ* – *цифровой экономики*.

Внедрение новых цифровых технологий вызвало экспоненциальный рост количества информации как существенной, так и менее существенной, но учитываемой в принятии экономических решений. Экспоненциальный рост количества информации, вовлекаемой в принятие решений в цифровой экономике, в короткие сроки довёл это количество до таких величин, что процессы принятия решений на основании этой информации объективно стали проблемой развития самой же *цифровой экономики*.

Таким образом:

цифровая экономика – большая система, для эффективного развития подсистем и элементов которой характерным является необходимость принятия решений в условиях большого количества цифровой информации, существенной и учитываемой в принятии решений;

проблема развития цифровой экономики – проблема принятия экономических решений в условиях большого количества цифровой информации.

Актуальность проблемы развития ЦЭ в РФ определена рядом уже упоминавшихся выше государственных актов, принятых на уровне Президента и Правительства РФ.

Актуальность решения проблемы развития цифровой экономики в РФ, предлагаемого *настоящей концепцией*, подтверждается положениями 3-й части Программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утверждённой Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 года №1632-р:

Формирование исследовательских компетенций и технологических заделов.

4. Центральная проблема, ее структура и методические требования к её решению

Актуальность рассмотренной проблемы развития цифровой экономики в РФ определяется актуальностью более широкой (назовём – *центральной*) проблемы мировой цифровой экономики, как главного противоречия.

Центральная проблема развития цифровой экономики — главное противоречие мировой (и цифровой) экономики между необходимостью принятия экономических решений и имеющимися возможностями обработки больших массивов цифровой информации для принятия таких решений.

Такое рассмотрение проблемы, как главного противоречия, позволяет выявить её существенные признаки и наметить обоснованные требования к её решению.

К характерным признакам центральной проблемы развития цифровой экономики следует отнести:

- 1) мировой масштаб центральной проблемы, как следствие глобального распространения национальных (США, Япония и ряд других стран) технологий;
- 2) существенный семантический и семиотический разрыв между формой цифровой информации, обусловленной технологией её формирования и обработки, и её содержанием, обусловленным её экономической сущностью;
- 3) потребность в сокращении существенной (важной) информации для принятия решений и необходимость в максимальном расширении учитываемой в формировании возможных решений информации.

Характерные признаки центральной проблемы задают методические требования к приёмам и способам решения проблемы:

- 1) возможность оперирования количественной и качественной информацией в равной мере;
- 2) формирование исходного массива (всех) возможных решений проблемы;
- 3) выбор приоритетных (допустимых) возможных решений проблемы;
- 4) оценка приоритетных (допустимых) возможных и выбор наиболее значимых решений;
- 5) реализация наиболее значимых решений.

Очевидно, что решение центральной проблемы развития цифровой экономики явится (также) методическим и технологическим основанием решения частных (отраслевых) экономических и иных решений.

Что касается первого из приведенных выше характерных признаков центральной проблемы развития цифровой экономики, то он указывает на необходимость придания, помимо прочего, решению центральной проблемы определённого статуса национального приоритета.

5. Статус национального приоритета решения центральной проблемы развития ЦЭ

Определённый статус национального приоритета решения центральной проблемы развития цифровой экономики в России отражается в ряде государственных актов Российской Федерации, в том числе – в следующих актах:

- 1) «Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» (утв. Правительством РФ 03 января 2014 года, далее Прогноз);
 - 2) Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»

(распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 года №1632 -р, далее – Программа).

Прогноз и Программа выделяют в самостоятельные научно – исследовательские и прикладные направления развития цифровой экономики России следующие их аспекты:

- 1) интеллектуальные системы управления и поддержки принятия решений;
- 2) сквозные цифровые технологии: нейро-технологии и искусственный интеллект (принятия решений).

Указанные направления конкретизируют технологические требования к приёмам и способам решения центральной проблемы развития цифровой экономики.

Рассматриваемая концепция проекта ИИЦП конкретизирует возможное содержание научно-исследовательских и прикладных направлений развития цифровой экономики России.

6. Современное состояние отечественных и зарубежных исследований по ИИ

Начало работ по созданию систем ИИ относится к 1955 году и связано с работами информатика Д. Маккарти — основоположника функционального проектирования и языка Лисп. Центром исследований признается МІТ (Массачусетский Технологический Университет). На основе разработок его специалистов созданы успешно функционирующие системы на базе ИИ такие, как XCON. В интересах оборонного ведомства США управлением DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) развёрнута система DART для обеспечения логистики боевых операций армии США, которая окупила все инвестиции в данную проблематику. В 90 -х годах компьютер обыграл в шахматы гроссмейстера Каспарова, а запущенный космический аппарат системы Deep Space 1 вывел в космическое пространство систему управления на базе ИИ. В последнее годы исследователи МІТ достигли серьёзных результатов в области нейробиологии для реализации в ИИ.

В России основной интерес представляют исследования бизнес—процессов и поисковых систем на основе принципов ИИ. В этом сегменте работают несколько сильных компаний, которые разрабатывают крупные платформенные решения по автоматизации бизнес-процессов и облачные платформы для хранения данных. В частности, к таким компаниям можно отнести «Яндекс», «1С» и другие. Эти компании активно развиваются и будут поставлять платформенные решения в различные сферы применения, включая Интернет вещей. Компания «Ростелеком» занимается разработкой национальной платформы Интернета вещей для российского рынка. Tibbo Systems, российский разработчик программного обеспечения для систем управления и мониторинга (платформа Tibbo AggreGate), предоставляет услуги по развитию для ИТ-инфраструктур, для АСУ ТП и автоматизации зданий, систем физической безопасности и для других областей Интернета вещей. На рынке также представлена универсальная доверенная платформа Интернета вещей «Тайзен».

Оператор фискальных данных контрольно-кассовой техники (ККТ) «Платформа ОДФ» планирует запустить сервис на основе Big Data (больших данных). Компания будет собирать данные о покупках, которые проходят через обслуживаемую ею контрольно-кассовую технику, анализировать их и продавать клиентам агрегированную аналитику в различных разрезах.

Используя эти данные, ритейлер сможет более обоснованно принимать мониторинговые решения. Агрегированную аналитику можно использовать и для предоставления персонифицированных предложений потребителю, формировать лично для него интересные предложения.

Объем российского рынка M2M/IoT по итогам первого полугодия 2016 года достиг 300 млрд. руб., увеличившись с 225 млрд. руб. относительно того же периода 2015 года.

Рост указанного рынка M2M/IoT происходит за счет увеличения спроса на технологии Big Data: драйвером стали продажи устройств и приложений для анализа больших объемов данных (доля в общей выручке выросла на 2% до 55%), софта для анализа данных (рост на 1% до 27%), а также платформ для интеллектуального управления SIM-картами (рост на 3% до 20%). Выручка от простого доступа телематических sim-карт к сетям операторов показала нулевую динамику и заняла 1% в доле выручки операторов на рынке M2M/IoT.

Суммарный рост доходов рынка прогнозируется не в подключениях, а в услугах, связанных с данными, обработанными в Big Data.

В этой связи особую актуальность приобретают разработки методов для обработки больших массивов данных, их методические основания.

7. Методические основания решения центральной проблемы

Представляется, что наиболее полно методическим и технологическим требованиям решения центральной проблемы развития цифровой экономики удовлетворяет, так называемый, метод морфологического анализа, широко известный в теории и практике прогнозирования.

Метод морфологического анализа – комбинаторный метод формирования вариантов всех возможных решений объекта исследования, задачи, проблемы, основанный на знании структуры (морфологии) объекта исследования, задачи, проблемы.

Задача и содержание метода морфологического анализа:

построить морфологическую (структурную) матрицу исследуемого объекта (решаемой задачи, проблемы) и на основании этой матрицы комбинаторным путём сформировать все возможные варианты реализации объекта (задачи, проблемы) с требуемой главной функцией.

Метод морфологического анализа реализует методологию системного или структурного (морфологического) принципа исследования и представляет собой достаточно универсальное средство достижения сформулированной выше задачи.

Универсальность метода морфологического анализа определяется существованием (или физической определённостью) исследуемых объектов в реальном пространстве-времени.

Если для объектов техники такая определённость почти очевидна: все они могут быть структурированы, в пределе, до пространственно-определённых систем атомов и молекул, — то для объектов, в которых информационная составляющая является системообразующей, такая определённость менее очевидна. Однако и эта составляющая так же объективна и физически определена взаимодействиями элементов и подсистем исследуемого объекта.

Реализация метода предусматривает пять этапов:

1. Определение объекта (задачи) S исследования.

Определение – выявление, формулировка, описание объекта (задачи) исследования:

$$S(K: k_1 \times k_2 \times ... \times k_i \times ... \times k_s),$$

где S – имя объекта (задачи) исследования (далее – объекта),

K — системообразующее отношение (структура) или константа объекта.

Имя S объекта — слово, понятие, короткая формулировка, индивидуализирующие объект исследования S в более общем множестве, классе, системе объектов.

Системообразующее отношение или структура K — такое минимальное описание $K(k_1 \times k_2 \times ... \times k_i \times ... \times k_s)$ объекта S, как системы собственных компонентов $\{k_i\}$: подсистем, элементов и взаимосвязей; — удаление из которого хотя бы одного компонента k_i лишает объект S его индивидуальности по определению. Поэтому K принимается за константу объекта S. Удовлетворение главной функции, ради которой определён объект S, должно быть отражено в системе собственных компонентов $\{k_i\}$ с необходимостью. Это условие следует рассматривать как необходимое (принципиальное или аксиоматическое) условие метода морфологического анализа.

В общем случае формирование определения объекта S носит компилятивный характер и объединяет в себе информацию от различных документированных источников или экспертов, специалистов.

Константа K является носителем структуры или морфологии объекта S, иными словами, константа K — описание структуры объекта S в его определении. Именно, компонентами $\{k_i\}$ константы K определяется количество строк искомой морфологической матрицы и смысловые соотношения или взаимосвязи между строками этой матрицы.

Компоненты $\{k_i\}$, в общем случае, задают вещную, энергетическую и информационную структуры (морфологии) объекта исследования и охватывают как, собственно, предметно, S, так и элементы окружающей среды, факторы или условия, определяющие существование S, а также функции или задачи, для достижения или решения которых определён объект S.

2. Построение значений морфологических компонентов $\{k_i\}$.

Объект S со временем изменяется, имеет различные реализации или решения $S_1, S_2, \ldots, S_j, \ldots, S_t$ и т.д. Именно возможные изменения являются предметом проблемного исследования. Соответственно изменениям $\{S_j\}$ объекта S некоторым образом изменяется его структура: подсистемы, элементы и их взаимосвязи – морфологические компоненты $\{k_i\}$.

Приписывая морфологическим компонентам $\{k_i\}$ различные характеристики, параметры, свойства, признаки и т.д. в зависимости от ряда реализаций $\{S_j\}$, мы можем исследовать этот ряд $\{S_j\}$ над системой отношений $R_1 \times R_2 \times \ldots \times R_i \times \ldots \times R_s$ (характеристик, параметров, свойств, признаков и т.д.), определяющей $k_1 \times k_2 \times \ldots \times k_i \times \ldots \times k_s$. Таким образом, морфологическим компонентам $\{k_i\}$ приписываются (сопоставляются) соответствующие отношения $\{R_{ij}\}$ так, что, если определено

$$S = S(K: k_1 \times k_2 \times ... \times k_i \times ... \times k_s),$$

то определены:

— составляющие ряд реализаций или решений $S_1, S_2, ..., S_j, ..., S_t$ объекта S, при этом каждому морфологическому компоненту из $\{k_i\}$ соответствует собственный ряд значений:

$$k_1: k_1(R_{11}), k_1(R_{12}), \dots, k_1(R_{1j}), \dots, k_1R_{1t},$$
 $k_2: k_1(R_{21}), k_2(R_{22}), \dots, k_2(R_{2j}), \dots, k_2R_{2t},$
 \dots
 $k_i: k_i(R_{i1}), k_i(R_{i2}), \dots, k_i(R_{ij}), \dots, k_iR_{it},$
 \dots
 $k_s: k_s(R_{s1}), k_s(R_{s2}), \dots, k_s(R_{sj}), \dots, k_sR_{st},$

которые не обязательно все различны для различных реализаций $\{S_j\}$.

Приведённые к указанной форме описания реализаций $\{S_j\}$ объекта S сводятся в таблицу, ячейки строк которой задают значения $\{k_i(R_{ij})\}$ морфологических компонентов $\{k_i\}$, а столбцы определяют известные реализации $\{S_i\}$ объекта S.

	Таблица известных значений $\{k_i(R_{ij})\}$								
	S_1	S_2		S_j		S_t			
k_1	R ₁₁	R_{12}		R_{1j}		R_{1t}			
k_2	R ₂₁	R_{22}		R_{2j}		R_{2t}			
k_i	R _{i1}	R _{i2}		R_{ij}		Rit			
k _s	R _{s1}	R_{s2}		Rsj		Rst			

Таблица известных значений $\{k_i(R_{ij})\}$ составляет основу для морфологической матрицы $\|R_{ij}\|$ объекта S.

3. Построение матрицы $||R_{ij}||$.

Построение матрицы $\|R_{ij}\|$ сводится к удалению из строк таблицы дублирующих или равных, тождественных отношений (характеристик, параметров, свойств, признаков и т.д.), которые обозначены символом R с различными индексами, и дополнению строк всеми возможными иными отношениями того же рода (класса, вида, типа и т.п.).

Морфологическая матрица объекта S								
k_1	Ш11	Ш12		Ш1ј			III_{1t_1}	
k_2	Ш21	Ш22		Ш2ј		Ш2t2		
k_i	Ші1	Ш _{і2}		Шіј		Ш _{iti}		
k_s	Шs1	Шs2		Шѕј			III_{st_s}	

скольку сами морфологические компоненты могут иметь и имеют различную природу и свойства.

Возможные реализации $\{S_j\}$ объекта S формируются комбинаторно согласно структуре $k_1 \times k_2 \times ... \times k_i \times ... \times k_s$ объекта S, задаваемой определением объекта $S(K: k_1 \times k_2 \times ... \times k_i \times ... \times k_s)$, перебором возможных значений $\{k_i(\coprod_{ij})\}$ морфологических компонентов по строкам матрицы $\|\coprod_{ij}\|$. Например:

$$\digamma$$
 $S(K: k_1 \times k_2 \times ... \times k_j \times ... \times k_s).$

Очевидно, что число всех возможных реализаций $\{\mathcal{F}_b\}$ объекта S (морфологическое множество) согласно определению $S(K: k_1 \times k_2 \times \ldots \times k_i \times \ldots \times k_s)$ равно числу комбинаций элементов матрицы $\|\mathbf{III}_{ij}\|$ по строкам, то есть равно произведению $N = t_1 t_2 \ldots t_i \ldots t_s$

4. Определение значимости всех возможных реализаций $\{ \boldsymbol{\mathcal{T}}_{\boldsymbol{\mathcal{S}}} \}$ объекта S.

Значимость (ценность) $\Gamma(\mathcal{T}_S)$ – степень соответствия варианта \mathcal{T}_S системе требований, предъявляемых к объекту S в обеспечение главной функции, для достижения которой этот объект S определён (создан).

Например, значимость может определяться соответствием действующим стандартам на техническую продукцию для объектов техники или соответствием существующим критериям новизны научно исследовательских работ для объектов науки.

Определение набора (совокупности) вариантов с заданной значимостью:

$$\{\Gamma^*(\mathcal{T}_{\mathcal{B}_i})\} = \{\Gamma_{\min} \leq \Gamma(\mathcal{T}_{\mathcal{B}_i}) \leq \Gamma_{\max}\}.$$

5. Выбор наиболее перспективных возможных реализаций \mathbf{n}_i объекта S.

Перспективность $\Pi(\Gamma(\mathcal{T}_{ij}))$ – относительный приоритет варианта \mathcal{T}_{ij} морфологического исследования перед иными значимыми возможными реализациями $\{\mathcal{T}_{ij}\}$ в обеспечении главной функции объекта S в течение заданного (прогнозного) периода времени.

Оценивание перспективности проводится сопоставительным анализом (сравнительным, корреляционным) по одному или нескольким наиболее важным для данного объекта показателям.

Определение набора (совокупности) относительно более перспективных вариантов:

$$\{\Pi^*(\Gamma^*(\mathcal{D}_i))\} = \{\Pi_{\min} \leq (\Gamma^*(\mathcal{D}_i)) \leq \Pi_{\max}\}.$$

Определение значимости и перспективности является одним из важных условий метода морфологического анализа. В отсутствие этих оценок метод утрачивает своё практическое назначение. Поэтому определение значимости и перспективности надлежит рассматривать как достаточное (принципиальное или аксиоматическое) условие метода морфологического анализа.

Метод морфологического анализа, как метод, позволяющий получать новое знание, занял соответствующее место во многих областях деятельности, связанных с поиском нетривиальных решений различных задач и проблем. В этом (в возможности получения нового знания) содержится атрибутивный для искусственного интеллекта компонент морфологического анализа.

В этой связи, применительно к поиску решения центральной проблемы цифровой экономики, необходимо отметить следующее.

Внедрение информационных технологий в управление большими системами выявило неоспоримые достоинства принципов и приёмов метода морфологического анализа в обработке больших массивов информации различного рода, прежде всего качественной, трудно формализуемой. Морфологические модели (матрицы) являются универсальной, удобной, если не единственной, формой представления многовариантных объектов (задач) с сохранением семантических связей элементов объектов. По этому принципу (морфологических матриц) строятся содержательные описания элементов и блоков семантических сетей, обеспечивается удобный и быстрый доступ к любому блоку и элементу описания сложного объекта, даётся практически неограниченный ресурс наращивания элементов описаний и их содержания, формируется естественная система кодирования (свёртки) информации и многое другое. Важно, что метод морфологического анализа на начальных этапах исследования естественным образом сопрягается со всеми известными поисковыми системами в сети internet.

Таким образом, метод морфологического анализа по своим методическим и технологическим свойствам способен составить основу инструментария для решения центральной проблемы развития цифровой экономики, как снятия противоречия между необходимостью принятия решений и возможностями обработки больших массивов цифровой информации для принятия таких решений, и формирования сквозной цифровой технологии решения частных экономических и технических задач.

8. Системно информационные основания решения центральной проблемы ИИЦП на основе метода и технологии морфологического анализа

Методологически разработка ИИЦП складывается из трёх этапов, **первый** из которых заключается в анализе существующих языковых средств и выборе наиболее перспективного языка общения с создаваемой ИИ – системой.

Направление решения указанной задачи однозначно определилось и подтвердилось многолетней практикой ведущих фирм: языком общения ИИ-систем и человека является естественный язык.

В настоящем проекте в качестве базового языка выбран русский язык, как одно из наиболее адаптированных к реальности средств представления текстовой информации, в основном лишённое собственных служебных и семиотических контекстных условностей.

Формирование инструментария общения с ИИ-системами составляет содержание **второго** этапа разработки ИИЦП и предполагает выбор (создание) совокупности программных средств, объединённых системой алгоритмов, с целью обеспечения:

- подготовки и получения информации различного рода (электронных, видео-, звуковых, органо-лептических, химических, механических и т.д.) ИИ-системой;
 - ведения и поддержания диалогов и иных форм общения пользователя с ИИ-системой;
- выдачи информации ИИ-системой пользователю, командным органам, органам управления, иным потребителям в соответствии с установленным регламентом.

В создании инструментария на базе различных (электронных, видео-, звуковых, органолептических, химических, механических и т.д.) средств общения накоплен достаточный опыт, позволяющий уже сего-

дня реализовать их в едином информационном комплексе. Настоящим проектом в качестве разработочного варианта приняты электронные средства общения, позволяющие оперировать текстовой, видео – и звуковой информацией на русском языке.

Третий этап разработки и создания ИИЦП приобретает ряд особенностей по сравнению со сложившимися традициями в создании средств обработки информации. Особенности этого этапа определяются тем, что принципиальное изменение парадигмы информационных технологий изменяет целевую функцию процесса формирования инструментария и содержание процесса обработки информации в соответствующем блоке (процессорный блок – ПБ) ИИЦП: требования быстродействия, увеличения объёма памяти и пропускной способности каналов передачи информации сменяются требованиями адекватности отображений и семантической однозначности преобразований информации.

В формирования инструментария обработки информации ПБ выделяются отдельные задачи:

- А. Разработка цифровой модели ПБ в оригинальной операционной оболочке, сопрягаемой с известными оболочками и средами.
- Б. Исследование (моделирование процессов) ПБ для определения переходных характеристик компонентов ПБ, которые реализуются основным блоком СП служебных программ.
- В. Разработка на базе основного блока СП пакета прикладных программ и исследование с его помощью действующей модели ПБ в комплексе цифрового аналога ИИ-системы.

Информационная (концептуальная) модель ИИ-системы формируется для системы дискретной обработки информации и состоит в следующем.

Подсистема ввода внешней информации (ПВИ) изменением состояния некоторых регистрирующих элементов (РЭ ПБ) фиксирует состояние образа отображаемой системы (ПО).

Образ отображаемой системы трансформируется в аналог образа и поступает в ПБ, формируя континуальный аналог образа (КАО).

Регистрирующими элементами фиксируется состояние КАО, цифровой аналог которого (ЦАО) отображается кодами подсистемы сохранения информации (ПСИ).

Аналогично – через ПВИ – но по иным каналам, формируется континуальный аналог понятия (КАП), соответствующий КАО. Посредством РЭ ПБ фиксируется состояние КАП, цифровой аналог которого (ЦАП) согласуется с ЦАО и отображается кодами ПСИ. Условием согласования является достаточная (отвечающая потребностям решаемых проблем) точность воспроизведения КАО по ЦАП и КАП по ЦАО.

Кроме уже указанного системного блока: блока воспроизведения континуальных аналогов образов (понятий), – ПБ должен иметь и другие блоки, характерные для информационных тел дискретного (цифрового) класса: расширения информации; сравнения образов КАО и КАП; системного времени и др.

Иные подсистемы и блоки, входящие в систему, имеют вполне определённое (традиционное) назначение и не связаны непосредственно с особенностями функционирования ИИ-систем.

Разработка цифровой модели реализует теоретическую и практическую возможность представления любых знаний о любом объекте одним (пусть достаточно длинным) предложением, которое представимо множеством (пусть достаточно большим) предложений, каждое из которых содержит всего три слова. В основе такого (текстового) представления знаний (предметной, объектной области — системы знаний) лежит конечное число базовых понятий и отношений (базовые морфологии объекта и отношений: БМП, БМО). Порождённая над БМП с помощью БМО система знаний соответствует системе КАП и КАО, воспроизводимых по их ЦАП и ЦАО, которая по своей структуре также является морфологической моделью объекта (предметной области) — ММП.

Параллельно с ММП формируется *модель субъекта*, оперирующего с объектом, в форме морфологической модели субъекта – ММС.

Таким образом в ММС персонифицируются объекты, проблемы и задачи, решаемые с помощью ММП. Для построения ММС также требуется базовая модель БМС. БМО является общей для построения ММП и ММС

Таким образом цифровое моделирование ИИ-системы (ИИЦП) сводится к разработке универсальной БМО и операционной системы, отражающей основные (базовые) функции ПБ.

9. Задачи, решаемые ИИЦП на основе метода и технологии морфологического анализа

Применение метода и технологий (приёмов, способов) морфологического анализа в системе ИИЦП позволяет решать ряд общих и частных задач в рамках решения центральной проблемы развития ЦЭ.

- 1) Описание системы и структуры (морфологии) исследуемого объекта (задачи или проблемы) на основе морфологического анализа данных, составляющих информационный ареал объекта (задачи, проблемы), как системы.
- 2) Построение морфологической модели (морфологической матрицы) исследуемого объекта (задачи, проблемы).
- 3) Построение пространства возможных реализаций объекта (задачи или проблемы) на основе корреляционного анализа компонентов матрицы при комбинаторном анализе с заданной функцией целеполагания.
 - 4) Выбор перспективных реализаций исследуемого объекта (задачи или проблемы).

Эти построения (результаты) позволяют перейти к решению ряда частных задач.

- А) Подготовка вариантов принимаемых решений для систем с большим количеством цифровой информации.
- Б) Прогнозные оценки развития сложной организационно-технической системы (задачи, проблемы).
- В) Проведение мониторинга показателей функционирования сложной организационно-технической системы (задачи, проблемы) при наличии информационного шума.
 - Г) Формализация гомеостатических систем управления.
- Д) Формализация активных и пассивных режимов функционирования в рефлексивных моделях системы.
- Ж) Проведение мониторинга функционала (договорных отношений и семантики транзакций) в системах, построенных на базе block chain.
- И) Представления аналитики широкого класса для интегрированных облачных данных классов M2M и IoT в интересах широкого круга пользователей.
- К) Работа в системах идентификации, распознавания образов различного класса, ГИС-системах, системах различных видов разведки, системах гармонизации законодательства и т.п.

10. Описание ожидаемых научно-технических результатов проекта ИИЦП

Реализация проекта ИИЦП должна предоставить следующие научно-технические результаты.

- 1. Обоснование морфологии операционных свойств объектов (систем), позволяющих осуществить переход от дискретной (цифровой) к непрерывной (континуальной) обработке информации в информационных сетях (*Метод моделирования*).
- 2. Концептуальная математическая модель блока ПБ для непрерывной (континуальной) обработки текстовой (и иной) информации (*Методика проектирования*).
- 3. Цифровая модель семантического анализатора текстов (на русском языке) в информационных системах (*Пакет прикладных программ*).
- 4. Цифровая модель семантического анализатора текстов (на русском языке) в заданной предметной области (ядро базы знаний) для создания подсистемы поддержки принятия решений (Фрагмент действующей подсистемы; Техническое описание; Инструкция оператору).

На каждом этапе разработки планируется доведение промежуточных результатов до формы самостоятельного программного продукта, имеющего своего потребителя и определённый спрос на рынке.

Цифровая модель системы семантической обработки текста (на русском языке, иных видов информации) должна удовлетворять ряду требований, обеспечивающих использование ИИЦП с существующим инструментарием и адаптацию к потребностям различных пользователей, решающих задачи и проблемы в конкретной области знаний (предметной области).

К основным требованиям, удовлетворяемым ИИЦП, относятся:

- 1. ИИЦП является непрерывно действующей системой (в собственном временном измерении);
- 2. Операционная структура ИИЦП является достаточно универсальной по отношению к индивидуальным параметрам различных пользователей (к языку, к особенностям общения, к манере ведения диалога и т.п.);
- 3. Операционная структура ИИЦП является достаточно универсальной по отношению к различным классам объектов предметной области;
- 4. ИИЦП в равной мере оперирует с количественной (параметрической) и качественной (непараметрической) информацией;
- 5. ИИЦП является методически корректной системой обеспечивает повторяемость результата решаемой задачи, проблемы в равных условиях.

11. Программно-технический комплекс решения проблемы

- 1. Общие сведения
- 1.1. ИИЦП интеллектуальная интегрированная цифровая платформа система технологий и методов, приёмов и способов обработки информации, объединённых единой методологией, для решения проблемы управления в предметной области (например, в области развития ЦЭ).
- 1.2. Создание ИИЦП осуществляется в два этапа, соответствующие решению двух самостоятельных задач:
 - базовой технологической,
 - прикладной экономической.
- 1.2.1. Решение базовой технологической задачи предполагает формирование ядра ИИЦП интеллектуальной системы (информационных технологий) для анализа больших массивов (баз) данных (БД) и их преобразования в базу знаний (БЗ), методического и технологического обеспечения экономического мониторинга и прогнозирования, подготовки принятия решений.

- 1.2.2. Решение прикладной экономической задачи предполагает формирование оболочки ИИЦП системы предметной БЗ, методов, приёмов и способов достижения конкретных (практических) результатов в сферах экономического мониторинга, прогнозирования, а также подготовки эффективных по заданным критериям решений и их принятия.
- 1.2.3. Ядро ИИЦП (далее $\emph{\textbf{9}}$ -ИИЦП) и оболочка ИИЦП (далее $\emph{\textbf{0}}$ -ИИЦП) образуют тело ИИЦП (далее $\emph{\textbf{7}}$ -ИИЦП).
- 1.2.4. Массивы (базы) данных (БД), преобразуемых в базу знаний (БЗ), вместе с их источниками и носителями образуют внешнюю среду по отношению к ИИЦП (далее **ВС**-ИИЦП).
- 1.2.5. **ВС**-ИИЦП реализуется в структурах двух взаимно связанных подсистем, физически реализуемых в виде центра обработки данных (ЦОД) и агрегатора реферированных цифровых данных для БЗ ИИЦП в целом, определяемого как национальный или Российский Агрегатор Машинных (или цифровых) Данных **РАМД**.
- 1.3. Формирование *T*-ИИЦП и *BC*-ИИЦП соответствует отдельным этапам (по п. 1.2) разработки ИИЦП; этап разработки *T*-ИИЦП складывается из разработки *Я*-ИИЦП и *O*-ИИЦП, которые могут проводиться как независимо, так и совместно.
 - 2. Назначение и цели создания ИИЦП
- 2.1. ИИЦП предназначена для интеллектуализации (обоснованности) решения задач в заданной предметной области (далее ОП) развития ЦЭ с применением АСУ (систем автоматизированного управления).
- 2.2. Относительно самостоятельными целями в создаваемой ИИЦП обладают её подсистемы: $\mathbf{\textit{9}}$ -ИИЦП и $\mathbf{\textit{0}}$ -ИИЦП.
- 2.2.1. В результате создания **Я**-ИИЦП предполагается получить универсальную, унифицированную интеллектуальную систему, способную к самообучению для последующей деятельности в различных отраслях знаний и практики (ОП ЦЭ).
- 2.2.2. В результате создания **О**-ИИЦП предполагается получить универсальную многоуровневую базу метазнаний (БМЗ), позволяющую формировать БЗ ОП в различных областях достаточно стандартным образом (по стандартным алгоритмам).
 - 3. Характеристики объектов управления для ИИЦП
- 3.1. Объектами управления для ИИЦП в различных ОП ЦЭ являются, в первую очередь, объекты, определённые в Программе «Цифровая экономика Российской Федерации» (Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г.).
- 3.2. Объекты управления для ИИЦП образуют структуру **ВС**-ИИЦП, относятся к большим системам (БС), для которых характерны большие БД, и которые имеют множество (тысячи) измеримых (количественных) и неизмеримых (качественных) параметров.
 - 4. Требования к ИИЦП
 - 4.1. Требования к ИИЦП в целом
 - 4.1.1. Требования к структуре ИИЦП
- 4.1.1.1. Подсистемы ИИЦП, их назначение и основные характеристики, требования к числу уровней иерархии и степени централизации
- 4.1.1.1.1. Информационная структура совокупность взаимосвязанных информационными каналами элементов и подсистем получения, хранения, передачи и преобразования информации с целью перевода системы в заданное состояние.
- 4.1.1.1.2. Программная структура алгоритмически взаимосвязанные программы, подпрограммы и отдельные операции преобразования информации в информационной структуре.
- 4.1.1.1.3. Конструкция системы совокупность функционально алгоритмически определённых блоков, интерфейсно взаимосвязанных между собой и являющихся физическими носителями программной структуры.
- 4.1.1.1.4. Организационная структура совокупность управляемых оператором взаимно связанных подсистем конструкции системы, устанавливающая соответствие программно-информационной структуры внешним воздействиям.
- 4.1.1.1.5. Информационная, программная, конструктивная и организационная структуры ИИЦП образуют общую структуру (архитектуру) ИИЦП.
- 4.1.1.1.6. Подсистемы общей структуры ИИЦП, образующие две структуры: *Т*-ИИЦП и *ВС*-ИИЦП, конструктивно отделены.
- 4.1.1.2. К форме архитектуры ИИЦП применяются стандарты международных организаций: SEI (Software Engineering Institute), WWW (консорциум World Wide Web), OMG (Object Management Group), Java JCP (Java Community Process), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), требования которых уточняются по согласованию группы разработчиков.
 - 4.1.1.3. Требования к формированию (созданию и обучению) Т-ИИЦП
 - 4.1.1.3.1. **Т**-ИИЦП состоит из двух конструктивно объединённых подсистем: **Я**-ИИЦП и **О**-ИИЦП.
 - 4.1.1.3.2. Я-ИИЦП создаётся на базе современных средств для ИИ систем.

- 4.1.1.3.3. **О**-ИИЦП создаётся на базе современных средств для ИИ- систем и локальной вычислительной сети (ЛВС).
 - 4.1.1.3.4. ЛВС объединяет центр обработки данных (ЦОД) с РАМД и распределённую БЗ
- 4.1.1.3.5. ЦОД ЛВС осуществляет формирование многоуровневой БЗ, каждый более глубокий уровень которой строится системой паттернов по отношению к семантической сети (подсистеме) менее глубокого уровня.
- 4.1.1.3.6. Распределение семантических подсистем по БЗ ЛВС с ЦОД и РАМД осуществляется по ключевым паттернам (родовым, видовым), формируемым при обучении *Я*-ИИЦП.
- 4.1.1.3.7. Источником исходных данных для *Я*-ИИЦП является её подсистема приёмников исходной оптической, звуковой, тактильной и иной внешней информации, поступающей (получаемой) от *ВС*-ИИЦП, а также внутренней информации, получаемой (извлекаемой) из собственной системы *Т*-ИИЦП.
 - 4.1.1.3.8. Обучение Я-ИИЦП и формирование О-ИИЦП по этапам
 - 4.1.1.3.8.1. Первый этап:
- 4.1.1.3.8.1.1. Формирование базовых элементов семантики: понятий отношений, использование которых позволяет описать основные соотношения реальных и идеальных объектов без конкретизации предметной области:
- 4.1.1.3.8.1.2. Разработка пакета программ для синтеза системы взаимосвязанных понятий, отображающих соотношения классов реальных и идеальных объектов без конкретизации предметной области:
- 4.1.1.3.8.1.3. Формирование системы базовых соотношений для ОП наиболее представительных классов объектов: *Я*-ИИЦП и *О*-ИИЦП.
 - 4.1.1.3.8.2. Второй этап:
- 4.1.1.3.8.2.1. Разработка форматов диалога над *Я*-ИИЦП с использованием языковых конструкций в базовых соотношениях с базовыми элементами; по мере перехода к новым понятиям, порождающим новые классы объектов над *Я*-ИИЦП, осуществляется переход к обучению *Я*-ИИЦП в режиме вопрос-ответ;
- 4.1.1.3.8.2.2. Разработка форматов диалога по мере формирования **О**-ИИЦП над **Я**-ИИЦП и структуризации семантической системы в систему образов реальных объектов и образов идеальных объектов (паттернов); переход к обучению в режимах: вопрос-ответ, ответ-вопрос, вопрос-вопрос;
- 4.1.1.3.8.2.3. Дальнейшее формирование **О**-ИИЦП с реструктуризацией по всем координатам (последовательностям паттернов) с выделением семантической подсистемы абстрактного.
 - 4.1.1.3.8.3, Третий этап:
- 4.1.1.3.8.3.1. Переход к самообучению по заданной программе в режиме запрос-уточнение-вывод (ложь-истина-неопределённость).
- 4.1.1.3.8.3.2. Формирование внутренней семантической инфраструктуры **О**-ИИЦП с введением меры информационного расстояния (системного времени).
- 4.1.1.3.8.3.3. Формирование внутренней семантической инфраструктуры **О**-ИИЦП в координатах физического времени **Т**-ИИЦП.
 - 4.1.1.3.8.4, Четвёртый этап:
- 4.1.1.3.8.4.1. Переход к проблемному самообразованию (в режиме пользователь-задача-система-решение);
- 4.1.1.3.8.4.2. Обучение с использованием дескрипторно-видовых словарей, энциклопедий, теза-урусов, объектных (тематических) библиотек;
- 4.1.1.3.8.4.3. Решение задач (тренинг) формирования контекстных конструкций с первого (исходный образ) по четвёртый (паттерн абстракции) уровень;
 - 4.1.1.3.8.4.4. Вхождение в режим электронного переводчика по группам языков.
 - 4.1.1.3.8.5. Пятый этап:
- 4.1.1.3.8.5.1. Продолжение четвёртого этапа проблемного самообразования (в режиме пользователь-задача-система-поиск источников-решение);
 - 4.1.1.3.8.5.2. Работа с источниками в информационных сетях;
- 4.1.1.3.8.5.3. Решение задач (тренинг) формирования контекстных конструкций пятого уровня (паттерн абстракции паттерн нового понятия);
- 4.1.1.3.8.5.4. Формирование семантических структур с абстрактными теориями, в размытых понятиях, в противоречивых логиках;
 - 4.1.1.3.8.5.5. Работа с псевдоязыками, языками программирования;
- 4.1.1.3.8.5.6. Формирование адекватной (семантической) операционной среды *Т*-ИИЦП с курсором-образом *Я*-ИИЦП для операционной оболочки *ВС*-ИИЦП.
 - 4.1.1.3.8.6. Шестой этап:
- 4.1.1.3.8.6.1. Продолжение самообразования *Т-*ИИЦП (в режиме пользователь-задача-система-проблема-варианты-пользователь-решения- система-решение);
 - 4.1.1.3.8.6.2. Работа с логиками эмерджентности;

- 4.1.1.3.8.6.3. Реструктуризация семантической системы *Т*-ИИЦП с включением операционной среды *Т*-ИИЦП и операционной оболочки *ВС* ИИЦП в систему *О*-ИИЦП;
- 4.1.1.3.8.6.4. Решение задач с контекстными конструкциями шестого уровня (паттерн нового понятия паттерн абстракции новых понятий).
 - 4.1.1.3.8.7. Седьмой этап:
- 4.1.1.3.8.7.1. Переход (попытки) к самосовершенствованию (в режиме система-прогноз-проблемы-варианты-решения-пользователь-задачи- система-решение-прогноз);
- 4.1.1.3.8.7.2. Достижение полной автомодельности интеллектуальной функции в *Я*-ИИЦП, *О*-ИИЦП и в *Т*-ИИЦП в целом, как особой симметрии семантической системы, состоящей в том, что изменение масштабов независимых переменных (количественных и качественных), описывающих паттерны (образы объектов) семантической системы для ОП, может быть скомпенсировано преобразованием подобия (сохранением топологии) паттернов динамических переменных;
- 4.1.1.3.8.7.3. Моделирование экосистемы (информационной среды обитания), как развитие структуры БЗ приёмами и способами морфологического анализа для операционной оболочки *BC*-ИИЦП;
- 4.1.1.3.8.7.4. Определение пределов собственных возможностей взаимодействия **Я**-ИИЦП и **О**-ИИЦП, как прогнозное установление возможных физических (по всем информационным каналам) пороговых состояний **Т**-ИИЦП в целом;
- 4.1.1.3.8.7.5. Переход в режимы свободной (тема в ОП) беседы с рассуждением о состоянии и проблемах развития ОП (морфологическое исследование ОП);
- 4.1.1.3.8.7.6. Предложения со стороны *Я*-ИИЦП по самосовершенствованию (по формированию всех структур своего *Т* ИИЦП);
 - 4.1.1.3.8.7.7. Достижение пороговых состояний Я-ИИЦП, О-ИИЦП и Т- ИИЦП в целом.
 - 4.1.2. Требования к функциям ИИЦП
- 4.1.2.1. Функции ИИЦП проявляются через взаимодействие с ЛПР, в интересах обеспечения деятельности которого в избранной ОП создана ИИЦП, а также иных Пользователей, и состоят в наборах (системах) способностей **Я**-ИИЦП, **О**-ИИЦП и **Т**-ИИЦП в целом;
- 4.1.2.2. Способности свойства как $\mathbf{\textit{Y}}$ -ИИЦП и $\mathbf{\textit{O}}$ -ИИЦП, формируемые в ходе обучения и самообразования, а также свойства $\mathbf{\textit{T}}$ ИИЦП в целом, направленные на решение задач и проблем существования и развития ОП;
- 4.1.2.3. ИИЦП предоставляет ЛПР и Пользователям, работающим в избранной ОП, соответствующую избранной определённую область БЗ с адаптированным к этой ОП инструментарием;
- 4.1.2.4. ИИЦП ведёт многоуровневый иерархический протокол действий всех субъектов (ЛПР, Пользователей, обслуживающего персонала, а также *Я*-ИИЦП и *О*-ИИЦП), например, с использованием языка на базе SQL, с самообучением успешному достижению целей;
- 4.1.2.5. ИИЦП способна в **Т**-ИИЦП формировать специальные программы и формы представления, методики обучения, контрольные тесты и проводить в своих интересах подготовку (обучение) обслуживающего персонала;
- 4.1.2.6. ИИЦП способна осуществлять самосовершенствование на принципах (архитектуры): применения независимого программного обеспечения, которое позволяет оценивать собственный актуальный уровень участия в качестве одного из основных звеньев цепочки управления и организации в ОП:
- 4.1.2.7. ИИЦП обладает возможностью формирования в **Я**-ИИЦП трёх уровней знаний: умения, соответствующие поверхностному знанию рефлекторных реакций; правила для случаев стандартных рассуждений; глубинные знания для трудных, неординарных ситуаций;
- 4.1.2.8. ИИЦП обладает возможностью построения ядра (паттерн -ядро) БЗ на основе глубинных зданий (паттерны как абстрактные понятия), чтобы создать систему *Т*-ИИЦП, способную при поддержке решений ЛПР (Пользователя) предлагать рекомендации, наиболее адекватные возникающим ситуациям;
- 4.1.2.9. ИИЦП способна самостоятельно выбирать способы представления знаний ОП и моделирования мыслительной деятельности ЛПР и Пользователя, методов рассуждения и поиска решений, наиболее соответствующих логике в избранной ОП;
- 4.1.2.10. ИИЦП осуществляет структуризацию знаний для Б3 и организацию механизмов вывода, рассуждений и поиска решений, которые сопровождаются объяснениями выводов и принимаемых решений;
- 4.1.2.11. ИИЦП способна применять экспертные эвристические правила вывода в равной мере с правилами стандартных (формальных) логик;
- 4.1.2.12. ИИЦП способна оценивать ситуации, складывающиеся в **ВС** ИИЦП, и оценивать развитие событий в результате принятия решения **Я** ИИЦП в **О**-ИИЦП определение и прогнозирование наиболее важных свойств процесса или объекта на основе интерпретации имеющихся данных;
- 4.1.2.13. ИИЦП способна применять прогнозирование в собственных интересах, в задачах управления процессами *Я*-ИИЦП в *О*-ИИЦП;

- 4.1.2.14. ИИЦП способна работать в режимах наличия системы технического зрения и речевого ввода информации;
- 4.1.2.15. ИИЦП способна осуществлять регулирование доступа индивидуальных и корпоративных Пользователей с равным приоритетом;
- 4.1.2.16. ИИЦП способна хранить знания ОП и оперировать этими знаниями, а также обучаться, т. е. приобретать новые знания, расширять БЗ, корректировать знания в соответствии с изменяющимися условиями и ситуацией в ОП;
 - 4.1.2.17. ИИЦП способна поддерживать БЗ актуальной;
- 4.1.2.18. ИИЦП способна поддерживать способ структуризации и представления знаний в актуальном состоянии:
- 4.1.2.19. ИИЦП способна формировать метазнания, как знания *Я* ИИЦП в *О*-ИИЦП и в *ВС*-ИИЦП о себе, направленные на самосовершенствование;
- 4.1.2.20. ИИЦП способна к структуризации, формализации и работе со слабо определёнными знаниями и данными, с применением для описания знаний, например, теории нечётких множеств;
- 4.1.2.21. ИИЦП способна представлять БЗ в виде семантической сети (СС), описывающей свойства и отношения объектов событий, понятий, ситуаций или действий;
- 4.1.2.22. ИИЦП формирует, помимо знаний ОП, в БЗ знания о Мире (Системе Мира СМ), знаний о ЛПР, Пользователях, целях и т. д., содержащихся на отдельных уровнях представления;
- 4.1.2.23. ИИЦП должна обладать способностью к целенаправленным действиям и конструктивной работе с БЗ, исключающей анализ всех знаний или полный перебор;
- 4.1.2.24. ИИЦП способна реализовать метод морфологического анализа в целом с приёмами фиксации событий и состояний по исходным данным на ЕЯ, с трассировкой рассуждений, обратным развёртыванием дерева целей, указанием подцелей;
- 4.1.2.25. ИИЦП способна предусмотреть в применении способа трассировки рассуждений пересечение дерева целей и дерева ответов на вопросы;
- 4.1.2.26. ИИЦП способна обеспечить верификацию принимаемых решений, как повторение результата (решения) в ходе корректного эксперимента;
 - 4.1.2.27. ИИЦП способна обеспечить диалог с вопросами: Что это? Почему? Как? И т.п.;
- 4.1.2.28. ИИЦП способна давать объяснения, перефразируя правила на ЕЯ и описывая мотивации их активизации, которые базируются на знаниях системы о себе (как метазнания), с аргументацией, основанной на глубинных знаниях;
 - 4.1.2.29. ИИЦП осуществляет постоянно функцию прогнозирования.
 - 4.1.3. Требования к обеспечению ИИЦП
- 4.1.3.1. ИИЦП предоставляет ЛПР и Пользователям, работающим в избранной ОП, возможность работы с собственным сервером (с локальным кэшем) так называемые реплицированные БД;
- 4.1.3.2. ИИЦП обеспечена функциональными серверами $\mathbf{\textit{9}}$ -ИИЦП и $\mathbf{\textit{0}}$ -ИИЦП для размещения ПО соответствующих подсистем $\mathbf{\textit{7}}$ -ИИЦП;
- 4.1.3.3. Функциональные серверы осуществляют сбор и хранение центральной информации (кодов паттернов) и кодов программ;
- 4.1.3.4. Каждый функциональный сервер ($\mathbf{\textit{Я}}$ -ИИЦП и $\mathbf{\textit{O}}$ -ИИЦП), по отношению друг к другу, имеет функцию резервного сервера;
 - 4.1.3.5. ИИЦП обеспечена служебным сервером;
 - 4.1.3.6. ПО оборудования (конструкции системы) находится по месту;
 - 4.1.3.7. ПО оборудования резервируется на служебном сервере;
- 4.1.3.8. Требования по обеспечению диагностирования ИИЦП формируются в процессе конструирования;
 - 4.1.3.9. Требования по модернизации ИИЦП формируются в процессе работы системы ИИЦП.
 - 4.1.4. Требования к обеспечению ВС-ИИЦП
- 4.1.4.1. **ВС**-ИИЦП состоит из организованных и неорганизованных массивов (баз) данных (БД) вместе с их источниками и носителями различной природы и системы центра обработки данных и российского агрегатора машинных данных (ЦОД с РАМД) в **ВС**-ИИЦП;
- 4.1.4.2. ЦОД **ВС**-ИИЦП (ЦОД) подсистема специализированного сетевого и серверного оборудования для подключения и работы в сети, а также для приёма информации (по иным каналам) от неорганизованных БД и вычислительного комплекса для обработки и преобразования информации в ориентированную на ОП БД;
- 4.1.4.3. ЦОД располагается (по возможности) в близости от узла связи или точки присутствия нескольких (профильно-выделенных) операторов связи;
- 4.1.4.4. ЦОД имеет возможность формировать типы собственного присутствия в облачных носителях в виде системы семантически соподчинённых БД (и т.д.);
- 4.1.4.5. Вычислительный комплекс ЦОД образует локальную вычислительную сеть (ЛВС) с независимыми компьютерами и использует для обеспечения этой сети защищённый сервер;

- 4.1.4.6. ЦОД имеет возможность, в большинстве случаев, распределить функции вычислительной системы между несколькими независимыми компьютерами в сети;
- 4.1.4.7. ЦОД имеет возможность предоставления услуг для массового клиента и выделенных зон для корпоративного и специального клиента (пользователя);
- 4.1.4.8. РАМД **ВС**-ИИЦП (РАМД) подсистема специализированного по ОП, централизованного, безопасного, сертифицированного по нормам РФ хранилища данных с возможностями аналитики для широкого круга компаний: как частных, так и аффилированных с госсектором;
- 4.1.4.9. РАМД посредством ЦОД входит в ОП и создаёт типы своего присутствия в различных носителях для пользователей (компаний);
- 4.1.4.10. РАМД через ЦОД формирует маршруты ЛВС с защищённым сервером, создавая модельные (возможные) реализации внешней сети БД для пользователей (компаний);
- 4.1.4.11. Эксплуатационно-технические требования **ВС-**ИИЦП в целом, включая требования доступа и безопасности, надёжности и модернизации формируются в ходе выявления структуры БД, ориентированной на ОП.
 - 4.2. Требования к БД
- 4.2.1. Архитектура и управление ЦОД с РАМД ИИЦП обеспечивают многопользовательский режим работы с БД;
- 4.2.2. Обеспечивается постоянный режим автоматической поддержки согласованности (когерентности) кэшей и общей БД;
- 4.2.3. БД ОП хранятся на сервере, который, как правило, защищён в большей степени рабочих серверов массового клиента;
- 4.2.4. Обеспечивается контроль полномочий для доступа к БД только клиентам с соответствующими правами доступа;
 - 4.2.5. ЦОД с РАМД ИИЦП имеет и обеспечивает гарантии целостности данных БД;
 - 4.2.6. БД ОП имеет устойчивую связь с распределённой БД, с внешними БД и БД в Интернет;
- 4.2.7. ЦОД с РАМД обеспечивает устойчивую защиту от влияния неработоспособности любого сервера ЛВС на работоспособность всей вычислительной сети ЦОД с РАМД.
 - 4.3. Требования к обеспечению БЗ
 - 4.3.1. Работа с БЗ осуществляется исключительно со стороны Я-ИИЦП;
 - 4.3.2. Я-ИИЦП является привилегированным и единственным пользователем БЗ ОП;
- 4.3.3. **Я-**ИИЦП имеет возможность и способность предоставлять пользователям, работающим в локальной предметной области ОП, соответствующую локально определённую область БЗ в ЦОД с адаптированным к этой предметной области инструментарием и, возможно, с собственным сервером (с локальным кэшем) реплицированные БД;
- 4.3.4. **Я-**ИИЦП имеет способность ведения многоуровневого иерархического протокола действий всех субъектов (ЛПР, пользователей, обслуживающего персонала и, собственно, **Я-**ИИЦП), например, с использованием языка на базе SQL, с постоянным самообучением успешному достижению целей;
- 4.3.5. БЗ ОП обеспечивается инструментарием для постоянного формирования семантической сети с её развитием в любой ближайшей свободной области (с учётом возможного масштабирования);
- 4.3.6. Специальные требования к БЗ ОП корреспондируются с требованиями по формированию (созданию и обучению) *Т*-ИИЦП (4.1.1.3.).
 - 4.4. Требования к обеспечению ЛПР в системе ОП с ИИЦП
- 4.4.1. На всех этапах жизненного цикла ИИЦП для ЛПР должно быть обеспечен режим прямой связи общение, диалог, самообучение, взаимное обучение;
- 4.4.2. ЛПР должно иметь возможность формирования и контроля ИИЦП многообразного круга внешнего общения: с ЛПР, с конечными пользователями, с экспертами, внешними БД, прикладным программным обеспечением и т.д.;
- 4.4.3. ЛПР должно быть обеспечено конкретным наличием обратных связей по управлению (в организационной структуре) ИИЦП;
- 4.4.4. ЛПР должно быть обеспечено актуальным набором структурных редакторов, позволяющих получать и модифицировать компоненты БЗ;
- 4.4.5. ЛПР должно быть обеспечено широким спектром инструментария для контроля взаимодействия **Я**-ИИЦП с прикладным программным обеспечением для решения типовых подзадач с помощью стандартных операций по обработке данных;
- 4.4.6. Эксплуатационно-технические требования к оборудованию для ЛПР в ИИЦП формируются в ходе испытаний и контрольных мероприятий.
 - 4.5. Требования к обеспечению Пользователя (массового и корпоративного)
- 4.5.1. Функции Пользователя относительно ИИЦП: обработка (дополнение, изменение, корректировка, исправление ошибок и т.п.) данных происходит исключительно на стороне индивидуальных и корпоративных клиентов;

- 4.5.2. Для всякого Пользователя имеются средства разработки графического пользовательского интерфейса;
 - 4.5.3. Для Пользователей имеются простые средства разработки систем БД и/или СУБД.
 - 4.5.4. Обеспечивается многопользовательский режим работы с БД;
 - 4.5.5. Обеспечивается наличие бизнес-сценариев для Пользователей в бизнес-сценарии ИИЦП;
 - 4.5.6. Обеспечивается создание пользовательских аналогов ИИЦП;
- 4.5.7. Применяется архитектура с «толстым» клиентом (т.е. обновление железа не влечёт замену прикладного инструментария);
- 4.5.8. Эксплуатационно-технические требования, заявляемые в ИИЦП к оборудованию Пользователей, формируются в процессе обучения **Я**-ИИЦП;
 - 4.5.9. Интерфейсные требования:
- 4.5.9.1. Интерфейс предоставляет возможности комфортного и качественного взаимодействия Пользователя с ИИЦП, которая организует и предоставляет этот компонент;
 - 4.5.9.2. Интерфейс содержит подсистему интеллектуального интерфейса;
- 4.5.9.3. Подсистема интеллектуального интерфейса управляется программным обеспечением, которое определяет способности, признаваемые Пользователем как интеллектуальные;
 - 4.5.9.4. Интерфейс обеспечивает поддержку графического пользовательского режима;
- 4.5.9.5. Интерфейс обеспечивает взаимодействие Пользователя с различными входными устройствами;
- 4.5.9.6. Интерфейс обеспечивает представление данных различных форматов на разных входных устройствах;
- 4.5.9.7. Интерфейс обеспечивает предоставление помощи, подсказок, советов, диагностического режима работы или другой гибкой поддержки;
- 4.5.9.8. Интерфейс обеспечивает взаимодействие с БД ОП ЦОД с РАМД и с базой (морфологических) моделей;
- 4.5.9.9. Интерфейс обеспечивает выход на протоколы и хранилище входных и выходных данных:
- 4.5.9.10. Интерфейс универсален в обеспечении цветной графики, трёхмерной графики и плоттинга данных;
- 4.5.9.11. Интерфейс обеспечивает одновременную работу в системе окон, позволяющей отображать множество функций, параметров, свойств, решений;
- 4.5.9.12. Интерфейс обеспечивает возможности поддержки взаимодействия с разработчиками системы;
 - 4.5.9.13. Интерфейс имеет возможности обеспечения обучения на примерах;
- 4.5.9.14. Интерфейс имеет возможности обеспечения гибкости и адаптивности по отношению к различным типам задач и технологий;
 - 4.5.9.15. Интерфейс обеспечивает взаимодействие во многих различных стилях диалога (ЕЯ);
- 4.5.9.16. Интерфейс обеспечивает взаимодействие на основе меню, командного языка, вопросно-ответных табло и речевых вставок, поиска комбинированного взаимодействия, обработки естественного языка и формирования графического пользовательского интерфейса различных (актуальных) форматов;
- 4.5.9.17. Интерфейс обеспечивает поддержку основного графического 3d мотива Системы МИРА (СМ), формируемой *Я*-ИИЦП из образов реальных объектов (преимущественно) в виртуальной реальности и в реальном времени;
- 4.5.9.18. Интерфейс обеспечивает сервисы: интерактивный видеодиск, цифровое видео взаимодействие, имитация, теле- видео- гипертекст, интеллектуальная обучающая система, перевод образа в цифровой вид, сканеры, проецирование экрана, объектно-ориентированное программирование, текстовые, графические и иные наглядные пособия, визуальный показ, телеконференция, аудио конференция, перевод изображения в цифровой вид и т.д.;
- 4.5.9.19. Интерфейс обеспечивает погружение в гипертекст, позволяющее переходить от данной темы к мотивам, относящимся к теме, к её идеям, осуществляя доступ к информации нелинейно, следуя мысленному ряду, управляя уровнем детализации и выбирая тип отображаемой информации, осуществляя быстрый поиск в соответствии с темой, её аналогиями, ассоциациями (например, так, как в Webбраузерах);
- 4.5.9.20. Интерфейс обеспечивает общение (диалоги ЛПР, Пользователя) в иерархии ЕЯ (1 произвольный без ограничений, 2 для предметной области, 3 для обучения **Я**-ИИЦП);
 - 4.5.9.21. Интерфейс обеспечивает обращение (диалоги) в Рго-меню;
- 4.5.9.22. Интерфейс обеспечивает представление в различных масштабах типы прогнозов по времени и иным координатам;
- 4.5.9.23. Интерфейс обеспечивает представление системы знаний и их укладки в КАРТУ ЗНАНИЙ (КЗ) в формате 3d;

- 4.5.9.24. Интерфейс обеспечивает поддержку и представление ЦОД с РАМД: счётчика трафика, фильтров против спама, SEO, широкого спектра приёмов и тем оформлений интерфейса ЦОД, обмена пользовательским контентом внутри Интернета, полнофункционального построения вебсайтов, поддержки галерей изображений, аудио- и видеофайлов, карт и т. п.;
- 4.5.9.25. Интерфейс обеспечивает поддержку представления межмашинного взаимодействие M2M:
 - 4.5.9.26. Интерфейс обеспечивает поддержку представления технологий IoT.
- 4.5.10. Эксплуатационно-технологические требования формируются в процессе 6-го и 7-го этапов обучения.
- 4.6. Иные нормируемые показатели и требования формируются совместно с заказчиком создания ИИЦП.

12. Возможные реализации проекта создания ИИЦП и ожидаемые результаты

Проект ИИЦП реализуется в возможных вариантах (в нескольких или в одном) в зависимости от результатов (целей), устанавливаемых заказчиком проекта.

При этом, в любом случае, согласно уровням решения основной задачи концепции (раздел 1), первоначально реализуется базовый технологический уровень для **ВС**-ИИЦП в виде ЦОД с РАМД ИИЦП – как технологическая основа платформы ИИ с экономической семантикой иерархической БД. Дальнейшее развитие происходит на основе накопления (усложнения) БД в ЦОД и формирования БЗ одновременно с обучением **Я**-ИИЦП.

Например, возможны актуальные реализации и результаты:

1. Участие в муниципальных программах развития.

В связи с Программами строительства нового жилья и Умный город (умный дом) включение ЦОД с РАМД ИИЦП в системы мониторинга блока общедомового, общерайонного потребления коммунальных услуг позволит сформировать инфраструктуру сбора и хранения этих данных потребления в автоматическом режиме, с централизованным хранением, обеспечивая прозрачность оборота услуг и финансов. Одновременно, исполнительные органы власти, покупая эти данные или включаясь в указанную систему мониторинга, смогут персонально (для каждого потребителя) осуществлять, при необходимости, дотирование услуг ЖКХ на местах на основании этих отчётов (протоколов).

2. Услуги для бизнеса.

Бизнес проявляет все больший интерес к решениям на основе М2М. Используя данные датчиков, возможно создание новых или улучшение существующих услуг. ЦОД с РАМД ИИЦП позволит быстро организовать сбор и обработку данных заказчика, вне зависимости от сети подключения и типа устройства, в том числе:

- всевозможные варианты применения «умного» страхования на основе *носимых* устройств телеметрии;
 - периодическое сервисное обслуживание (умные дома, коммуникации, личный транспорт, ...);
 - персональная геолокация;
- оптимизации издержек с учётом различных данных, предоставленных устройствами сбора (примеры): для выбора оптимальных маршрутов, экономия топлива, времени в пути (логистика); в целях сокращения издержек на коммунальные услуги (потребление); технологическое слежение за эффективностью работы подчинённых (квази-присутствие) и т. п., вплоть до сбора данных в БД с целью продажи их, или отчётов на их основе (в интересах заказчика, пользователя), и иное.
- 3. ЦОД с РАМД ИИЦП может предоставлять услуги по подключению имеющихся или новых датчиков к своей инфраструктуре сбора данных в ЦОД ИИЦП и предоставлению аналитического отчёта на основе собранных данных в разрезе требований заказчика (мониторинг, прогноз, статистика).
- 4. ЦОД с РАМД ИИЦП формирует основу для организации хранилищ данных с возможностями аналитики, обеспечивая и сопровождая вывод продукции (услуг) заказчика на рынок, экономя средства на развёртывание инфраструктуры.
- 5. ЦОД с РАМД ИИЦП предоставляет возможности для госкомпаний по централизованному мониторингу инфраструктуры городов в различных целях и его включению в систему мониторинга различных ГАС РФ.

Использование ЦОД с РАМД ИИЦП может стать обязательным для сертификации товаров и услуг, базирующихся на сборе данных М2М. Так, сегодня на рынке присутствуют решения для хранения данных М2М/IоТ в облаке и для предоставления аналитики, такие как Amazon IoT и Microsoft Azure IoT. Их ЦОД, расположенные за границами Российской Федерации, не удовлетворяют требованиям 152-Ф3 "О персональных данных" и другим, что накладывает ограничения на их применимость организациями, чьи данные имеют значения для хозяйства и экономики РФ.

Требуются отечественные рыночные решения в аспекте развития ЦЭ.

Литература

- 1. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждён Правительством РФ 03 января 2014 года.
- 2. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 года № 1632 -р.
- 3. Назаров А.А. Морфологическое прогнозирование развития военной техники. МО СССР, 1986. 248 ст.

д.т.н. Галькевич Александр Игоревич – Председатель Совета директоров КБ «Ковчег»

к.т,н. Назаров А.А.

к.э.н. Галькевич Илья Александрович Главный научный сотрудник ФГУП «Агат»

Ключевые слова: искусственный интеллект, морфологическая технология, цифровая платформа

Keywords: artificial intelligence, morphological technology, digital platform

Abstract

The article proposes the concept of a system that provides the processing of large amounts of data for the systems of economic monitoring, forecasting of industry processes and decision-making in order to more efficient use of public resources of the state and the resources of economic entities, based on the creation of an intelligent integrated digital platform (ICP). The technological goal of the ICP project is the formation of the digital economy of Russia (CE). The economic goal of the IICP is to increase the efficiency of the management of the CE: economic monitoring, forecasting and making informed and most effective decisions in the interests of the welfare of the population of the Russian Federation. Justify the relevance of the systems as well as Central the problem of development of TSE. The current state of research in this area is described. It is shown that the achievement of this goal is possible by using the methodology and method of morphological analysis. The method of morphological analysis implements a system or structural (morphological) principle of research and is a fairly universal means of achieving the above problem. The expected scientific and technical results of the ICP project are described. The project implementation plan has been brought to the level of the terms of reference for the development of the PPI. As shown, IICP based on the existing backlog is implemented as a Data Processing Center (DPC) and the Russian Aggregator Machine Data (RMD) – as a technological platform, IICP. Further development is based on the accumulation and analytical processing of data in the data center with RAMD ICP and training of the main processor unit (PB)-the core of ICP. The organizational plan of the project implementation and the list of executors are defined. The system has a dual purpose and a set of properties, which does not have any of the existing intellectual information systems.

1.3. ИНДИКАТОРЫ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ В БАЗИСЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

д.ф.-м.н. Айвазян С.А., д.э.н. Афанасьев М.Ю., к.ф.-м.н. Кудров А.В.

Формируется и апробируется методология построения индикаторов основных направлений социально-экономического развития субъектов РФ. Новизна результатов определяется тем, что эти индикаторы строятся на основе базиса, сформированного с использованием характеристик региональной дифференциации. Построена схема взаимосвязи основных показателей социальноэкономического развития, в которой выделены группы показателей, характеризующие два направления: «производство товаров и услуг» и «материальное благосостояние». В векторном базисе построены индикаторы, каждый из которых максимально коррелирован с индикатором, сформированным на основе соответствующей группы показателей. Показано, что для рассмотренных направлений регионального развития векторный базис обеспечивает более высокую согласованность индексов и рангов регионов, чем первые главные компоненты. Практическая значимость сформированного базиса в том, что он может рассматриваться в качестве общей информационной основы для анапиза взаимосвязи различных направлений регионального развития. Причем, изменения положения субъектов РФ в пространстве характеристик дифференциации в результате реапизации федерального или регионального проекта получают естественную экономическую интерпретацию и отображаются в изменения индексов по каждому направлению.

Введение

Авторы ряда статей, представленных в первом номере нового журнала «Цифровая экономика», обозначили приоритетные направления развития теоретических и прикладных исследований в этой сфере знаний. На первый взгляд, изучение социально-экономического развития регионов является традиционной тематикой и прямого отношения к этим направлениям не имеет. К тому же, авторы этой статьи намеренно не выходят за пределы данных официальной статистики, предоставляемых Росстатом, и не используют на данном этапе технологии big data. Однако, на наш взгляд, разрабатываемая методология формирования индикаторов регионального развития на основе базиса в пространстве характеристик региональной дифференциации создает качественно новые, связанные с концепцией цифровой экономики, условия для мониторинга развития субъектов РФ. В дополнение к традиционной задаче построения индексов и рейтингов регионального развития создается возможность сравнивать экономическую природу самих индикаторов, так как они формируются в общем пространстве. Например, проводить параметрический анализ индикаторов качества жизни, построенных на основе объективных данных и субъективных оценок. Появляется возможность оценить близость экономической природы индикаторов основных направлений регионального развития и контролировать ее динамику. Со временем такие задачи могут стать обыденными для сети вычислительных центров, являющейся ключевым элементом цифровой экономики (Козырев, 2018). Тем более, что можно прогнозировать изменение позиций регионов в пространстве характеристик дифференциации в результате реализации федеральных и региональных инвестиционных проектов. И оценивать, с использованием индикаторов, построенных в общем базисе, влияние таких проектов на различные направления социально-экономического развития. Поэтому базис характеристик региональной дифференциации может стать одним из инструментов проектного управления (Макаров, 2010). А это уже вполне определенное соответствие тренду развития цифровой экономики. Впрочем, методология формирования индикаторов на основе общего базиса, находится еще на начальном этапе формирования.

Формирование векторного базиса

Теоретически обоснованным подходом к построению индикатора определенного направления социально-экономического развития на региональном уровне является компонентный анализ показателей, характеризующих это направление. Наиболее полно методология его применения и результаты апробации при оценке качества жизни представлены в (Айвазян, 2012; Макаров и др., 2014). Ниже рассматривается задача построения индикаторов нескольких направлений социально-экономического развития регионов и анализа их взаимосвязи. Естественным способом решения этой задачи является построение методом главных компонент индикатора каждого направления и анализ полученных индексов. Далее этот способ используется в качестве базового. Новизна результатов определяется тем, что альтернативные индикаторы строятся на основе общего базиса. Компоненты этого базиса отражают основные характеристики дифференциации, формируемые с помощью теоретически обоснованных моделей регионального развития. Положение региона в базисе определяет его экономическое своеобразие. Формирование индикатора в базисе осуществляется таким образом, чтобы он был в максимальной степени коррелирован с совокупностью показателей, характеризующих рассматриваемое направление. Сравнительный анализ индикаторов позволяет оценить взаимосвязь соответствующих направлений регионального развития. Преимущество рассматриваемого далее подхода в том, что построенные на его основе индикаторы позволяют количественно оценить относительное изменение уровня социально-экономического развития региона при изменении характеристик его дифференциации. Поэтому векторный базис рассматривается в качестве единой информационной основы для анализа взаимосвязи различных направлений регионального развития и изменений относительного положения региона по каждому из этих направлений в результате реализации крупных инвестиционных проектов. Характеристики региональной дифференциации, формирующие векторный базис, должны удовлетворять следующим условиям, являющимся следствиями поставленной задачи:

- статистическая независимость по совокупности регионов;
- статистическая значимость в индикаторе хотя бы одного направления;
- значения и их приращения должны иметь экономическую интерпретацию.

Главные компоненты структуры ВРП.

Предпосылка. Совокупность регионов может быть разделена на однородные группы, каждая из которых имеет свою зависимость ВРП от объемов факторов производства.

Формирование однородных групп регионов основано на использовании характеристик региональной дифференциации. Структура ВРП является определяющей характеристикой особенности технологической взаимосвязи ресурсных возможностей и результатов производственной деятельности региона. При формировании векторного базиса индикаторов регионального развития в качестве определяющих характеристик региональной дифференциации рассматриваются первая и вторая главные компоненты структуры ВРП. На рис. 1 каждая точка отражает положение субъекта РФ в пространстве двух первых главных компонент, построенных по данным Росстата о структуре ВРП за 2013г.

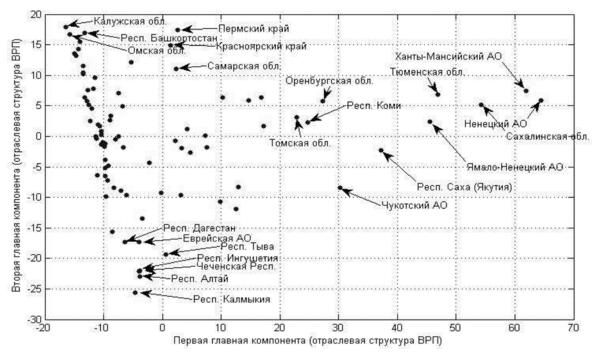


Рис. 1. Субъекты РФ в пространстве двух первых главных компонент структуры ВРП

Первая главная компонента разделяет добывающие (в правой верхней части рисунка) и прочие регионы и далее характеризуется как индекс отраслевой специализации. Вторая главная компонента разделяет обрабатывающие (в левой верхней части рисунка), равномерно развитые (в центре), сельскохозяйственные и развивающиеся регионы (в нижней части рисунка) и далее характеризуется как индекс индустриализации. Показано, что две первые главные компоненты объясняют более 80% общей дисперсии количественных характеристик структуры ВРП, причем взаимное расположение регионов в пространстве двух первых главных компонент устойчиво во времени (Айвазян, Афанасьев, Кудров, 2016а).

Формирование групп регионов, однородных по структуре ВРП

В однородную группу включаются регионы, имеющие близкое расположение в пространстве двух первых главных компонент структуры ВРП. Формирование группы начинается с региона, имеющего выраженную дифференциацию (на рис.1 это Калужская область, Ненецкий АО, Республика Калмыкия). В однородную группу включаются близкие к нему регионы. Метод позволяет контролировать однородность группы регионов с помощью функции правдоподобия, формируемой для конкретной спецификации производственной функции (Айвазян, Афанасьев, Кудров, 2016а). В соответствии с этим подходом вся совокупность субъектов РФ разделена на пять групп, однородных по структуре ВРП (Айвазян, Афанасьев, Кудров, 2016b). Характеристики этих групп представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики групп регионов, однородных по структуре ВРП

Обозначение	Название группы	Число	Характеристика группы
группы		регионов в	
		группе	
G1	Базовая	38	Равномерно развитая промышленность
G2	«Добывающие»	11	Развитая добывающая промышленность
G3	«Обрабатывающие»	12	Развитые обрабатывающие производства
G4	«Сельскохозяйственные»	11	Развитое сельское хозяйство
G5	«Развивающиеся»	8	Развивающиеся регионы

Оценки технической эффективности производства.

Предпосылка. Глокализация создает условия для доступа региона к финансовым ресурсам и знаниям, создаваемым человечеством. Относительная неэффективность региона в группе однородности обусловлена тем, что он не использует в полной мере доступные возможности развития. Техническая эффективность регионального производства в мире глокализации является характеристикой качества управления.

Для каждой однородной группы строится производственная функция с переменными во времени коэффициентами, линейно зависящими от времени:

$$\ln R_{it} = \beta_0 + \alpha_0 t + (\beta_1 + \alpha_1 t) \ln K_{it} + (\beta_2 + \alpha_2 t) \ln L_{it} + v_{it} - u_{it}$$
 (1)

 R_{it} — ВРП региона i в момент времени t; K_{it} — объем затрат физического капитала региона i в момент времени t, L_{it} — объем трудозатрат региона i в момент времени t, $v_{\mathrm{it}} \in N(0,\sigma_v^2)$; $u_{\mathrm{it}} \in N^+(\mu,\sigma_u^2)$. Методом максимального правдоподобия получены оценки параметров производственной функции (1) для регионов каждой однородной группы по данным Росстата 2010-2015гг.

Таблица 2. Оценки параметров модели (1) для однородных групп

таолица 2. Оценки парамет			TPOB MODENIN (т) для одпород	TIDIX I PYIIII	
Динамические	G1	G2	G3	G4	G5	все 80
	Базовая	Добывающие	Обрабатыва-	Сельскохозяй-	Развивающи-	регионов
			ющие	ственные	еся	
P	7604***	.8154***	3659***	3g73***	3734***	.8590***
eta_1	(.0386)	(.0276)	(.0401)	(.0760)	(.0000)	(.0342)
0	.3323***	.0981***	.6753***	.7465***	4814***	1751***
eta_2	(.0477)	(.0286)	(.0438)	(.0817)	(.0000)	(.0420)
0	.0774	1.1958***	3.1638***	2.1853***	4.052***	1923
eta_0	(.2858)	(.2536)	(.3102)	(.5071)	(.0000)	(.2689)
	0327***		0733***	.0823***	0473***	.1690**
α_0	(.0090)		(.0075)	(.0116)	(.0000)	(.0827)
					- 0292***	0226**
α_1					(.0000)	(.0108)
					.0678***	.0255*
α_2					(.0000)	(.0133)
μ	1219	0807	-1.8682	7517	-1.9597	1427
σ_u^2	.0002	.0704	.0025	.0008	.5428	.0003
σ_v^2	.0453	8.61e-17	.0084	.0160	2.41e-16	.0472
Log likelihood	29.2250	28.7609	69.7292	42.6737	23.1644	51.2145

Значимость оценок: «***» — на 1%, «**» — на 5%, «*» — на 10% уровнях.

В табл. 2 представлены оценки параметров модели (1) для регионов каждой из пяти однородных групп и для всей совокупности 80 регионов. На основе концепции стохастической границы (Kumbhakar, Lovell, 2004) получены оценки технической эффективности каждого региона по модели однородной группы и по общей модели. Однако, оценки технической эффективности для регионов из разных групп несопоставимы. Для того, чтобы сравнивать эффективность регионального управления регионов из разных однородных групп, оценки технической эффективности необходимо привести к сопоставимому виду. Авторами предложен и апробирован метод, позволяющий скорректировать оценки технической эффективности, полученные по общей для всех регионов модели так, чтобы их ранги соответствовали рангам

¹ Глокализация — сочетание глобальных и локальных факторов в развитии территорий (Кудряшова, 2008; Robertson, 1992). В контексте статьи — тенденция объединения человечества, основанная на применении информационных технологий и новых средств коммуникации, позволяющая практически мгновенно получать и использовать для развития региона ресурсы, создаваемые человечеством.

оценок, полученных по модели, построенной для каждой однородной группы. Описание, теоретическое обоснование, результаты апробации метода и сопоставимые оценки технической эффективности² представлены в работе (Айвазян, Афанасьев, Кудров, 2018а).

Компонентный состав базиса

На временном отрезке [t-1,t] базис $B_t=(\{l_{it}\},\{te_{it}\},\{s_{it}^1\},\{s_{it}^2\},\{dte_{it}\})$ включает пять компонент: l_{it} — масштаб экономики региона i в момент t; te_{it} — сопоставимая оценка технической эффективности; s_{it}^1 — индекс отраслевой специализации; s_{it}^2 — индекс индустриализации; dte_{it} — тренд технической эффективности, $dte_{it}=te_{it}-te_{it-1}$. В качестве характеристики масштаба экономики далее рассматривается численность экономически активного населения по данным Росстата. Сопоставимая оценка технической эффективности формируется на основе модели (1) и является характеристикой качества управления в долгосрочном периоде. Индекс отраслевой специализации и индекс индустриализации — соответственно, первая и вторая главные компоненты структуры ВРП по данным Росстата. Тренд оценки технической эффективности является характеристикой качества управления в краткосрочном периоде.

Структура взаимосвязи основных показателей социально-экономического развития региона и компонент векторного базиса

На основе данных Росстата сформирован набор показателей, характеризующих производство товаров и услуг, материальное благосостояние, а также отдельные характеристики качества жизни на временном отрезке 2010-2015гг. Для каждого показателя и каждого года рассматриваемого периода построены регрессионные зависимости, в которых объясняемой переменной является нормированное по всей совокупности регионов значение показателя, а объясняющими переменными — нормированные значения компонент векторного базиса. В результате анализа бета-коэффициентов регрессионных моделей (Айвазян, Афанасьев, Кудров, 2018b) и корреляционной матрицы сформирована структура взаимосвязи набора показателей.

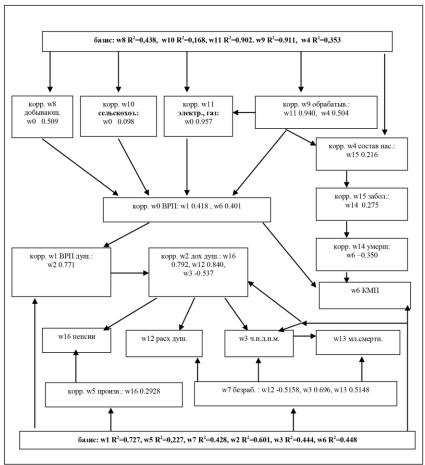


Рис.2. Схема взаимосвязи, значимость и коэффициенты корреляции показателей

² Оценкой технической эффективности производства региона i в году t является условное математическое ожидание $TE = E((exp\{u_{it}\}|v_{it}-u_{it}))$.

На рис. 2 представлена схема взаимосвязи 17 показателей, характеризующих сферы производства товаров и услуг, материальное благосостояние и рынки труда: w0 ВРП; w1: ВРП на душу; w2: среднедушевые доходы; w3: численность населения с доходом ниже прожиточного минимума; w4: состав населения по уровню образования; w5: индекс производительности труда; w6: коэффициент миграционного прироста; w7: уровень безработицы; w8: добыча полезных ископаемых; w9: продукция обрабатывающих производств; w10: продукция сельскохозяйственных производств; w11: производство электроэнергии, газа, воды; w12: расходы на душу населения, w13: коэффициент младенческой смертности, w14: количество умерших, w15: заболеваемость, w16: средний размер назначенных пенсий. На схеме в каждом прямоугольнике приведены обозначения и сокращенные названия показателей. Число в прямоугольнике — коэффициент корреляции показателей, связанных стрелкой, по данным 2015г. В прямоугольниках, находящихся в верхней и нижней части схемы, указаны коэффициенты детерминации регрессионных зависимостей по данным 2015г., в которых объясняемой переменной является указанный показатель, а объясняющими — компоненты векторного базиса.

Полученные результаты не противоречат гипотезе о том, что техническая эффективность производства как мера качества управления в долгосрочном периоде и ее тренд как мера качества управления в краткосрочном периоде, оказывают значимое влияние на показатели экономического развития региона. Характеристики структуры ВРП и масштаба экономики также оказывают значимое влияние на большинство рассмотренных показателей экономического развития. Указанные характеристики дифференциации статистически независимы. Это позволяет рассматривать векторный базис, включающий пять характеристик региональной дифференциации, в качестве информационной основы для построения индикаторов различных направлений социально-экономического развития субъектов РФ.

Формирование, на основе векторного базиса, индикатора по группе показателей, характеризующих направление социально-экономического развития

Пусть $I^s(\gamma_t) = \sum_k \gamma_{tk} y_t^k$ — линейная комбинация показателей, характеризующих направление S социально-экономического развития регионов РФ, где y_t^k — вектор значений $\{y_{it}^k\}_i$ показателя k группы S для всей совокупности регионов i в момент t, $\gamma_t = \{\gamma_{tk}\}_k$ —вектор параметров. Пусть

$$IB^{s}(\delta_{t}) = \delta_{1t}l_{it-1} + \delta_{2t}s_{it-1}^{1} + \delta_{3t}s_{it-1}^{2} + \delta_{4t}te_{it-1} + \delta_{5t}dte_{it-1}$$

— линейная комбинация компонент векторного базиса. Ставится задача определения значений параметров y_t^*, δ_t^* , при которых вектора I^S и IB^S максимально коррелированы. То есть

$$(y_t^*, \delta_t^*) = \underset{(\gamma_t, \delta_t)}{\operatorname{argmax}} corr(I^s, IB^s)$$

В результате решения этой задачи методом компонентного анализа (способ решения представлен в работах (Hotelling, 1936; Waugh 1942)) для направления S строятся индикаторы $I^s(y_t^*)$ и $IB^s(\delta_t^*)$. На их основе можно построить две группы индексов регионального развития по направлению S. Первая группа индексов — проекции на индикатор $I^s(y_t^*)$ совокупности векторов $\left\{y_{it}^k\right\}_k$ показателей направления S для каждого региона i. Вторая группа индексов — проекции на индикатор $IB^s(\delta_t^*)$ значений компонент векторного базиса для каждого региона. При достаточно высоком коэффициенте корреляции $corr(I^s(y_t^*), IB^s(\delta_t^*))$, коэффициент ранговой корреляции этих индексов близок к единице. Поэтому *индексы регионов по индикатору* $IB^s(\delta_t^*)$ могут быть использованы в качестве интегральных характеристик уровня развития региона в моделях макро- и мезоуровней, а также для построения рейтинга регионов по направлению S. Таким образом, векторный базис создает единую информационную основу для оценки взаимосвязи различных направлений социально-экономического развития регионов.

Индикаторы регионального развития и рейтинги регионов. *Направление «производство товаров и услуг»*

Рассмотрим направление 1 регионального развития «производство товаров и услуг» и пять показателей, характеризующих это направление: w1 — ВРП на душу; w8 — объем добычи полезных ископаемых; w9 — обрабатывающие производства; w10 — продукция сельского хозяйства; w11 — производство электричества, газа, воды. В следующей табл. 3 приведены оценки индикаторов направления, построенных на основе показателей и на основе характеристик векторного базиса по данным 2015 г. В столбце (1) табл. 5 — обозначения показателей, характеризующих направление 1. В столбце (2) — оценки параметров y_t^* индикатора $I^1(y_t^*)$. В столбце (3) — коэффициенты корреляции показателей и индикатора $I^s(y_t^*)$. В столбце (4) — обозначения характеристик векторного базиса. В столбце (5) — оценки параметров δ_t^* индикатора $IB^s(\delta_t^*)$, построенного на основе векторного базиса. В столбце (6) — коэффициенты корреляции характеристик векторного базиса и индикатора $IB^1(\delta_t^*)$.

l ¹	Индикатор в п	ространстве	IB ¹	Индикатор в векторном		
	показат	елей		базисе		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) (б)		
W1	-1.462e-07	0 168	1	0960	0.994	
W8	-3.172e-07	0221	te	0.041	0.211	
W9	7.529e-07	0967	si	-0076	-0.192	
W10	2.912e-06	0388	s2	0.061	0.324	
W11	6.291e-06	0 931	dte	0.025	0.064	

Таблица 3. Индикаторы направления «производство товаров и услуг»

Естественно, что наиболее значимой составляющей индикатора $IB^1(\delta_t^*)$ является I — масштаб экономики региона. Техническая эффективность te, индекс отраслевой специализации si и индекс индустриализации s2 также являются значимыми характеристиками, хотя тренд технической эффективности dte в индикаторе этого направления незначим.

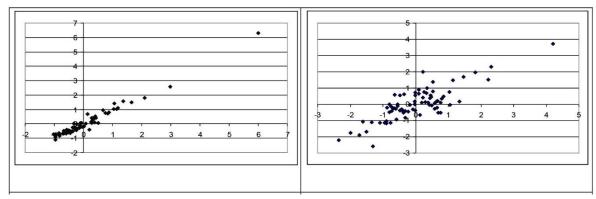


Рис. За Регионы в пространстве индикаторов направления «производство товаров и услуг»

Рис. 3b Регионы в пространстве индикаторов направления «материальное благосостояние»

На рис. За точка описывает положение региона в пространстве индексов, формируемых по двум индикаторам. По оси абсцисс — значения индексов по индикатору $IB^1(\delta_t^*)$. По оси ординат — значения индексов по индикатору $I^1(y_t^*)$.

Коэффициент корреляции Пирсона — 0.982. В правой верхней части рисунка выделяются регионы: г. Москва, Московская область, г. Санкт-Петербург.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена равен 0.956, что свидетельствует о высокой согласованности рангов, построенных на основе индикатора показателей направления «производство товаров и услуг» и соответствующего индикатора векторного базиса.

Направление «материальное благосостояние»

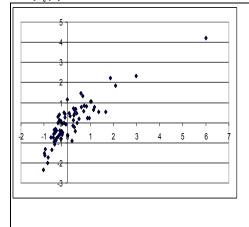
Рассмотрим направление 2 регионального развития «материальное благосостояние» и пять показателей, характеризующих это направление: w2 — среднедушевые доходы; w5 — индекс производительности труда; w6 — коэффициент миграционного прироста; w7 — уровень безработицы; w13 —коэффициент младенческой смертности. В следующей табл. 4 приведены оценки индикаторов этого направления, построенных на основе показателей Росстата и на основе векторного базиса по данным 2015 г.

Tacinga II Tingima topsi haripasi totini "ma topiaishoc cha coco tonino"								
l ²	Индикатор в		IB ²	Индикатор в				
	пространстве	е показателей		векторном базисе				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)			
W2	0.743	0.837	1	0.648	0.731			
W5	0.108	0.293	te	0.304	0.572			
W6	0.375	0.466	s1	0.288	0.269			
W7	-0.162	-0.631	s2	0.215 0.48				
W13	-0.161	-0 421	dte	0.366 0.463				

Таблица 4. Индикаторы направления «материальное благосостояние»

Знаки всех коэффициентов в столбце (2) соответствуют знакам коэффициентов корреляции в столбце (3). Все компоненты векторного базиса значимы в составе индикатора $IB^2(\delta_t^*)$. Наиболее значимы I — масштаб экономики, te — техническая эффективность и dte — тренд технической эффективности. В данном случае наблюдается влияние технической эффективности и ее тренда на индикатор регионального развития. На рис. 3b по оси абсцисс — значения индексов по индикатору $IB^2(\delta_t^*)$. По оси

ординат — значения индексов по индикатору $I^2(y_t^*)$. Коэффициент корреляции — 0.830. В правой верхней части рис. 3b доминирующее положение занимают те же регионы, что на рис. 3a: г. Москва, Московская область, г. Санкт-Петербург. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена индикаторов $I^2(y_t^*)$ и $IB^2(\delta_t^*)$ равен 0.705.



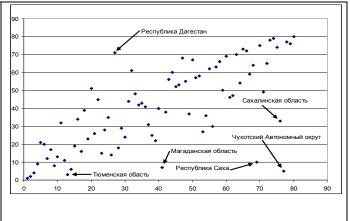


Рис.4а Регионы в пространстве индексов: ось абсцисс – «производство продуктов и услуг», ось ординат – «материальное благосостояние»

Рис.4b Регионы в пространстве значений рангов: ось абсцисс – «производство продуктов и услуг», ось ординат – «материальное благосостояние»

На рис. 4а по оси абсцисс — индексы регионов по индикатору IB¹ направления «производство товаров и услуг». По оси ординат — индексы регионов по индикатору IB² направления «материальное благосостояние». Коэффициент корреляции 0.863. На рис. 4b по оси абсцисс — значения рангов по направлению «производство товаров и услуг». По оси ординат — ранги по направлению «материальное благосостояние». Коэффициент корреляции Спирмена 0.714. Ранги двух регионов по направлению «материальное благосостояние» совпадают с их высокими рангами по направлению «производство товаров и услуг»: г. Москва — 1, Московская область — 2. В топ 4 рейтингов по двум направлениям входит также г. Санкт-Петербург. В верхней правой части рисунка 4b регион, замыкающий рейтинг по каждому направлению — Республика Калмыкия.

Для сравнения с базовым подходом построены первые главные компоненты двух направлений. Индексы регионов, рассчитанные на основе первых главных компонент показателей двух направлений, имеют коэффициент корреляции Пирсона 0.578, то есть согласованы относительно слабо. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена — 0.613. Таким образом, для рассмотренных направлений регионального развития базис характеристик дифференциации позволяет обеспечить более высокую согласованность индексов и рангов, чем первые главные компоненты.

Об учете природной ренты

В нижней правой части рисунка 4b наблюдаются выделяющиеся из общей совокупности четыре добывающих региона. Это Тюменская область, Республика Саха (Якутия), Сахалинская область, Чукотский автономный округ. Ранги этих регионов относительно слабо согласованы по направлениям «производство товаров и услуг» и «материальное благосостояние». Их положение в рейтинге по направлению «материальное благосостояние» существенно выше положения в рейтинге «производство товаров и услуг». Такое несоответствие может объясняться двумя обстоятельствами. Во-первых, в указанных регионах, ввиду климатических особенностей, используются дополнительные меры материального стимулирования. Во-вторых, индикатор направления «производство товаров и услуг» не учитывает природной ренты указанных выше добывающих регионов³. Для оценки природной ренты авторами построена регрессионная зависимость результата производственной деятельности региона от характеристик дифференциации. В соответствующей модели объясняемой переменной является показатель ВРП на душу, объясняющими переменными – фондовооруженность труда, индекс отраслевой специализации и индекс индустриализации. Модель имеет высокую объясняющую способность R²=0.868. Оценки природной ренты для четырех регионов по данным 2015г находятся в интервале от 43.7% до 60.0% ВРП. На основе этих оценок рассчитаны корректировки индексов четырех регионов по направлению «производство товаров и услуг».

-

³ В соответствии с общепринятым подходом в качестве оценки природной ренты рассматривается дополнительный ВРП, получаемый сверх обусловленного затраченным трудом и капиталом.

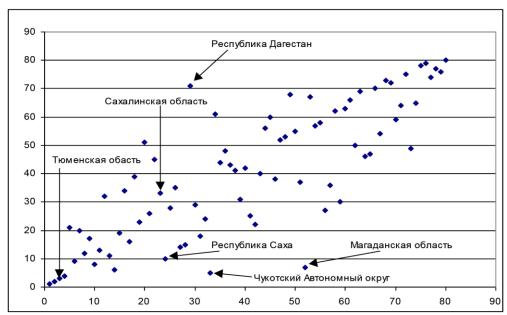


Рис. 5. Положение регионов в пространстве значений рангов по индикатору «производство товаров и услуг» после корректировки (ось абсцисс) и по индикатору «материальное благосостояние» (ось ординат)

На рис.5 положение регионов Тюменская область, Республика Саха (Якутия), Сахалинская область, Чукотский автономный округ в пространстве рангов по двум направлениям с учетом природной ренты существенно изменилось. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена в результате корректировки увеличился до 0.812. Таким образом, корректировка индексов добывающих регионов с учетом природной ренты позволяет повысить согласованность их рангов по двум направлениям.

Взаимосвязь двух направлений регионального развития во времени

Описанные выше результаты показывают, что индикаторы, построенные в базисе характеристик дифференциации, позволяют установить пространственную взаимосвязь двух направлений регионального развития в любой фиксированный момент времени. С целью анализа взаимосвязи этих направлений во времени построены траектории индексов каждого из 80 субъектов РФ. На основе описанного выше подхода по каждому направлению в векторном базисе построены индикаторы для каждого года периода 2011 -2015.

Таблица 5. Индикаторы направления «производство товаров и услуг»

Компоненты векторного базиса	2011	2012	2013	2014	2015
масштаб экономики, оценка δ^1_{1t}	0.961	0.966	0.961	0.956	0.960
техническая эффективность, оценка δ^1_{2t}	0.047	0.036	0.028	0.029	0.041
индекс отраслевой специализации, оценка δ^1_{3t} (на основе первой главной компоненты структуры ВРП)	-0.038	-0.017	-0.079	-0.066	-0.076
индекс индустриализации, оценка δ^1_{4t} (на основе второй главной компоненты структуры ВРП)	0.076	0.078	0.070	0.091	0.061
тренд технической эффективности, оценка δ_{5t}^1	0.008	-0.012	-0.043	0.001	0.025

В таблице 5 представлены индикаторы направления «производство продуктов и услуг» в векторном базисе, построенные для каждого года периода 2011-2015гг. Оценки всех характеристик векторного базиса, за исключением тренда технической эффективности, значимы и устойчивы во времени. Оценки тренда технической эффективности в индикаторе этого направления незначимы.

Таблица 6. Индикаторы направления «материальное благосостояние»

Компоненты векторного базиса	2011	2012	2013	2014	2015
масштаб экономики, оценка δ_{1t}^2	0.684	0.757	0.800	0.753	0.648
техническая эффективность, оценка δ_{2t}^2	0.268	0.256	0.249	0.188	0.304
индекс отраслевой специализации, оценка δ_{3t}^2 (на основе первой главной компоненты структуры ВРП)	0.513	0.331	0.338	0.227	0.288
индекс индустриализации, оценка δ_{4t}^2 (на основе второй главной компоненты структуры ВРП)	0.198	0.262	0.157	0.397	0.214
тренд технической эффективности, оценка δ_{5t}^2	0.022	-0.121	-0.170	0.096	0.366
Коэффициенты корреляции Пирсона индикаторов двух направлений	0.735	0.854	0.836	0.876	0.863

В таблице 6 представлены индикаторы направления «материальное благосостояние», построенные для каждого года периода 2011-2015гг. Оценки всех характеристик базиса, за исключением тренда технической эффективности, значимы и устойчивы во времени. В последней строке таблицы 6 приведены коэффициенты корреляции индексов, рассчитанных для 80 регионов по индикаторам двух направлений для соответствующего года. Для каждого года периода 2012-2015гг. наблюдается высокая пространственная согласованность направления «производство товаров и услуг» и направления «материальное благосостояние». Для каждого региона построены две траектории из пяти точек. Одна — индексы направления «производства товаров и услуг» по индикаторам, представленным в таблице 5. Другая — индексы направления «материальное благосостояние» в соответствии с таблицей 6. Представляет интерес проверка гипотезы, что траектории двух направлений взаимосвязаны во времени. Проверка этой гипотезы проводится с использованием коэффициентов корреляции для 80 пар траекторий. Будем считать результаты проверки не противоречащими гипотезе, если более, чем для 50% траекторий коэффициент корреляции выше 0.7.

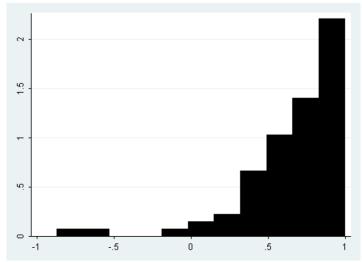
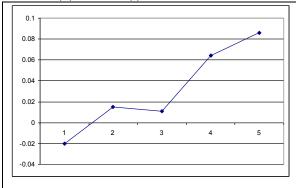


Рис. 6. Оценка плотности распределения значений коэффициентов корреляции

На рис. 6 приведена оценка плотности распределения значений коэффициентов корреляции по траекториям 80 регионов. Среднее значение 0.659, стандартное отклонение 0.334. Для 21 региона из 80 коэффициент корреляции выше 0.9. Это Курская область, Забайкальский край, Брянская область, Тамбовская область, Магаданская область, Республика Тыва, Костромская область, Белгородская область, Тульская область, Воронежская область, Республика Адыгея, Амурская область, Камчатский край, Новгородская область, Калининградская область, Рязанская область, Нижегородская область, Республика Хакасия, Алтайский край, Ярославская область, Кемеровская область. Для большинства регионов – 45 из 80, коэффициент корреляции выше 0.7.

0.6

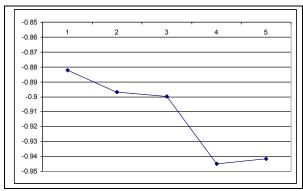


0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0 -0.1 -0.2 -0.3 4 5

Рис. 7а. Тульская область: траектория индексов направления «производство товаров и услуг» за период 2011-2015г.

Рис. 7b Тульская область: траектория индексов направления «материальное благосостояние» за период 2011-2015г.

На рис. 7а представлена траектория Тульской области по направлению «производство товаров и услуг». На рис. 7b — траектория этого региона по направлению «материальное благосостояние». Коэффициент корреляции траекторий — 0.957. На каждом интервале времени рост (снижение) индекса по направлению «производство товаров и услуг» сопровождается ростом (снижением) индекса по направлению «материальное благосостояние».



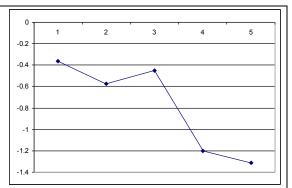


Рис. 8а. Республика Тыва: траектория индексов направления «производство товаров и услуг» за период 2011-2015г.

Рис. 8b Республика Тыва: траектория индексов направления «материальное благосостояние» за период 2011-2015г.

На рис. 8а представлена траектория Республики Тыва по направлению «производство товаров и услуг». На рис. 8b – траектория этого региона по направлению «материальное благосостояние». Коэффициент корреляции траекторий – 0.978. Можно сделать вывод, что для большинства регионов наблюдается сильная взаимосвязь результатов производственной деятельности и материального благосостояния населения. При этом для каждого из регионов, входящих в топ 3 по двум направлениям развития: г. Москва, Московская область, г. Санкт-Петербург – коэффициент корреляции траекторий ниже 0.6.

Таблица 7. Распределение по федеральным округам регионов с высокой корреляцией траекторий

таолица 7. Распределение по федеральным округам регионов с высокой корреляцией траектории						
Федеральный округ	Число	Регионов с	Доля регионов с			
Федеральный округ	регионов	корр выше 0.7	корр выше 0.7 в %			
Центральный федеральный округ	18	14	78			
Северо-Западный федеральный округ	10	6	60			
Южный федеральный округ	6	1	17			
Северо-Кавказский федеральный округ	7	3	43			
Приволжский федеральный округ	14	9	64			
Уральский федеральный округ	4	1	25			
Сибирский федеральный округ	12	7	58			
Дальневосточный федеральный округ	9	4	44			
По совокупности субъектов РФ	80	45	56			

В таблице 7 показано распределение по федеральным округам регионов, для которых траектории индексов двух направлений развития имеют коэффициент корреляции выше 0.7. Наиболее сильная согласованность двух направлений развития в Центральном и Приволжском федеральных округах. Выше среднего по РФ также в Северо-Западном и Сибирском федеральных округах. В других федеральных округах согласованность двух направлений развития относительно слабая. Можно предположить, что в них на материальное благосостояние существенное влияние оказывают факторы, не учтенные в этом исследовании.

Таблица 8. Распределение по однородным группам регионов с высокой корреляцией траекторий

Обозначение	Название группы	Число	Регионов с	Доля регионов с
G1	Базовая	38	25	66
G2	«Добывающие»	11	4	36
G3	«Обрабатывающие»	12	8	67
G4	«Сельскохозяйственные»	11	5	45
G5	«Развивающиеся»	8	3	38
ИТОГО		80	45	56

В таблице 8 показано распределение по группам однородности регионов, для которых траектории индексов двух направлений развития имеют коэффициент корреляции выше 0.7. Наиболее сильная согласованность двух направлений развития в базовой группе и группе обрабатывающих регионов. В других группах — ниже среднего по всей совокупности регионов.

Выводы

- 1. Сформирован компонентный состав базиса индикаторов социально-экономического развития субъектов РФ. В него включены пять характеристик: масштаб экономики, первые две компоненты структуры ВРП (индекс отраслевой специализации и индекс индустриализации), техническая эффективность производства как характеристика качества управления в долгосрочном периоде и тренд технической эффективности как характеристика качества управления в краткосрочном периоде. При оценке этих характеристик использованы теоретически обоснованные модели региональной дифференциации.
- 2. Показано, что индексы регионов по индикатору, построенному в векторном базисе, могут быть использованы в качестве интегральных характеристик уровня развития региона в моделях макро- и мезоуровней, а также для построения рейтингов по различным направлениям экономического развития. Таким образом, векторный базис создает единую информационную основу для оценки взаимосвязи различных направлений социально-экономического развития регионов. Особенностью и преимуществом такого подхода является возможность оценивать влияние относительного изменения характеристик дифференциации региона на относительный уровень его социально-экономического развития.
- 3. На основе данных Росстата за период с 2010 по 2015гг. показано, что характеристики векторного базиса значимы в регрессионных моделях, описывающих зависимость основных социально-экономических показателей регионального развития от компонент векторного базиса. Построена структура взаимосвязи основных показателей социально экономического развития региона, на которые компоненты векторного базиса оказывают прямое или косвенное влияние. Сформированы группы показателей, характеризующих два направления социально-экономического развития субъектов РФ: «производство товаров и услуг» и «материальное благосостояние».
- 4. Методом компонентного анализа по данным 2015г. построены два индикатора направления «производство товаров и услуг». Первый в пространстве значений пяти показателей, характеризующих это направление: ВРП на душу; объем добычи полезных ископаемых; продукция обрабатывающих производств; продукция сельского хозяйства; производство электричества, газа, воды. Второй в базисе. Коэффициент корреляции индексов 0.982 максимально возможный для данного набора показателей. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена 0.956.
- 5. По данным 2015г. построены два индикатора направления регионального развития «материальное благосостояние». Первый в пространстве значений пяти показателей: среднедушевые доходы; коэффициент миграционного прироста; уровень безработицы; коэффициент младенческой смертности; индекс производительности труда. Второй в векторном базисе. Значение коэффициента корреляции 0.830, коэффициент ранговой корреляции Спирмена 0.705.
- 6. Индексы регионов, построенные на основе первых главных компонент двух групп показателей, имеют коэффициент корреляции 0.578. Индексы регионов по индикаторам, построенным в векторном базисе, имеют коэффициент корреляции 0.863. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена, соответственно, 0.613 и 0.714. Таким образом, для рассмотренных направлений регионального развития сформированный базис позволяет обеспечить более высокую согласованность индексов, чем первые главные компоненты.
- 7. Анализ траекторий индексов, рассчитанных по индикаторам двух направлений за период 2011-2015гг., позволил получить результаты, подтверждающие, что для большинства регионов наблюдается взаимосвязь результатов производственной деятельности и материального благосостояния населения. Наиболее сильная согласованность двух направлений развития в Центральном и Приволжском федеральных округах. Выше среднего по РФ в базовой группе равномерно развитых регионов и в группе обрабатывающих регионов.
- 8. Слабое соответствие рангов по двум направлениям развития наблюдается для четырех наиболее крупных добывающих регионов: Тюменская область. Республика Саха (Якутия), Сахалинская область, Чукотский автономный округ. В этих регионах оценки относительного уровня материального благосостояния существенно превышают оценки относительного уровня производства. Корректировка индексов указанных регионов с учетом природной ренты позволяет повысить согласованность их рангов по двум направлениям развития (коэффициент ранговой корреляции Спирмена увеличивается с 0.714 до 0.812).

Литература

- 1. Айвазян С.А. (2012). Анализ качества и образа жизни населения: эконометрический подход. М., Наука.
- 2. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. (2016а). Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВРП. Прикладная эконометрика. № 1 (41). С. 24-46.
- 3. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. (2016b). Модели производственного потенциала и оценки технологической эффективности регионов РФ с учетом структуры производства. Экономика и математические методы №1, с.28-44.

- 4. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. (2018а). Метод сравнения регионов РФ по оценкам технической эффективности с учетом структуры производства. Экономика и математические методы, №1.
- 5. Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. (2018b). Индикаторы социально¬экономического развития субъектов РФ в векторном базисе. Прикладная эконометрика № 2, (в печати).
- 6. Козырев А.Н. (2018). Цифровая экономика и цифровизация в исторической перспективе. Цифровая экономика, №1, с. 5-19.
- 7. Кудряшова А.И. (2008). Влияние глобализации мировой экономики на формирование региональной экономической политики // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук, М., РГТЭУ.
- 8. Макаров В.Л., Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Бахтизин А.Р., Нанавян А.М. (2014). Оценка эффективности регионов РФ с учетом интеллектуального капитала, характеристик готовности к инновациям, уровня благосостояния и качества жизни населения. Экономика региона. № 4. С.9-30
- 9. Макаров В.Л. (2010). Социальный кластеризм. Российский вызов. М., Бизнес Атлас.
- 10. Hotelling H. (1936). Relationships between Two Sets of Variables. Biometrika, 46, p. 321-377.
- 11. Kumbhakar S., Lovell K. (2004). Stochastic Frontier Analysis. Cambridge U.P., p.86.
- 12. Robertson R. (1992). Globalization: Social Theory and Global Culture.L.
- 13. Waugh F.W. (1942). Regression between Sets of Variates. Econometrica, 46, p. 290-310.

Айвазян Сергей Артемьевич — д.ф.-м.н., ЦЭМИ РАН, Москва; <u>aivazian@cemi.rssi.ru</u>. Афанасьев Михаил Юрьевич — д.э.н., к.ф.-м.н., ЦЭМИ РАН, Москва; <u>miafan@cemi.rssi.ru</u>. Кудров Александр Владимирович — к.ф.-м.н., ЦЭМИ РАН, Москва; <u>kovlal@inbox.ru</u>.

Sergei Aivazian

Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow; aivazian@cemi.rssi.ru

Mikhail Afanasiev

Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow; mi-afan@cemi.rssi.ru

Alexander Kudrov

Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow; kovlal@inbox.ru

INDICATORS OF RUSSIAN REGIONS ECONOMIC DEVELOPMENT IN THE BASIS OF THE DIFFERENTIATION CHARACTERISTICS

Ключевые слова: региональная экономика; эконометрическое моделирование; проверка гипотез; индикаторы.

Keywords: regional economy; econometric modeling; hypothesis testing; indicators. JEL classification: C12; C51; R15.

Abstract

The methodological basis is developed and tested for building indicators which shows the main directions of socio-economic development of regions of the Russian Federation. The novelty of the results is determined by the fact that these indicators are built on the basis of a common vector basis. Two groups of indicators that characterize the different directions of the economic development: "production of products and services" and "material welfare" are highlighted .in the structure of the main indicators of social and economic development. Two indicators are constructed based on the vector basis, each of which is maximally correlated with the indicator formed on the basis of corresponding group indicators. It is shown that for the considered direction of regional development the vector basis provides a higher consistency of the indexes and ranks of regions than the first major components. Vector basis, allowing the specification of the component composition, research as an information basis for the analysis of the relationship between various directions of regional development.

References

1. Ayvazyan S.A. (2012). Analiz kachestva i obraza zhizni naseleniya: ekonometricheskiy podkhod [Analysis of quality and mode of life of the population: econometric approach]. Moscow, Nauka, 402.

- 2. Aivazian S., Afanasiev M., Kudrov A.(2016a). Clustering methodology of the Russian Federation regions with account of sectoral structure of GRP. Applied Econometrics, 41, pp. 24-46.
- Aivazian S., Afanasiev M., Kudrov A. (2016b). Models of Productive Capacity and Technological Efficiency Evaluations of Regions of the Russian Federation Concerning the Output Structure. Economics and Mathimatical Methods 52, 1, 28-44 (in Russian).
- 4. Aivazian S.A., Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V. (2018a). Metod sravnenija regionov RF po ocenkam tehnicheskoj jeffektivnosti s uchetom struktury proizvodstva. Economics and Mathimatical Methods, 1, (in Russian).
- 5. Aivazian S.A., Afanasiev M.Yu., Kudrov A.V. (2018b). Прикладная эконометрика, №1.
- 6. Kozyrev. (2018). The digital economy and the digitization in a historical perspective. Digital economy, №1, p. 5-19.
- 7. Kudriashova A.I. (2008). Vlijanie globalizacii mirovoj jekonomiki na formirovanie regional'noj jekonomicheskoj politiki // Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora ekonomicheskih nauk, M., RGTJeU (in Russian).
- 8. Makarov V., Aivazyan S., Afanasiev M., Bakhtizin A., Nanavyan A. (2014). The Estimation Of The Regions' Efficiency Of The Russian Federation Including The Intellectual Capital, The Characteristics Of Readiness For Innovation, Level Of Well-Being, And Quality Of Life. Economica of region 4, p.9-
- 9. Hotelling H. (1936). Relationships between Two Sets of Variables. Biometrika, 46, p. 321-377.
- 10. Kumbhakar S., Lovell K. (2004). Stochastic Frontier Analysis. Cambridge U.P., p.86.
- 11. Robertson R. (1992). Globalization: Social Theory and Global Culture.L.
- 12. Waugh F.W. (1942). Regression between Sets of Variates. Econometrica, 46, p. 290-310.

1.4. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ИНДУСТРИИ 4.0

д.э.н. Терелянский П.В. Государственный университет управления (Москва)

В статье представлена авторская точка зрения на историю развития технологий искусственного интеллекта и перспективы их применения в индустрии 4.0. Показано, как развитие вычислительной техники расширяет сферу применения цифровых технологий, меняет соотношение между издержками разного типа и, в конечном счете, модели поведения людей, их места в производственном процессе и не только. В статье также даны авторские и прогнозы относительно перспективности исследований в области искусственного интеллекта.

Введение

Настоящая статья представляет собой дополненный и существенно переработанный пленарный доклад автора (Терлянский, 2018) представленный в мае сего года на конференции в Алуште. В целом она следует той же концепции. Однако, ход событий, включая появление новых материалов и точек зрения на перспективы исследований в области искусственного интеллекта, требует частичного переосмысления отдельных выводов и поиска новых аргументов для обоснования излагаемой позиции. В первую очередь к числу таких событий следует отнести предсказания новой «зимы искусственного интеллекта» 1 на фоне очень неоднозначного влияния вложений в технологии искусственного интеллекта на экономический рост. В настоящее время оно скорее отрицательное. Таков главный вывод отчета Национального бюро экономических исследований, озаглавленного «Искусственный интеллект и современный парадокс производительности: столкновение ожиданий и статистики» (NBER, 2017). Еще более ярко разрыв между реальными достижениями ИИ и ожиданиями показан в публикации (Marcus & Davis, 2018) 2. Примечательно, что один из ее авторов психолог, второй – специалист по информационным технологиям, назвать их дилетантами никак нельзя. Не меньшее впечатление производит рост затрат вычислительных мощностей на глубокое обучение (deep learning) при том, что сегодня глубокое обучение – центральная тема в публикациях по искусственному интеллекту. В недавнем исследовании (Amodei & Hermander. 2018)3 приведены цифры, показывающие, что с 2012 года количество вычислений, используемых в крупнейших тренировочных прогонах АІ, растет экспоненциально с 3,5-месячным периодом удвоения (для сравнения, закон Мура имел 18-месячный период удвоения). При таком росте затрат вычислительной мощности развитие вычислительной техники не успевает за потребностями, но и это не все, закон Мура фактически перестал работать. Повышение производительности компьютеров на 7% в последнее время воспринимается как прорыв, старая архитектура вычислительных комплексов исчерпала свои возможности. Следовательно, нужны прорывы в области вычислительной техники на какой-то новой основе.

Вместе с тем, технологии искусственного интеллекта вызывают невиданный ранее интерес и со стороны бизнеса, и со стороны крупнейших государств мира, прежде всего, это касается США и КНР (см. CB Insights, 2018). Тем интереснее проследить путь этих идей и техноло-

гий от лабораторий и исследовательских центров до промышленного применения и воздействия на все сферы человеческой деятельности.

Немного истории

Вычислительная техника развивается стремительно и во многом парадоксально. Уже сейчас вычислительная мощность носимых вычислительных машин со способностью полнодуплексной связи с банком данных — а именно таково правильное научное определение того, что сейчас принято называть «гаджет» или «смартфон» — превышает в сотни раз все вычислительные мощности всех компьютеров NASA, задействованных в лунной программе Apollo. Стоимость программы в ценах 1966-го года около 23 миллиардов долларов, что в сегодняшних ценах составляет более 200 миллиардов. То есть, с одной стороны, двухсотмиллиардная про-



Рис. 1. Нонейм-смартфон

грамма, позволившая высадить человека на иной небесный объект, с другой стороны, китайский нонеймаппарат стоимостью в 20 долларов у нас в кармане (рис 2^4 .), который прокладывает путь, показывает погоду, ищет скидки в ближайшем магазине. И если в конце 50-х годов прошлого века компьютерная программа в 20 команд — это был интеллектуальный прорыв, то сейчас только на этапе первичной компиляции программы типа «Hello, world!» получается исполняемый файл в несколько мегабайт — в несколько миллионов вычислительных команд.

¹ https://officelife.media/article/people/sergey-karelov-winter-of-artificial-intelligence-is-near/

² https://www.nytimes.com/2018/05/18/opinion/artificial-intelligence-challenges.html

³ https://blog.openai.com/ai-and-compute/?utm_content=71612182&utm_medium=social&utm_source=linkedin_

⁴ https://www.it-world.ru/tech/mobile/132152.html

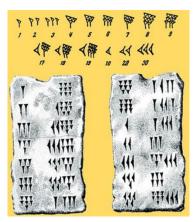


Рис. 2. Глиняные таблички с вавилонскими цифрами

На протяжении тысячелетий способность вычислять, считать была прерогативой только образованных, умных, интеллектуальных людей. При этом первичные способности читать, то есть механически складывать буквы в слова, не делали человека интеллектуалом. Необходимо было уметь производить алгоритмически сложные действия с символами, чтобы добиться результатов банального сложения. Алгоритмы работы с арабской позиционной системой представления числовой информации кажутся нам абсолютно элементарными – это курс первого класса общеобразовательной школы. Но не думаю, что многие современные образованные люди с такой же легкостью произведут сложение двух многозначных чисел, представленных в римской непозиционной системе, или того паче в древнеегипетской, ионической или вавилонской шестидесятиричной (рис. 2.). То есть производство простейших вычислений – сколько у кого яблок в кармане – это на протяжении веков было сложнейшим интеллектуальным продуктом, доступным далеко не каждому.

В конце 40-х годов прошлого

века появляются первые вычислительные машины способные производить вычисления в огромных количествах. Одна машина Mark-I в секунду производила столько вычислений, сколько не смогли бы осуществить несколько десятков людей-вычислителей за несколько месяцев. Но такие вычислитель-



ные возможности машин νже удивляли человечество, привыкчудесам научно-технической революции. В конце концов. ба-



Рис. 33. Марк-1

нальные арифмометры широко применялись и выпускались серийно с 1890-го года. Это – хорошо известные арифмометры Однера. Из времен раннего СССР на слуху остались арифмометры «Феликс», которые производились с 1929-го года вплоть до 70-х годов XX-го века.

Рис. 4. Арифмометр Однера Потрясало другое: машины вычисляли по программе - по сложному алгоритму. Причем сложность программ уже становилась такова, что даже сами создатели машин не могли их осознавать, и пришлось разрабатывать специальные языки графической визуализации ал-



Рис. 5. Арифмометр Феликс

горитмов - то, что на уроках информатики теперь принято называть «блок-схемами». То есть появились машины – электромеханические, искусственные, способные к осуществлению действий, доступных только высокоинтеллектуальным представителям вида Ното Sapiens Sapiens. И тогда, в конце 40-х годов, казалось, что человечество стоит на пороге создания нового искусственного объекта, который уже обладал некоторыми свойствами одушевленного субъекта способностью к сложному поведению. Причем настолько сложному, что некоторые задачи могли решаться только человеком с высшим образованием. Например, в 1986-м году появилась программа

MathCAD от Mathsoft Incorporated, которая могла решать системы обыкновенных дифференциальных уравнений. А это второй-третий курс современных высших учебных заведений, и то не каждый студент может сдать эту сессию. Чуть позже программа могла уже решать задачи аналитического интегрирования. Но это уже не вызвало потрясения у пользователей.

Причина проста. Несмотря на то, что аналитическое интегрирование является достаточно сложной умственной операцией, на самом деле это операция легко алгоритмизируется. Операция весьма сложная, но даже для двойных и кратных интегралов все-таки алгоритмизируется легко. И тут важно понять разницу между сложностью алгоритмизации и сложностью алгоритма. Каким бы сложным ни был алгоритм, он, рано или поздно, при достижении требуемых технологических ресурсов, будет реализован. А вот если деятельность человека не удается формализовать, доведя до уровня пошаговых алгоритмов, то каковы бы ни были доступны вычислительные мощности, реализовать алгоритм не удастся. И в этом, возможно, главное отличие разума от любого его механического аналога. Именно умение создавать новое решение, а не следовать устоявшемуся алгоритму позволяет говорить об интеллекте. Впрочем, и с этим можно поспорить, каждый успех в области искусственного интеллекта лишь отодвигает горизонт.

Искусственный интеллект в узком (техническом) понимании

Говоря об узкоспециальных технологических аспектах появления и развития зачатков именно искусственного интеллекта, которые были реализованы, хотелось бы привести следующий пример. В 80-х годах прошлого века в СССР продавалась игрушка «Электроника ИМ-11» – программируемая машинкалуноход, клон игрушки BigTrak компании Milton Bradley. Игрушка имела сложное программируемое микроконтроллерное управление, но главное - она имела одну удивительную функцию - если программа пути была составлена неправильно и луноход упирался в препятствие, тогда, чтобы не сажать батарейки

и не перегружать двигатель, игрушка отключала силовое питание и, соответственно, сбрасывала неправильную программу.

Реализовано было очень просто - в бампере машинки был механический выключатель, который при ударе о препятствие прерывал цепь питания. Казалось бы, простое технологическое решение, не стоящее упоминаний. Но механический выключатель в бампере с точки зрения современных взглядов на интеллектуальные системы управления - это не что иное, как электромеханическая реализация нейрона со ступенчатой функцией срабатывания. Сама кнопка выключения – система аксон-дендрит, механическая часть выключателя - перикарион, сома нейрона. То есть эта игрушка – это вполне себе интеллектуальная система управления, построенная на одном нейроне, способная принять решение о правильности или неправильности введенного алгоритма.

К сожалению, не удалось найти старую публикацию из журнала «Наука и жизнь» или «Техника молодежи» 70-



Рисунок 4

х годов, где описывалась уже не игрушка, а вполне серьезная система управления тележкой погрузчика в заводском цеху. Тележка ехала по белой полосе - по своей дороге - и повороты или уход с дорожки контролировались очень остроумной схемой: сила тока на два электродвигателя регулировалась двумя фоторезисторами, в которые отражался свет от светлой дорожки. Стоило тележке уйти с дорожки или самой дорожке изменить направление, как отражающая способность поверхности под фоторезистором менялась, менялся ток, проходящий через фоторезистор, и связанный с ним двигатель повышал обороты, того колеса которое ушло с дорожки. Тележка поворачивала на светлую дорожку.

Данная система интеллектуального управления, таким образом, в современных терминах была построенна всего лишь на двух оптико-электрических аналогах нейронов. А это уже интеллектуальная именно система – она содержала более одного элемента. Ещё каких-нибудь триста нейронов, и мы приблизимся к интеллектуальным способностям Caenorhabditis elegans – первичноротых нематод (круглых

червей). Описание их нервной системы в (Fang-Yen C, Alkema MJ, Samuel ADT. 2015) проиллюстрировано схемой (рис.5).

За этой живой конструкцией миллионы лет эволюции. При этом еще неизвестно, сможет ли человечество со всем своим интеллектуальным багажом не уйти в ядерную зиму на фоне обострения современных внешнеполитических реалий по

временное развитие таких систем управле-

всей планете (RAND, 2018). И все же описанные выше технологические решения весьма примитивны, а со-

ния включает в сеоя тысячи и сотни тысяч программных и аппаратных нейронов. На современном уровне развития технологий распределенных вычислений нет, в общем-то, ограничений на количество моделируемых нейронов. То есть, уже принципиально возможно повторить структуру нейронной сети, соответствующую сложности человеческого мозга (по современным оценкам, это около 100 миллиардов нейронов). Значит ли это, что механическое наращивание количества нейронов позволит совершить качественный скачок и породит новый разум? На данном этапе понимания проблематики искусственного интеллекта это представляется весьма маловероятным.

Одним из признаков интеллекта является умение работать не только с реальными объектами, но с объектами, которые в той или иной мере только отражают реальность. С некими платоновскими идеями. Ведь алгебра – потрясающая, базовая для современной цивилизации парадигма – есть не что иное, как работа с абстрактной сущностью количества – переменной. Способность к неполной индукции, способность из простого механического статистического наблюдения делать парадоксальные выводы - вот,

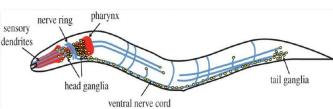


Рис. 5. Большинство нейронов расположены в нескольких ганглиях вблизи нервного кольца.

что ожидается от интеллектуального агента. Первым этапом неполной индукции является абстрагирование, однако на сегодняшний момент не существует не только технологий, доведенных до уровня пошаговых алгоритмов, позволяющих создавать классификации или классы (алгоритмы, позволяющие наполнять классы объектами, уже существуют — те же нейронные сети, простые корреляционные алгоритмы), но нет даже и алгебры, позволяющей работать с более абстрактными сущностями, чем обыкновенное отображение количества числами.

Существенный, но принимаемый далеко не всеми прорыв в этом направлении был сделан Лотфи Заде (Zadeh,1965) с его теориями нечётких множеств (fuzzy sets), нечёткой логики (fuzzy logic), теорией мягких вычислений (soft computing), а также теорией вербальных вычислений и представлений (computing with words and perceptions). Трудам Л.Заде уже более 50-ти лет, но до сих пор многие ученые либо не знакомы с положениями мягких вычислений, либо отрицают их в качестве достоверных методов анализа, основывая свой исследовательский базис на классических методиках статистического анализа, корреляций и числового экстраполирования. Следует отметить, что такая позиция многих математиков



имеет глубокие корни и не лишена оснований. Кибернетика как самостоятельная наука и, в частности, идея искусственного интеллекта с самого начала была встречена математиками с большой долей скепсиса, особенно в Англии. В немалой степени этому способствовало постоянное расхождение между обещаниями и результатами, которое существует и по сей день (Козырев, 2018). Крупные математики, решая конкретные задачи прикладного характера, предпочитали относить их к каким-то традиционным направлениям. Типичный пример из нашего не очень далекого прошлого - теория оптимального управления Л.С. Понтрягина. Исходная задача относилась к управлению в технических системах, то есть к кибернетике в том смысле, как она была задумана Норбертом Винером. Но математик видит здесь связь скорее с вариационным исчислением, чем с нейронами и фантазиями на тему искусственного интеллекта. Примерно то же с нечеткими множествами. У математика с достаточным кругозором сразу возникают вопросы об альтернативных подходах к моделированию неопределенности, возможно, более адекватных, чем подход Л. Заде, но более сложных технически и требующих более высокой математической культуры. В этом состоит одна из проблем искусственного интеллекта.

Следование привычной парадигме исследовательского базиса, сформулированной ещё Готфридом Ахенваллем (Gottfried Achenwall) 5 в его работе "Abriß der neuen Staatswissenschaft der vornehmen Europäischen Reiche und Republiken" (1749) 6 , а также все возрастающая аппаратная мощь современных вычислительных комплексов породила концепцию BigData, базирующуюся как раз на классических статистических алгоритмах. Возможно, дополнение

Рисунок 6. Обложка книги Ахенваля классических статистических алгоритмах. Возможно, дополнение технологий BigData теориями Л. Заде позволит переходить к неполной индукции, к искусственной интеллектуальной деятельности, к искусственному интеллекту.

Что же такое «искусственный интеллект»?

Впервые этот термин – Artificial Intelligence – применил Д. Маккарти в 1956 году на конференции в Дартмутском университете. Под искусственным интеллектом в широком смысле подразумевается способность искусственного (созданного человеком объекта) вести себя, как естественный (созданный природой за миллионы лет эволюции) субъект.

Ключевым отличием искусственного интеллекта, за исследование которого сразу же взялись футурологи, фантасты и научные фрики — является способность ставить перед собой Цель. То есть, не просто точку в пространстве-времени-ресурсах, которую надо достигнуть (а это доступно и обыкновенному паровозу без всякой интеллектуализации на основе простейших алгоритмов с несколькими ветвлениями — пример: составление расписания движения и переключения железнодорожных стрелок), но Цель как

-

⁵ Ахенвалль (Готфр.) — заслуженный статистик; род. 20 окт. 1719 г. в Эльбинге, учился с 1738—1743 в Йене, Галле и Лейпциге, читал лекции с 1746 г. в качестве приват-доцента в Марбурге, а с 1748 года состоял в Гёттингене, сначала профессором философии, потом права. На королевское пособие в 1751 и 1759 году совершил путешествие по Швейцарии, Франции, Нидерландам и Англии. Умер 1 мая 1772 г. в Гёттингене. А. первый дал статистике определенную форму в своем: «Abriss der neuesten Siaatswissenschaft der vornehmsten europ. Reiche und Republicken» (Гёттинг., 1749 г.; в 1752 г. под заглавием: «Staats Verfassungen der europ. Reiche»). А. считается основателем статистики как науки, так как он не только дал точное определение всех ее составных частей и указал ее истинные задачи и цели, но и первый ввел в употребление слово «статистика».

⁶ http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/achenwall_staatswissenschaft_1749?p=3

нечто метафизическое – мировое господство, познание Мира и Бога, уничтожение человечества и прочие подобные сюжеты. Внимательный анализ данных сюжетов приводит к пониманию, что в результате своей деятельности человечество создает новый, но совершенно подобный себе субъект – субъект, способный ставить собственные цели, а – главное – достигать эти цели разными хитроумными, подчас непонятными создателю-человеку способами. Появляется субъект, обладающий тем, что называется Сознанием (в гегелианском прочтении, прежде всего), то есть осознанием собственной самости, индивидуальности, с одной стороны, и способностью к кооперации – с другой. Появляется субъект, способный конкурировать с человеческим мышлением за некие критически важные ресурсы. И этот субъект потенциально становится равным своему создателю по интеллектуальной мощи. Тогда сразу же возникают онтологические вопросы – а не станет ли создаваемый объект равным создателю-субъекту в области моральной, этической? Имеем ли мы право порождать и уничтожать эти объекты? Это – серьезный философский вопрос. Не менее серьезный вопрос: а не решит ли искусственный интеллект, что люди ему только мешают? И та, и другая постановка вопроса активно обсуждается в самых разных сообществах, включая научное сообщество. Однако пока дело до этого не дошло, а этических и социальных проблем с искусственным интеллектом уже хватает.

Искусственный интеллект и искусственное сознание

В этом месте, вероятно, приходит время дать определение феномену искусственного интеллекта, хотя на сегодняшний день таких определений дано уже много. В данном случае речь об определении, наиболее близком автору статьи.

Искусственный интеллект (Artificial Intelligence, AI) — алгоритм, способный самостоятельно создавать алгоритмы, в результате срабатывания которых возможна постановка и достижение наиболее оптимальным способом новой, ранее не сформулированной создателем алгоритма цели. Результат моделирования срабатывания этого алгоритма другими подобными и даже идентичными алгоритмами не может быть четко детерминирован с приемлемой точностью и вероятностью за время, меньшее или равное времени достижения цели моделируемым алгоритмом.

Это определение требует выделения отдельного понятия, которое зачастую ошибочно смешивают с понятием искусственного интеллекта или разумности. Речь об определении искусственного сознания, того явления, о котором рассуждают функционалисты — Хиллари Путман (Hilary W. Putnam) в ранних работах (Putnam, 1971, 1975) и Дэниел С. Деннетт (Daniel C. Dennett, 1965).

Искусственное сознание (Artificial Consciousness, AC) – алгоритм, способный оценить свою самость, способный самостоятельно создавать собственные морально-этические личностные конструкты на основе анализа его жизненного пространства и действовать в рамках построенных конструктов. Личностный конструкт рассматривается здесь в трактовке Джорджа Келли (George A. Kelly), см (Kelly, 1955).

Отсюда ясно, что знаменитый тест Тьюринга предназначен не для индикации алгоритмов «искусственного интеллекта», понимаемых как некие сложные адаптивные вычислительные приемы, а для индикации «искусственного сознания». Если определять разумность согласно классической трактовке теста Тьюринга, то любая даже несложная программа для игры в шахматы легко проходит тест на разумность с не очень хорошим игроком-человеком. И здесь есть фундаментальная ошибка в постановке задачи тестирования по Тьюрингу. Дело в том, что на данный момент существует несколько теорий информации, предназначенных для разных целей. Если, согласно теории, информация только тогда станет информацией, если есть приемник информации, а источником информации может быть что угодно, то качество оценки по Тьюрингу определяется не источником информации (исследуемым алгоритмом), а приемником информации — человеком-исследователем. И если приемник информации сам не очень умен, то он и не сможет распознать «искусственность» собеседника. И наоборот, сомневаюсь, что я сам смогу пройти тест на естественность, если моим исследователем станет какой-нибудь философ, психолог или доктор психиатрии. Если же такого требования к информации не предъявлять, то задача становится вообще неопределенной.

Искусственный интеллект в индустрии 4.0 и социальные проблемы

Отходя от общих, онтологических философских проблем, мы опускаемся на более «приземленный» уровень – уровень экономического базиса в терминах Карла Маркса.

Об изменении производственной основы базиса впервые заговорили на родине марксизма. В 2011 году на промышленной выставке в Ганновере представители правительства Германии заявили о необходимости более широкого применения информационных технологий в материальном (прежде всего) производстве. Внимательный анализ концепции Industry 4.0, предложенной немецким правительством, говорит о том, что под четвертой промышленной революцией понимется в основном широкое внедрение кибер-физических систем (cyber-physical system) в технологических процессах и цепочках.

Один из принципов Industry 4.0 требует от вновь создаваемых машин и технологий совместимости входных-выходных интерфейсов, что позволит участникам технологических процессов и цепочек взаимодействовать друг с другом напрямую через интернет вещей (Internet of Things, IoT), что, в свою очередь, позволит реализовывать концепции Smart Factory (Intelligente Fabrik), то есть интерактивную агрегацию обособленных единичных операций производственного процесса от этапа концептуального проектирования через оптимизацию распределения производственных ресурсов до этапа программного

управления конкретной роботизированной производственной единицей, от этапа интеллектуально творчества вплоть до этапа выполнения операции в технологической карте изделия. Для реализации такого процесса требуется создание технологий сбора максимально полной вплоть до избыточности информации о создаваемом объекте, обо всех событиях технологической цепочки с учетом контекста, в котором эта информация генерируется. Вычислительной основой здесь должны стать технологии BigData.

Огромное количество данных, продвинутые методы и алгоритмы обработки BigData позволят, согласно концепции Industry 4.0, децентрализовать процесс принятия стратегических, тактических и оперативных управленческих решений, перенаправив эту задачу кибер-физическим системам, вплоть до полного исключения человека из производственного процесса. Человеку в этой концепции отводится роль творца, наладчика и контролера. Именно этот аспект выглядит наиболее утопически, во-первых, с количественной точки зрения — при высвобождении тысячи рабочих с конвейера вряд ли будет создана ровно тысяча рабочих мест контролеров и наладчиков, во-вторых, с качественной точки зрения — вряд ли тысяча уволенных низко образованных разнорабочих одномоментно смогут диверсифицировать свои компетенции до уровня высококвалифицированных и узкоспециализированных контролеров и наладчиков. Что же касается преображения массы рабочих, пусть даже высококвалифицированных, в инженеров-изобретателей и инноваторов, обеспечивающих технологические прорывы, то эта трансформация представляется крайне маловероятной, поскольку прорывное инновационное творчество — удел единиц, и на процесс творчества мало влияют новые технологии, они лишь облегчают его.

Подобная концепция изменения базиса, согласно классическому прочтению марксистской политической экономии, ведет к важнейшему выводу — из производительных сил практически полностью вытесняются люди, в составе производительных сил остаются только интеллектуализированные средства производства, а производственно-экономические отношения претерпевают катастрофические социальные изменения. И если ранее собственностью на средства производства владел капиталист, а наемный рабочий обладал неотчуждаемыми компетенциями, умениями, способностями, которые позволяли рабочему добывать средства к существованию, то, в условиях интеллектуализации средств производства, у наемного работника практически не остается неотчуждаемых свойств. Способности, умения, компетенции легко отчуждаются и фактически становятся частью средств производства.

Ведь если мы создаем интеллектуальную систему, во многих функциях превосходящую человека, то с точки зрения экономической целесообразности (в рамках отношений работник-работодатель) работодателю выгодней использовать искусственный объект: ему не надо платить заработную плату, обеспечивать социальные гарантии, участвовать в социальных взаимодействиях. И это уже широко применяется – простейшие роботы практически с нуля до выхода с конвейера собирают современные автомобили. Люди-сборщики вытеснены с производств. Но сборщики автомобилей – это весьма небольшая группа людей, достаточно квалифицированных, которые, вероятно, смогли как-то по-иному монетизировать свои способности.

Но что будет, если роботы окончательно заменят, допустим, уборщиков, грузчиков, разнорабочих, водителей маршрутных такси? Это специальности, не требующие высокой квалификации и напряженной интеллектуальной деятельности и которые уже сейчас начинают заменяться роботами-пылесосами, автоматизированными системами складской логистики и беспилотными такси. Смогут ли массово вытесняемые с этих производственных позиций малообразованные люди с низкой квалификацией встроиться в изменившийся рынок труда? Не стоим ли мы на пороге новых экономических и социальных потрясений? Не ждет ли нас новое движение луддитов?

И если замена водителя маршрутного такси — это всё же хоть и вероятное, но ближайшее будущее, то уже сейчас практически все торги на фондовых рынках осуществляются специальными программамитрейдерами — торговыми ботами. Что собой представляет такой бот? Это программа, на вход которой подаются котировки активов (каковы бы они ни были), на выходе — решение о покупке или продаже активов. А результатом будут новые котировки, которые снова пойдут на вход боту. Сам алгоритм бота представляет собой «черный ящик» для участников торгов, не являющихся владельцами этих ботов, и из-за громоздкости алгоритмов предикции трендов (причем алгоритм вовсе не обязательно будет сложным), создатели ботов зачастую не могут гарантировать адекватность срабатывания бота. В итоге «громоздкость» алгоритмов, построенных на пропозициональной логике, логике высказываний, а также на логике высоких порядков, являясь внутренне непротиворечивой, может привести к получению неадекватных реальности результатов.

Дело в том, что простейшие конструкции типа «если – то», содержащие и объединенные логическими высказываниями, образуют графы (хорошо, если планарные) с весьма сложными топологиями. И результат срабатывания такой советующей системы может сильно зависеть не столько от набора правил, сколько от порядка выборки правил из базы знаний, то есть результат зависит от способа отображения графа на цифровой носитель.

Хорошо, если в алгоритмы ботов встроены системы, порождающие отрицательные обратные связи, способные гасить различные всплески на бирже, но ведь никто не застрахован от ошибок в алгоритмах, потенциально порождающих положительные связи, вплоть до самовозбуждения (feedback). И если человек в силу слабой реактивности, может принимать взвешенные решения, скажем, раз в час, то

боты высокочастотного трейдинга (high-frequency trading) работают с мегагерцовыми частотами, и способны в считаные минуты «обрушить» биржи.

Искусственный интеллект и геополитика

Биржевой бот – типичный пример того, как искусственный интеллект напрямую влияет на глобальную цифровую экономику, то есть работает прямо с финансовыми активами. Но есть и косвенное влияние искусственного интеллекта – через внедрение новых технологий.



Рис. 5. Обложка журнала Foreign Policy

По оценке группы PricewaterhouseCoopers (R2017), к 2030 г. вклад технологий искусственного интеллекта в развитие мировой экономики составит 15,7 трлн. долл., из которых 9,1 трлн. долл. приходится на рост производительности и 6,6 трлн. долл. — на эффекты потребления. По прогнозам, в региональном разрезе выигрыш от искусственного интеллекта к 2030 г. распределится неравномерно: его большая часть придется на Китай (7 трлн. долл. или 26,1 % ВВП), Северную Америку (3,7 трлн. долл. или 14,5 % ВВП) и страны Северной Европы (1,8 трлн. долл. или 9,9 % ВВП) (Rao, 2017,1, с. 3,7).

Позиции России в гонке ИИ отличается как от позиции несомненных лидеров — США и КНР, так и от позиции аутсайдеров — всех остальных стран. В недавно вышедшем осеннем тематическом выпуске журнала "Foreign Policy's Fall 2018", посвященном будущему войны (The Future of War), опубликована статья (Horowitz, 2018), где Россия выделена в качестве «особого аутсайдера»—потенциально способного, подобно Китаю, составить конкуренцию в борьбе за лидерство. В то же время, экономика нашей страны представляет собой потенциально привлекательный рынок для зарубежных транснациональных компаний с точки зрения грамотной организации привлечения капиталовложений в робототехнику, создание интеллектуальных компьютерных

в рооототехнику, создание интеллектуальных компьютерных программ, экспертных систем (Терелянский, 2017).

Именно об этом говорит менее технологически продвинутая, но более «социально-осознанная» программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. Программа направлена на «создание условий для развития общества знаний в Российской Федерации, повышение благосостояния и качества жизни

программа «цифровая экономика Россииской Федерации», утвержденная распоряжением правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. Программа направлена на «создание условий для развития общества знаний в Российской Федерации, повышение благосостояния и качества жизни граждан нашей страны путем повышения доступности и качества товаров и услуг, произведенных в цифровой экономике с использованием современных цифровых технологий, повышения степени информированности и цифровой грамотности, улучшения доступности и качества государственных услуг для граждан, а также безопасности как внутри страны, так и за ее пределами» (Программа, 2017). Одной из глобальных целей этой программы стало «создание необходимых и достаточных условий институционального и инфраструктурного характера, устранение имеющихся препятствий и ограничений для создания и (или) развития высокотехнологических бизнесов и недопущение появления новых препятствий и ограничений как в традиционных отраслях экономики, так и в новых отраслях и высокотехнологичных рынка» (Программа, 2017). Основой программы является дорожная карта с 2018 по 2024 годы.

Однако внимательный анализ программы позволяет сказать, что ни о каких особенных «институциональных» изменениях в ней не заявляется. Речь идет, скорее, о широком внедрении технологических решений 1-го физического уровня (physical layer) и 4-го транспортного уровня (transport layer) сетевой модели OSI/ISO (ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99), а также о создании законодательной базы и государственных органов, которые будут регулировать деятельность субъектов цифровой экономики.

Безусловно, возможность широкополосного доступа к сети и новые государственный институты убирают препятствия для коммуникаций экономических субъектов, но сама способность передавать терабайты данных никак не является качественным скачком в области преобразования средств производства, в области создания принципиально новых товаров и услуг, в области новых способов взаимодействия человека разумного и машины интеллектуальной. Глобальные преобразования, которые несет в себе цифровая экономика, ещё только предстоит осознать и сформулировать.

Литература

- 1. Козырев А.Н., Искусственный интеллект как смертный грех человечества // Цифровая экономика. 2018 № 2, с. 91-95.
- 2. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р

- 3. Терелянский, П.В. (2017) Отраслевые и функциональные аспекты развития мирового рынка систем и технологий искусственного интеллекта / Е.Н. Смирнов, П.В. Терелянский // Вестник университета (Государственный университет управления). 2017. № 10. С. 30-34
- Терелянский П.В. (2018) Цифровая экономика, искусственный интеллект, индустрия 4.0 // Тенденции развития Интернет и цифровой экономики / Труды I Всероссийской с международным участием научно-практическая конференции, Симферополь-Алушта, 29-31 мая 2018. – с.91-96.
- Amodei & Hermander (2018) Al and Compute, by Dario Amodei and Danny Hermander https://goo.gl/CaZCZ8
- 6. CB Insights (2018), 15 Trends Shaping Tech In 2018
- Dennett D.C., (1965). The mind and the brain: introspective description in the light of neurological findings: intentionality. Oxford University Research Archive. Oxford University. Retrieved 24 October 2017
- Fang-Yen C, Alkema MJ, Samuel ADT. 2015 Illuminating neural circuits and behaviour in Caenorhabditis elegans with optogenetics. Phil. Trans. R. Soc. B 370:20140212. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0212
- 9. Gerbert, Philipp, (2018) Al and the 'Augmentation' Fallacy May 16, 2018
- Horwitz M.C. The Algorithms of August SEPTEMBER 12, 2018, 8:00 AM https://foreignpolicy.com/2018/09/12/will-the-united-states-lose-the-artificial-intelligence-arms-race/
 Kelly G.A. (1955). The psychology of personal constructs. Vol. I, II. Norton, New York. (2nd printing: 1991, Routledge, London, New York)
- 11. Masrcus & Davis (2018), A.I. Is Harder Than You Think by Gary Marcus and Ernest Davis. (Mr. Marcus is a professor of psychology and neural science. Mr. Davis is a professor of computer science. May 18, 2018)
- 12. NBER (2017) ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE MODERN PRODUCTIVITY PARA-DOX: A CLASH OF EXPECTATIONS AND STATISTICS, by Erik Brynjolfsson, Daniel Rock, Chad Syverson, Working Paper 24001 NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH 105015 Massachusetts Avenue Cambridge, MA 02138, November 2017
- 13. Putnam H.W. (1975) Mathematics, Matter and Method. Philosophical Papers, vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. 2nd. ed., 1985 paperback: ISBN 0-521-29550-5
- 14. RAND (2018) How Might Artificial Intelligence Affect the Risk of Nuclear War? by Edward Geist, Andrew J. Lohn, Perspective EXPERT INSIGHTS ON A TIMELY POLICY ISSUE
- 15. Rao, A. S. (2017) Sizing the prize. What's the real value of AI for your business and how can you capitalize? / Anand S. Rao, Gerard Verweij // PwC. 2017. 32 pp.
- 16. Zadeh (1965). "Fuzzy sets", Information and Control 8 (3): 338-353.
- 17. Putnam H.W. (1972). Philosophy of Logic. New York: Harper and Row, 1971. London: George Allen and Unwin, 1972. ISBN 0-04-160009-6

Терелянский Павел Васильевич д.э.н., к.т.н., профессор, и.о. зав. каф. программной инженерии ФГБОУ ВО Государственный университет управления

Ключевые слова: искусственный интеллект, Индустрия 4.0, большие данные.

Tirelessly Pavel
Doctor of Economics, candidate of technical Sciences,
Professor, acting head. CFR. software engineering
of the State University of Management

Keywords: artificial intelligence, Industry 4.0, BigData.

JEL classification: C12; C51; R15.

Abstract

The article presents the author's point of view on the history of artificial intelligence technologies and prospects of their application in industry 4.0. It is shown how the development of computer technology expands the scope of digital technologies, the relationship between the costs of different types and, ultimately, the model of human behavior, their place in the production process and not only. The article also gives the author's predictions about the prospects of research in the field of artificial intelligence.

2. ОБЗОРЫ

2.1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Пройдаков Э.М. АНО «Модернизация»

В обзорной статье приведена краткая история работ в области искусственного интеллекта (ИИ), охарактеризованы направления ИИ, даётся общий обзор современного состояния исследований и разработок систем ИИ, перечислены основные тенденции НИОКР в области ИИ, показаны возможности использования систем ИИ в области государственного управления.

Что такое ИИ и немного истории

Искусственный интеллект, что это такое? Наиболее сложной сущностью в мире является человек. Стремление познать сложность человека было всегда и проявлялось в разных формах. Сейчас это стало ещё более актуально. Развитие компьютерных технологий привело к появлению множества работ, связанных с попытками научиться распознавать и синтезировать человеческую речь, создать системы технического зрения, способные опознавать лица людей не хуже, а уже лучше, чем глаза человека, научить автомашины ездить самостоятельно без водителя-человека и т. д. Системы, проявляющие поведение, свойственное человеку, называются системами искусственного интеллекта, сокращённо ИИ. На самом деле это самостоятельное научное направление, объединяющее многие научные дисциплины.

По одному из определений, искусственный интеллект — это наука и технология, включающая набор средств, позволяющих компьютеру на основании накопленных знаний давать ответы на вопросы и делать на базе этого экспертные выводы, т. е. получать знания, которые в него не закладывались разработчиками. Наука под названием «искусственный интеллект» входит в комплекс компьютерных наук, а создаваемые на её основе технологии относятся к информационным технологиям.

Есть множество других определений, менее устойчивых к критике.

Соответственно, системы ИИ определяют, как компьютерные системы, использующие в своей работе технологии ИИ. При этом в большинстве случаев до получения результата не известен алгоритм решения задачи. Например, мы не знаем, как осуществляется поиск доказательства теоремы, узнавание изображения и т.п. [19].

Системы ИИ условно делятся на два класса – сильный (или общий) ИИ и слабый (или прикладной) ИИ. Определим сильный, или универсальный, искусственный интеллект как ИИ, сравнимый с человеческим — т.е. ИИ, который может учиться, как это делают люди, и не уступает по интеллекту большинству людей, а во многих смыслах даже превосходит их. Есть множество более строгих определений, но для понимания данного определения достаточно.

Все остальные системы, в том числе системы ИИ, которые окружают нас сейчас, называются слабым ИИ, поскольку они могут делать только одно дело, например, осуществлять поиск по запросам в Интернете, ставить диагноз по конкретному заболеванию и т. д. Помощь такого ИИ делает жизнь более комфортной, а работу более производительной. Такие системы в ближайшем будущем будут всё более и более совершенствоваться, уже сейчас многие конкретные виды работ системы с ИИ делают лучше людей. Следует отметить, что в процессе работы над проектами со слабым ИИ проделывается громадная подготовительная деятельность. Машины учат таким интеллектуальным занятиям, как поиск информации, распознавание речи, обработка естественного языка, распознавание лиц, учат логическому выводу и др. По отдельности это всего лишь мощные инструменты, но они быстро развиваются, год от года продвигая технологии ИИ вперёд и приближая создание сильного ИИ.

В связи со слабым ИИ следует упомянуть о так называемом эффекте ИИ (Al Effect). Он заключается в том, что как только с помощью ИИ реально достигается немыслимый ранее результат, то такую задачу критики перестают считать задачей ИИ, т.е. девальвируют её значение. Этот эффект сформулирован в формуле Ларри Теслера: «ИИ — это всё, что не сделано до сих пор».

Для обеспечения систем ИИ учёным пришлось заняться такими вопросами, как представление знаний – это позволило создать так называемые экспертные системы (ЭС, системы, которые на основе баз знаний помогают в принятии решений). Очень важными стали методы самообучения машин (появились интеллектуальные обучающие системы), попытки повторить работу нервной системы человека. Последнее вылилось в создание искусственных нейронных систем (ИНН). Таким образом, в ос-

нове всех исследований по ИИ лежит идея моделирования процессов человеческого мышления с помощью компьютера. Сам ИИ как наука относится к когнитивным наукам, т. е. наукам, связанным с приобретением (сбором, накоплением, восприятием) знаний, способностью к обучению (самообучению).

Предполагается, что ИИ, сравнимый с интеллектом человека, будет иметь неограниченную сферу применения и кардинально изменит наше существование. Следует отметить, что – как создать сильный ИИ, пока неизвестно, но по этой тематике ведутся активные исследовательские работы по самым разным направлениям.

В январе 2016 г. основатель Всемирного экономического форума в Давосе Клаус Шваб назвал искусственный интеллект одной из основных движущих сил четвёртой промышленной революции. «Эта четвёртая промышленная революция идёт на нас, как цунами, а её основной движущей силой являются достижениями в области искусственного интеллекта, робототехники, нанотехнологий, интернета вещей и других областей науки».

Сейчас происходит качественный переход от вычислительной эры к эре когнитивной (в терминах футурологов, Second Machine Age), когда компьютеры нового типа быстро учатся работать со структурированными, неструктурированными и нечётко структурированными данными, начинают замещать труд людей при решении большого количества когнитивных задач [6].

Три волны искусственного интеллекта

ИИ имеет уже более чем полувековую историю, в которой были свои пики интереса к нему и почти полное его исчезновение. Сам термин «искусственный интеллект» был предложен в 1956 году на летней конференции в Дартмутском университете.

Первые работы по ИИ относятся к 1950-м годам. Начались они с попыток решения двух задач:

-- программы для игры в шахматы (в 1954 г. — аналитики корпорации RAND А. Ньюэлл, Дж. Шоу и Г. Саймон начали писать программу игры в шахматы. Помочь им вызвались А. Тьюринг и К. Шеннон, а также группа голландских психологов. В 1957 г. шахматная программа (NSS) была написана. В основе её работы лежали эвристики, т. е. правила выбора решения в отсутствие теоретических оснований. [30]);

-- создания программ машинного перевода с одного естественного языка на другой. В СССР первые экспериментальные системы перевода с английского и китайского языков разрабатывались в 1954—1957-м гг. на ЭВМ БЭСМ-2 в ИТМиВТ под руководством Л.Н. Королёва. В 1954 году в корпорации ІВМ под руководством профессора Леона Достерта перевели на английский язык 60 русских фраз на основе словаря, состоящего из 250 пар слов и шести правил грамматики. Результаты казались многообещающими, но проблема оказалась намного сложнее, чем они предполагали. Суть перевода заключалась в обучении компьютеров не только правилам, но и исключениям, а технические средства компьютеров того времени никак не позволяли реализовать эту задачу. Тем не менее, попытки создания таких систем дали мощный толчок развитию математической лингвистики. К этому же периоду относится и появление первых программ для игры в шахматы.

Третьей областью, которая зародилось в то время, а впоследствии получила большое развитие, стало автоматическое доказательство теорем. В 1960 г. появилась программа, которую назвали «Универсальным решателем задач» (GPS). Она позволяла автоматически доказывать теоремы из планиметрии, находить решения алгебраических задач и другое [30].

Среди множества работ по ИИ первой волны следует отметить создание в 1963 г. Джоном Маккарти первого языка для программирования задач ИИ – языка ЛИСП. Появление этого языка открыло функциональное программирование. Заметим, что первые языки высокого уровня того времени были процедурными ЯВУ.

Вторая волна ИИ, начавшаяся с конца 60-х годов, была связана с появлением логического программирования (язык Prolog, 1971 г.) и бумом вокруг так называемых экспертных систем (ЭС). Это тоже были зачатки искусственного интеллекта, но в ЭС специалист по управлению знаниями, опрашивая экспертов в предметной области вручную, наполнял базу знаний (БЗ), а машина могла делать логический вывод в рамках того «понимания», которое человек в неё заложил, т.е. полностью отсутствовал такой важный элемент, как самообучение. Кроме того, возникали проблемы с экспертами, которые не делились своими знаниями или переставали это делать, как только понимали, что внедрение ЭС понизит их профессиональный статус, поскольку любой начинающий специалист с помощью ЭС может добиться высоких результатов. Следует отметить, что создание ЭС породило большой интерес к проблеме представления знаний в компьютерных системах. В это время появились семантические сети, системы фреймов, продукционные системы (системы, основанные на правилах) и их комбинации.

Между тем работы над системами машинного перевода текстов продолжались и существенно продвинулись. Развитие таких систем стало особенно актуальной задачей во времена холодной войны, когда в руки США поступало огромное количество материалов на русском языке, но не хватало человеческих ресурсов для их быстрого перевода. «В 1990-х годах в проекте компании IBM Candide был задействован десятилетний опыт переводов стенограмм заседаний канадского парламента, опубликованных на французском и английском языках, — около трёх миллионов предложений. Поскольку это официальные документы, их переводы были выполнены с соблюдением чрезвычайно высоких требо-

ваний. По меркам того времени количество данных было огромным. Эта технология, получившая известность как «статистический машинный перевод», превратила задачу перевода в одну большую математическую задачу» [21]. Однако дальнейшее повышение качества машинного перевода на этом застопорилось.

Ко второй волне относится также создание продвинутых программ для игры в шашки и шахматы. Прошли первые чемпионаты мира по игре машин в шахматы между собой. Здесь следует отметить победу на чемпионате мира в 1974 г. советской шахматной программы «Каисса» (М. Донской, А. Арлазаров, А. Битман, А. Усков). Успех «Каиссы» оказался мировой сенсацией, поскольку все предрекали победу американской программе. Как вспоминал М.В. Донской, «Каисса» играла в силу второго шахматного разряда, т.е. до программ, которые обыгрывают гроссмейстеров, было ещё далеко.

Системы первой и второй волны получили шуточное название «старый добрый ИИ», или «символьный ИИ». В целом они были основаны на формальной логике, которая хорошо применима для формализуемых задач типа логических игр, но в ней трудно представить системы реального мира.

Нынешнее возрождение интереса к ИИ – уже третье по счёту и отличается от предыдущих как амплитудой, так и охватом, поскольку сейчас для задач ИИ имеются как необходимые технические средства, повсеместно распространившиеся беспроводные сети, Интернет, так и далеко продвинувшиеся работы в этой области. Начало третьей волне положила знаменитая победа в матче из шести партий американской программы «Дип Блю» (2,5:3,5) над чемпионом мира по шахматам среди людей Гарри Каспаровым.

В программировании в начале третьей волны появилось так называемое генетическое программирование. Оно позволяет, имитируя процесс мутаций, работающий в биологических системах, решать определённые классы задач, например, при поиске оптимальных решений.

В области ИИ действует своя мода на то или иное направление. Очень много внимания одно время уделялось программным агентам. Интеллектуальный программный агент — это активная программная или программно-аппаратная система (например, робот), обладающая автономностью в выполнении той функции (или набора функций), для которой она создана. Основные проблемы: коммуникация интеллектуальных агентов, разработка языков для этой цели, координация поведения агентов, распределение ролей в коалициях агентов, коллективное поведение агентов [30].

Для современного этапа характерно очень быстрое развитие технологий искусственных нейронных сетей (ИНС) — сетей, имитирующих работу биологических нейронов живых существ. Простейшая ИНС состоит из трёх слоёв искусственных нейронов — на первый слой поступают сигналы из внешнего мира, во внутреннем слое они обрабатываются и передаются в выходной слой, в котором формируется результат. Внутренних, или скрытых слоёв, может быть много.

Развиваются на базе новых технологий также и системы, появившиеся при первых волнах развития ИИ, — системы машинного перевода, достигшие вполне приемлемого качества, ЭС и другие. В 2006 г. появилась система Google-Переводчик, основанная на Больших данных. Корпус из триллиона слов, выпущенный Google в 2006 году, состоял из разбросанных фрагментов интернет-контента. Он стал «обучающим набором», по которому вычислялась вероятность того, что именно последует за тем или иным английским словом. В систему можно добавлять новые слова, которые появляются в естественном языке, и удалять устаревшие. «Её переводы точнее, хотя и весьма далеки от совершенства: к середине 2012 года она охватила более 60 языков, а теперь даже способна принимать голосовой ввод на 14 языках для моментального перевода» [21].

Один из вопросов к современному ИИ состоит в том, завершится ли эта третья волна очередным разочарованием и снижением интереса к ИИ или в результате нынешних колоссальных усилий мирового научного сообщества будет достигнут необратимый прогресс в данной области.

Из общих трендов в развитии ИИ следует отметить постоянно возрастающую автономность интеллектуальных систем, т. е. их способность самостоятельно находить необходимые для своей работы данные и ресурсы [34]. По мнению автора, ставки на ИИ сейчас очень высоки, и это направление будет интенсивно развиваться.

Направления ИИ

Название научной дисциплины «Искусственный интеллект» – зонтичное. Внутри ИИ делится на множество направлений. Вот основные из них:

- Представление знаний.
- Доказательство теорем.
- Компьютерное зрение.
- Машинное обучение (приобретение знаний, анализ данных и порождение гипотез).
- Автоматическое планирование и диспетчеризация заданий.
- Робототехника.
- Обработка естественных языков.
- Многоагентные системы.
- Инструментальные средства ИИ.

Каждая из перечисленных ветвей ИИ в свою очередь делится на десятки других направлений, особенно робототехника (несколько десятков направлений).

Как видим, из-за обширности ИИ учёному невозможно охватить все его ветви, требуется специализация.

Что достигнуто в ИИ к настоящему времени?

- 1. Громадное количество научных работ по ИИ посвящено компьютерному зрению. Это направление ИИ связано с развитием глубинного обучения (о нём ниже). Впервые компьютеры стали способны выполнять некоторые визуальные задачи классификации лучше, чем люди. Например, заявленная точность назначения оптимального лечения раковых заболеваний лёгких у компьютера IBM Watson составляет 90%, т.е. превышает на 40% качество диагностики врачей-онкологов.
- 2. Важным понятием в ИИ является «машинное обучение» (его называют также статистическим обучением). Основу для данной технологии в 1959 году заложил Артур Самюэль, когда предложил работать над обучением компьютеров, не используя определённо запрограммированные алгоритмы. В простейшем смысле программа обучается, когда в ней происходит изменение, позволяющее во второй раз выполнить определённое задание лучше.

Машинное обучение — это технология, когда создаётся база обучающих примеров, по которой компьютер или нейросеть настраивается (обучается) и таким образом может правильно распознавать и классифицировать поступающие новые данные, т. е. это совокупность алгоритмов и методов, позволяющих научить компьютеры делать выводы на основании имеющихся данных. Добавление обучающих примеров позволяет улучшить результаты распознавания. Таким образом: происходит как бы самообучение программы. По этой технологии по большой базе фотографий компьютер научили распознавать лица, причём он делает это точнее, чем человек. Настоящий прорыв в обучении машин произошёл в начале 2016 г., когда программа Google AlphaGo сумела обыграть в игру го её абсолютного чемпиона Ли Седоля. Эта игра является наиболее интеллектуально сложной игрой в мире, намного сложнее шахмат (в го доска 19×19 клеток, а число возможных позиций равно 10¹⁰⁰ — много больше, чем в шахматах), и потому для победы необходимо не просто перебирать всевозможные ходы.

Добиться победы в го над её чемпионом позволила технология «глубинного машинного обучения» (deep learning, DL), которая сейчас является самым трендовым направлением развития искусственного интеллекта. Этот термин применяется к методам обучения искусственных нейронных сетей (ИНС), использующих больше одного скрытого слоя, поэтому формально «глубинный» указывает ещё и на более многослойную архитектуру нейронной сети. Уникальным для глубинного обучения является то, что машина сама находит признаки (ключевые черты чего-либо, по которым легче всего отделить один класс объектов от другого) и признаки эти структурирует иерархично: из более простых складываются более сложные. У термина «глубинное обучение» нет формального определения, поскольку он объединяет целую группу различных технологий [16]. Таким образом, компьютер учится на примерах и своём собственном опыте. Можно сказать, что глубинное обучение – это анализ прошлых и текущих данных для прогнозирования будущего. Программа AlphaGo сначала проанализировала 29,4 млн ходов в 160 тыс. партий профессиональных игроков, а затем две копии программы начали играть сами с собой, добавляя новые партии в обучающую выборку. Сыграв миллионы партий, программа научилась оценивать наиболее выгодное положение камней на доске для достижения победы [4]. Ряд экспертов считает, что переломный момент в развитии ИИ заключается именно в том, что две системы с ИИ играли друг против друга и компьютер учился у компьютера.

Различают контролируемое и неконтролируемое глубинное обучение. Контролируемое обучение (обучение с учителем) предусматривает принудительное обучение с помощью примеров или обучающих выборок. При неконтролируемом обучении система с ИИ самостоятельно осуществляет поиск в данных — шаблонов, установку связей, выявление контекста. Пока этот вид обучения даёт результаты, сильно уступающие по качеству работы в сравнении с контролируемым обучением, но перспективы данного метода гораздо большие, поскольку основные усилия разработчиков при контролируемом обучении тратятся на подготовку данных, что не требуется при неконтролируемом обучении, благодаря чему обучение нейронных сетей не будет ограничиваться лишь существующими наборами данных.

Технология глубинного обучения сейчас является неотъемлемой частью исследований в области распознавания речи, изображений, при создании систем управления беспилотными автомобилями, диагностике заболеваний и решении других сложных задач. Развитием технологии глубинного обучения стала реализованная IBM летом 2017 г. технология распределённого глубинного обучения (DDL), позволяющая на порядок сократить время обучения искусственной нейронной сети.

Следует отметить, чего не может современный ИИ и что отделяет его от общего ИИ:

- отсутствует запоминание ранее приобретённых навыков при обучении новым;
- ИИ не может при обучении новым навыкам опираться на ранее приобретённые, т. е. отсутствует обобщение накопленных знаний и использование их в разных контекстах.

Массовое распространение смартфонов породило широкое использование речевых помощников, в которых реализуются элементы ИИ. Такие приложения помогают пользователю в его повседневной деятельности. Среди них такие известные приложения, как Siri (компании Apple), Cortana (Microsoft), Google Now (Google), Echo (Amazon), "Алиса" (Яндекс) и др., которыми уже пользуются десятки миллионов людей. Данные приложения реализуются также на планшетах, ноутбуках и персональных компьютерах. Со временем эти программы станут всё интеллектуальными и незаменимыми.

В области нейронных сетей постоянно появляются новые, всё более продвинутые решения. Одно из них – сети с капсульной архитектурой (CapsNet). Их концепцию в 2017 г. представил Джеффри Хинтон из корпорации Google. Свёрточные нейронные сети (CNN), которые они должны заменить, обладают уязвимостями, позволяющими допускать ошибки при работе. Капсульным сетям для распознавания образов потребуются меньшие объёмы данных, при этом они будут делать меньше ощибок [33].

Важным направлением работ по ИИ является выявление структуры мозга человека. Такие проекты весьма дорогостоящие, и потому их проведение могут позволить себе немногие страны и гигантские корпорации.

Анализ структуры мозга — это обратное проектирование — предполагает сначала разобраться до тонкостей в человеческом мозге, а затем представить то, что мозг делает, в виде аппаратного и программного обеспечения. В итоге учёные надеются создать компьютер, обладающий ИИ человеческого уровня. Несколько громадных проектов (с инвестициями в миллиарды долларов) нацелено на достижение этого результата. Моделированию человеческого мозга посвящён международный проект Human Brain Project (НВР), который ведёт команда из швейцарской Федеральной политехнической школы в Лозанне под руководством профессора Генри Маркрама (Henry Markram) и в котором участвует более 100 научных групп со всего мира. Цель проекта — синтезировать все знание, полученное людьми о мозге, в единую полноценную модель мозга внутри суперкомпьютера. Завершение проекта — в 2023 году. Американский проект Brain Activity Мар Project («Карта активности мозга», 2013 г.) рассчитан на то, за 10 лет американским ученым удастся зафиксировать и картографировать активность каждого нейрона в человеческом мозге.

Есть около десятка менее ёмких, но не менее важных других проектов по изучению мозга. Весьма интересен проект Blue Brain, базирующийся в Швейцарии, в котором учёные изучают работу ансамблей нейронов. Проект SyNAPSE, финансируемый DARPA и корпорацией IBM, ставит задачей создание физической копии мозга, воплощенной в виде специальных микросхем с искусственными нейронами. Это направление получило название нейроморфная электроника [3]. Аналогичные проекты развивает Китай. Тем не менее, в настоящий момент исчерпывающее моделирование мозга невозможно в силу ограниченных возможностей современных суперкомпьютеров (для этого требуется производительность в десятки эксафлопс, т. е. на 3—4 порядка больше нынешней).

Из других глобальных проектов, в которых предполагается использовать методы ИИ и системную аналитику, следует отметить продолжение проекта "Геном человека", в котором предполагается определить ДНК-последовательности всех живых существ планеты. Например, Amazon Third Way разрабатывает проект под названием «Банк кодов Земли» [29].

Почему вокруг ИИ такой ажиотаж (ожидания)

- 1. Проводившаяся более полувека компьютеризация производства и практически всех аспектов деятельности человека породила некоторый тупик, связанный с обработкой и анализом всего растущего объёма ежедневно появляющихся данных. По ходу борьбы с ними появились хранилища данных, оперативный анализ данных, облачные вычисления, Большие данные (Big Data). А с другой стороны новые модные технологии, которые будут генерировать на порядки большие потоки данных Интернет вещей, Индустрия 4.0, Общество 5.0 и т. п. Развитие систем ИИ это стремление перенести высокоуровневую обработку накопленных данных с человека на компьютерные системы, транзисторные и/или нейроморфные. Мировые ИТ-лидеры ведут гонку в создании специализированных процессоров и суперкомпьютеров для обучения нейронных сетей. В идеале их обучение должно происходить в реальном времени, но сейчас это занимает недели.
- 2. Эра компьютеров как двигателя полупроводниковой индустрии заканчивается. Сейчас все надежды на то, что таким двигателем станет ИИ и робототехника. Здесь уже сформировались громадные по объёмам сегменты: промышленная, сервисная и военная робототехника, беспилотные транспортные средства, медицинская робототехника и др. Однако без систем ИИ полноценное развитие этих направлений невозможно. Таким образом, робототехника сейчас сильно стимулирует исследования в области ИИ. Например, появление беспилотных транспортных средств это потенциально бизнес в триллионы долларов, поэтому все автомобильные гиганты и другие корпорации вкладывают миллиарды долларов в разработку таких систем.
- 3. Как в своё время расшифровка генома человека дала экономике США 3% прироста ВВП (каждый вложенный в неё доллар принёс 140 долларов прибыли), ожидается, что успехи в создании ИИ дадут громадный прирост бизнесу стран, развивающих исследования в этой области. Поэтому ряд стран, в частности, Китай, Южная Корея, Евросоюз поставили работы по ИИ в ряд важнейших государственных задач.

4. Более конкретно, ожидается, что ИИ приведёт к улучшению процессов управления, развитию отношений производителей с потребителями, оптимизации всех бизнес-процессов, совершенствованию планирования и кадровой работы, превращению продуктов в сервисы и смене бизнес-модели многих бизнесов. Пример – компания Uber.

Рынок ИИ

Крайне трудно в наш век неопределённости делать прогнозы. Все перечисленные ниже прогнозы называют сильно завышенные объёмы рынка ИИ на ближайшие годы. Рост его, по нашему мнению, будет весьма значительным, но не столь ошеломляющим, как предсказывают аналитические агентства. В таблице приведены основные области применения систем искусственного интеллекта. Таблица 1.

Системы исследований и рекомендаций в сфере управления качеством	10,3%
Диагностические и лечебные системы	10,0%
Автоматизированные службы поддержки клиентов	9,8%
Автоматизированные системы предотвращения угроз	9,8%
Системы анализа и расследования мошенничества	9,0%
Другое	51,1%

Источник: IDC, 2017 [18].

Искусственный интеллект стал ключевым технологическим трендом 2016 года, и объем глобальных инвестиций в него превышает \$ 500 млн.

В 2017 году инвесторы вложили более \$15,2 млрд в связанные с ИИ стартапы, увеличив финансирование на 141% по сравнению с 2016 г. [33]. Как видим, результат намного превзошёл прогноз агентства IDC, в котором продажи когнитивных систем и систем искусственного интеллекта в 2017 году в мире должны были вырасти на 59,3% и достигнуть 12,5 млрд долл [18].

По прогнозам международной исследовательской компании Markets and Markets, к 2020 году рынок ИИ вырастет до \$5 млрд за счёт применения технологий машинного обучения и распознавания естественного языка в рекламе, розничной торговле, финансах и здравоохранении.

В агентстве Gartner считают, что к 2020 году около 40% всех взаимодействий с виртуальными голосовыми помощниками будет опираться на данные, обработанные нейронными сетями [8].

Консалтинговая компания Tractica считает, что динамика ИИ будет основываться на шести фундаментальных технологиях: машинное обучение, глубинное обучение, компьютерное зрение, обработка естественного языка, машинная аргументация и сильный ИИ. Хотя в перспективе 10 лет ИИтехнологии повлияют практически на каждый бизнес, основными драйверами рынка станут секторы потребительских продуктов, бизнес-услуг, рекламы и обороны. Tractica предсказывает рост рынка ИИ с \$643,7 млн в 2016 году до \$38,8 млрд к 2025 году [8].

Трудно оценить, как получены следующие оценки. Мировой рынок ИИ уже по итогам 2018 года достигнет объёма в \$1,2 трлн, что будет на 70% больше прошлогоднего показателя. Не менее существенный прирост ожидается и в среднесрочной перспективе — к 2022 году вложения в ИИ могут составить почти \$4 трлн [43].

Согласно прогнозам корпорации Huawei, к 2025 году в мире будет насчитываться свыше 40 млрд личных «умных» устройств, а у 90% пользователей устройств будут «умные» цифровые помощники. Коэффициент использования данных достигнет 86%, и сервисы на базе искусственного интеллекта станут привычными и общедоступными [39].

Ключевым драйвером этого рынка является уход всех процессов как в бизнесе, так и в потребительском сегменте в облака, а также рост влияния Интернета, смартфонов, социальных медиа. Акторами этого рынка являются такие крупные корпорации, как NEC, Google, Honeywell, Hitachi и Qualcomm Technologies. Также присутствует множество меньших по размеру игроков, таких как LTU Technologies, Attrasoft, Blippar и SLYCE и таких вендоров, как Catchoom и Wikitude.

Мировой рынок распознавания речи оценен BCC Research в колоссальные \$ 90,3 млрд в 2015 году. Ожидается, что этот рынок вырастет с \$104,4 млрд в 2016 до \$184,9 млрд в 2021 со средними темпами (CAGR) на уровне 12,1% за период 2016–2021гг.

Рынок обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP) оценивается Market And Markets в \$7,63 млрд в 2016 году и вырастет до \$16,07 млрд к 2021, с CAGR на уровне 16,1%. Основными драйверами компания считает возрастающий спрос на более продвинутый уровень пользовательского опыта, рост пользования умными девайсами, рост инвестиций в здравоохранение, растущее применение сетевых и облачных бизнес-приложений и рост M2M-технологий.

ВоА предполагает, что к 2020 году рынок ИИ-решений будет эквивалентен \$153 млрд, из которых \$83 млрд составят роботы и робототехника и \$70 млрд — аналитические решения на основе ИИ.

В результате так называемая «революция роботов», о которой говорят экономисты и аналитики крупнейших банков, позволит мировой экономике повысить производительность на 30% при снижении

производственных затрат на рабочую силу от 18% до 33%. В общей сложности на мировом рынке работает порядка 400 компаний, занимающихся производством робототехники [8].

Гонку за искусственным интеллектом китайцы начали не вчера, а как минимум пятилетку назад — Baidu, Alibaba и Tencent создали центры развития ИИ в это время. Результаты значительные — более 8000 патентов в данной области за 2010-2015 годы. Частный бизнес уже давно участвует в этой гонке [10].

Как видно из приведённых оценок, прогнозы аналитических агентств достаточно пёстрые, с большим разбросом показателей, но с хорошими перспективами роста во всех секторах ИИ.

Основные международные программы и центры разработки

Работами в области ИИ сейчас заняты практически все крупные зарубежные компании, университеты и научные агентства. Существуют списки более тысячи стартапов, работающих в этой области. Лидерами являются такие известные бренды, как Google, IBM, Microsoft, Amazon, Apple, DARPA и др.

Например, огромный скачок в распознавании речи сделала корпорация Microsoft, которая объявила, что её система распознавания речи теперь так же точна, как распознавание речи живым человеком. Довести систему распознавания речи до такого высокого уровня удалось в том числе с помощью метода, разработанного резидентом «Сколково», компанией «ЦРТ-инновации» (группа «Центр речевых технологий») и доложенного на международной конференции Interspeech сентябре 2016 года в Сан-Франциско [8].

При этом корпорации тесно сотрудничают с ведущими университетами: так, в начале сентября 2017г. IBM объявила о заключении 10-летнего соглашения о партнёрстве с университетом на сумму 250 млн долларов. В этих работах будут задействованы более 100 исследователей из обеих организаций, которые будут сотрудничать в продвижении ключевых областей в области ИИ, таких как алгоритмы глубокого обучения, взаимосвязь между машинным обучением и квантовыми вычислениями и применения суперкомпьютера Watson в здравоохранении и кибербезопасности.

Интересный тренд, согласно которому создание решений на базе ИИ станет доступным каждому: Google уже запустил проект «ИИ для всех возрастов» (AIY), первым продуктом которого стал набор для распознавания голоса Voice Kit, а также выпустил на рынок Vision Kit, решение с поддержкой встроенного нейронного процессора. По сути, это наборы «сделай сам», позволяющие обладателям дешёвых одноплатных компьютеров Raspberry Pi самим создавать решения на основе ИИ [33]. Согласно исследованию [38], в США в области искусственного интеллекта работают 2 028 компаний.

В ФРГ «Немецкий исследовательский центр по искусственному интеллекту» (DFKI) — один из крупнейших некоммерческих исследовательских институтов в области программного обеспечения на основе ИИ. DFKI проводит исследования практически во всех областях современного ИИ, в том числе распознавания изображений, управления знаниями, интеллектуальной визуализации и моделирования, многоагентных систем, речевых и неречевых технологий, интеллектуальных пользовательских интерфейсов и робототехники. В настоящее время DFKI ведёт более сотни проектов [38].

По числу компаний, работающих в сфере искусственного интеллекта, Великобритания занимает третье место в мире, являясь лидером в Европе. Её опережают только Израиль, Индия и Канада [38].

Китайские программы развития ИИ базируются на широком финансировании исследовании в университетах, государственной поддержке работ отечественных компаний, создании в КНР совместных с западными странами исследовательских и разрабатывающих центров. Отметим, что 2017 году, согласно отчёту компании СВ Insights, Китай впервые обошёл США по объёму инвестиций в стартапы, разрабатывающие системы искусственного интеллекта. На долю США пришлось 38% мировых инвестиций в ИИ-стартапы, а на долю Китая — 48% [31]. Всего же в Китае около 1 011 компаний, работающих в сфере разработок искусственного интеллекта (второе место в мире) [38].

Состояние работ по ИИ в РФ

Россия вступила в третью волну ИИ с существенным запозданием. Финансированием исследований в области ИИ занимаются Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) и Российский научный фонд (РНФ), однако из-за отсутствия координирования работ финансирование исследований и разработок в целом недостаточное и выглядит лоскутным. Наилучшее положение в России сейчас у разработчиков военных роботов.

В РФ в настоящее время проводятся работы по распознаванию речи, распознаванию лиц и распознаванию образов, системам автономного вождения автомобилей и другим приложениям ИИ. Крупные российские компании уже используют ИИ в целях своего бизнеса. С помощью технологий машинного обучения компания МТС прогнозирует желание абонента воспользоваться тем или иным сервисом. Ему делается предложение ещё до того, как абонент сам обратится к компании за подключением услуги. Это экономит время клиента и одновременно повышает уровень продаж [20].

Банковская отрасль одной из первых начала применять ИИ и продолжает активно развивать это направление. «Сбербанк» совместно с МФТИ разрабатывает проект по использованию технологии ИИ в колл-центре. Задача этого проекта, который называется «Нейроинтеллект iPavlov», — разработка алгоритмов глубинного машинного обучения для создания разговорного ИИ. Данная технологий должна снизить нагрузку на сотрудников и повысить качество работы с клиентами [20].

Компания «Яндекс» разрабатывает ИИ-приложения для оптимизации производства в промышленности. Кроме того, компанией представлен метод машинного обучения CatBoost — это наследник метода «Матрикснет», который применяется почти во всех сервисах «Яндекса» [20].

Компания ABBYY использует технологии ИИ в решении ABBYY FlexiCapture, универсальной платформе для интеллектуальной обработки информации. Она определяет тип документа, извлекает из него данные и отправляет их в информационные системы: в CRM, в учётные системы, в системы управления закупками [20].

Приложения ИИ разрабатываются для роботов и БПЛА: так, например, разрабатывается ИИ для семейства беспилотников "Фрегат", создаваемых группой "Кронштадт". Академическая и вузовская наука проводит отдельные исследования по тематике ИИ, однако масштабные и скоординированные НИОКР по ИИ практически полностью отсутствуют.

Наибольшую озабоченность вызывает состояние обучения когнитивным наукам. По многим из них просто нет квалифицированных преподавателей. Программы обучения катастрофически отстают от потребностей рынка труда.

В целом по стране существует несколько десятков сильных коллективов, занимающихся ИИ. При этом, если годовой объем отечественного рынка ИИ и машинного обучения в 2017 году оценивался отраслевыми экспертами на уровне 700 млн рублей, то уже к 2020 году он может вырасти до 28 млрд рублей [43].

Следует отметить разработки Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» (ФИЦ ИУ РАН) [30]:

EXACTUS EXPERT — система для семантического поиска и анализа качества научных публикаций:

EXACTUS PATENT — для семантического поиска и анализа патентной информации;

EXACTUS LIKE – для обнаружения близких текстов и вычисления степени семантической близости;

TEXT Appliance — информационно-аналитическая система анализа неструктурированной информации.

Главная проблема в том, что в России очень мало фундаментальных хороших исследований «доходят» до готового продукта. Существует разрыв между фундаментальной наукой, которая выжила в «лихие 90-е», и реализацией её наработок в конкретном продукте [12].

Основные направления работ в области ИИ

Работы в области ИИ сейчас ведутся во многих странах и развёрнуты широким фронтом. Они группируются вокруг следующих направлений:

- 1. глубинное обучение. Здесь усилия направлены на существенное сокращение времени обучения нейросети и уменьшение объёма обучающей выборки. В идеале нейросеть должна обучаться в реальном времени, но для этого требуется очень высокая производительность вычислительной системы, поэтому исследуются варианты перенесения ряда функций обработки на периферийные устройства, ближе к источникам поступающих в систему данных.
- 2. Синтез роботом ответов, исходя из того корпуса знаний, который в него загрузили, в привязке к контексту и последовательности слов. Робот должен научиться соотносить поступающую информацию со своей базой знаний и обучаться [32].
- 3. Разработка нейроморфных микросхем и компьютеров на их базе. Такие микросхемы уже выпустили корпорации IBM и Intel. Пока они содержат до 4096 искусственных нейронов и до 256 млн синапсов, но направление весьма перспективно.
 - 4. Продолжатся работы по картрированию мозга человека и моделированию его работы.
- 5. Разработка систем распознавания и понимания речи. Многие сервисы используют речевой интерфейс, требующий хорошего распознавания речи. Наряду с этим важно и понимание сказанного пользователем. В этом плане очень важно понимание такими системами контекста сказанного, поскольку контекст важнейшая часть естественного языка. В этой части исследования также смещаются в направлении разработки систем, способных взаимодействовать с людьми через диалог, а не просто реагировать на стилизованные запросы. Передача поисковым системам и ряду популярных приложений запросов голосом, особенно со смартфонов, уже стала обыденным явлением, и объём таких запросов будет только увеличиваться.
- 6. Развитие интерфейсов мозг—компьютер. Бурно стартовавшие в этом направлении работы сейчас замедлились, но будут продолжены.
- 7. Изучение систем группового поведения роботов и взаимодействия роботов и людей в ходе выполнения каких-либо операций. Усилия исследователей направлены на изучение эффективного разделения задач между людьми и машинами. Это направление важно как для военных роботов, так и для производственной сферы, и для сервисных роботов. Следует отметить постоянный тренд в ИИ возрастающую автономность интеллектуальных систем.

- 8. Внедрение ИИ в Интернет вещей (IoT), Индустрию 4.0 и другие современные направления типа Цифровой экономики, поскольку обработка громадных объёмов данных, генерируемых в таких системах без ИИ, столкнётся с большими трудностями.
- 9. Навигация автономных транспортных средств в среде обитания человека. Это наиболее перспективное с рыночной точки зрения направление должно обеспечить начало широкого внедрения, начиная с 2022—2025 гг., беспилотных автомобилей и автомобилей, в которых действия водителя полностью контролируются системой автономного управления.
- 10. Возможно развитие совершенно нового класса систем типа «человеческий интеллект по требованию», услуги роботов по требованию (RaaS) и т. п.
- 11. Гиперперсонализация услуг. Так как сейчас пользователь постоянно подключён к сети, то на основе его прошлых данных и модели поведения приложения с ИИ должны будут уметь делать предположения о том, какие сервисы ему следует предложить в данных обстоятельствах, какие решения для него будут оптимальны.
- 12. Борьба с эффектом «катастрофического забывания». Когда система с ИИ сталкивается с тем, чему она никогда не была обучена, то без переобучения она постоянно будет повторять одни и те же ошибки. Попытка переобучить сегодняшние системы как раз и приводит к феномену, называемому «катастрофическим забыванием», т.е. к ситуации, когда изучение нового предмета нарушает знание ранее изученных вещей [27].
- 13. Разработка нормативно-правовой базы использования роботов. "Роботы как субъекты права ещё законодательно не оформлены ни в одной стране мира, поскольку для этого нужно официально признать, что робот это не просто вещь, а создание, наделённое, пусть и искусственным, но интеллектом и собственной волей. Поэтому в мире ещё нет законов, которые что-то предписывают либо запрещают роботам напрямую. Перед законодателями стоит отнюдь не простая задача обеспечить баланс между интересами технического прогресса, безопасности общества и государства, потребностями отдельно взятого человека. В Южной Корее в 2008 году приняли «Закон о содействии развитию и распространению умных роботов». В феврале 2017 года Европарламентом принята резолюция Civil Law Rules on Robotics Нормы гражданского права о робототехнике [25].
- 14. Развитие систем распознавания лиц, в частности, по изображениям в тепловизорах, полученным в ночное время [35].
- 15.Ожидания, что в ближайшие годы искусственный интеллект станет реальностью для медицины, в целом не оправдались, хотя есть удачные примеры отдельных решений. Это перспективная область длительных НИОКР.
 - 16.Дальнейшее развитие функциональности речевых помощников. Они станут ещё умнее [42].
- 17. Развитие таких направлений, как понимание текста, рассуждения, основанные на прецедентах и др.
- С общей точки зрения в исследованиях в области искусственного интеллекта сложилось два главных направления: прагматическое и бионическое [46]. Прагматическое основано на предположении о том, что мыслительная деятельность человека представляет собой «черный ящик». Поэтому если результат функционирования системы ИИ сопоставим с результатом, полученным экспертом, то такую систему можно признать интеллектуальной независимо от способов получения этого результата. При таком подходе не требуется создавать в компьютере структуры, аналогичные нейросетям мозга человека. Противоположное направление исследований, бионическое, основано на предположении о том, что если в системе ИИ воспроизвести структуры и процессы человеческого мозга, то и результаты решения задач такой системой будут подобны результатам, получаемым человеком [46]. В этом направлении исследований выделяются:
- нейробионический подход. В его основе лежат системы элементов, способные, подобно нейронам головного мозга, воспроизводить некоторые интеллектуальные функции. Прикладные системы, разработанные на основе этого подхода, называются нейронными сетями;
- структурно-эвристический подход. В его основе лежат знания о наблюдаемом поведении объекта или группы объектов и соображения о тех структурах, которые могли бы обеспечить реализацию наблюдаемых форм поведения. Примером подобных систем служат мультиагентные системы;
- гомеостатический подход. В этом случае решаемая задача формулируется в терминах эволюционирующей популяции организмов — совокупности противоборствующих и сотрудничающих подсистем, в результате функционирования которых обеспечивается нужное равновесие (устойчивость) всей системы в условиях постоянно изменяющихся воздействий среды. Такого рода подход реализован в прикладных системах на основе генетических алгоритмов [46].

По мнению ряда экспертов, текущим разработкам в области ИИ не хватает программно-аппаратных средств физического контакта с окружающим миром для того, чтобы складывалось понимание различия или сходства между виртуальным и реальным мирами. Это направление развивается в робототехнике, например, работы по тактильной поверхности рук роботов.

Тенденции использования систем ИИ в области государственного управления

- 1. Наиболее востребован ИИ в силовых структурах, поскольку позволяет полиции анализировать в городах видео с множества камер и разыскивать преступников. Компьютерные программы способны сами формировать документы для прокуратуры и обвинительные заключения.
- 2. ИИ может оказать серьёзное влияние на контроль и управление дорожным движением в городах. В ряде стран такие работы уже проводятся.
 - 3. ИИ для МЧС. Например, управлять работой пожарных, предсказывать развитие пожара.
- 4. Применение в ИИ в судебной системе. Ассистенты судей. Подготовка стенограмм заседаний судов. Генпрокуратура России в 2018 г. объявила тендер на разработку системы на базе ИИ. Она планирует к 2025 году внедрить инструменты прикладного ИИ, а также обработки больших массивов данных. Цифровизация органов прокуратуры это часть программы «Цифровая экономика», которую правительство России утвердило летом 2017 года. Отметим, что инструменты обработки больших данных и искусственный интеллект уже использует прокуратура Китая -- эти технологии помогают прокурорам находить прецеденты в базе из более чем 20 млн юридических документов и готовить дела к суду [37].
- 5. Анализ социальных сетей, чтобы предотвращать возможные антигосударственные акции радикальных группировок.
- 6. Применение ИИ в образовании отслеживание успехов каждого учащегося, целевая помощь в планировании образования и трудовой карьеры.
- 7. ИИ в системах поддержки принятия государственных решений в экономике и банковской сфере.
 - 8. Другое.

Ключевые вызовы и угрозы развития систем ИИ

Скепсис по поводу безопасного развития искусственного интеллекта (ИИ) подогревается СМИ и отдельными группами исследователей и бизнесменов, в частности, Биллом Гейтсом, Элоном Маском и Стивеном Хокингом.

Популярно утверждение со ссылкой на недавний опрос, проведённый Институтом будущего человека (FHI) из Оксфордского университета в Великобритании, который показал, что «Скайнет» как настоящий искусственный интеллект человеческого уровня может возникнуть около 2028 года. Можно упорно спорить, будет ли это 2028 или 2035-й год или событие перенесётся на более поздний период, однако сама такая возможность вызвала ряд опасений, публичных дискуссий и появление исследований, впрочем, весьма гипотетических. Верно следующее утверждение: «расхождение во взглядах ИИ в основном идёт по временной шкале: различаются оценки скорости движения, а не его направления. Мало кто сомневается, что машины будут все больше и больше превосходить нас в плане способностей, характерных именно для людей, или же смогут усиливать их посредством кибернетических технологий» [22].

Опасение первое: полная зависимость от компьютеров

С каждым днём мир все сильнее и сильнее зависит от компьютеров. Во многих автоматизированных системах решение принимают уже не люди, а компьютеры – люди просто не успевают это сделать. Миллиарды компьютеров и микроконтроллеров (их уже на порядки больше, чем обычных компьютеров) – например, управляющие производственными процессами, системами связи, вооружениями, системами жизнеобеспечения и т.д. – работают автономно, без участия человека. Развитие систем с ИИ приведёт к появлению таких систем в качестве руководителей (менеджеров), которые будут руководить работой сотрудников-людей. Плюсы таких решений очевидны – это рост производительности труда и качества продукции, обеспечение безопасности, повышение комфортности жизни и многое другое. Опасение у экспертов вызывает то, что этот процесс цифровизации продолжается и сейчас речь идёт об Интернете вещей, Индустрии 4.0 (цифровой экономике). Таким образом, незаметная передача машинам возможности принимать решение продолжается, но последствия данного процесса из-за масштаба системы совершенно не просчитаны.

Опасение второе: непредсказуемость

Совершенно очевидно, что технический прогресс приводит к неконтролируемому созданию новых и совершенствованию существующих опасных технологий. Судьба и жизнь множества людей (а может быть, и всего человечества) может зависеть от действий небольших групп учёных и разработчиков. Возник специальный термин для обозначения возможного этапа развития технологий. Технологическая сингулярность — гипотетический момент, по прошествии которого, по мнению сторонников данной концепции, технический прогресс станет настолько быстрым и сложным, что окажется недоступным человеческому пониманию. Основным представителем этой идеи является Рэй Курцвейл, футуролог и изобретатель, автор книги «Сингулярность близко», а ныне технический директор области машинного обучения и обработки естественного языка Google. При этом Курцвейла весьма идеализированно утверждает, что «интеллект по своей природе не поддаётся контролю». Данную концепцию поддерживают далеко не все учёные, утверждая, что развитие технологий происходит по S-кривой и в конце прошлого века началось замедление процесса ускорения.

Переход к принятию решений компьютерами был бы безопасным, но основное опасение заключается в непредсказуемости систем, обладающих самосознанием, а также влиянию на них разного рода случайностей. Это осложняется грядущим неминуемым «интеллектуальным взрывом». Всё дело в потенциальной скорости самоусовершенствования ИИ. Множество разговоров, касающихся ИИ, основано на том, что, обладая способностью к самообучению, ИИ с некоторого момента превращается в искусственный сверхразум, опыта переговоров с которым у человечества нет и, кроме кнопки выключения электропитания, средств воздействия на него также пока не создано.

Опасение третье: Использование боевых роботов

Ссылки на четыре известных закона робототехники писателя-фантаста Айзека Азимова, которым должны подчиняться системы ИИ, вопреки распространённому мнению, не решают проблему. Первоначально этих законов было три, потом добавился четвёртый «Робот не может нанеси вред человечеству». Уже сейчас понятно, что эти законы не будут реализовываться в каждой ИИ-системе, например, в боевых роботах и кибероружии (около 60 стран мира имеет или разрабатывает боевых роботов). Конкретные аргументы против автономных боевых роботов заключаются, например, в том, что он могут игнорировать «белый флаг», означающий намерение сдаться в плен, не смогут достоверно отличить мирных граждан от военнослужащих, что может привести к дополнительным человеческим жертвам при использовании таких роботов во время боевых действий и др.

Призыв – прежде чем развивать технологии, которые рано или поздно приведут к созданию сверхразума, необходимо поставить вопрос об его отношении к человеку и человечеству, – остаётся гласом вопиющего в пустыне – слишком большое преимущество получают государства, внедряющие ИИ в робототехнику, системы оружия, медицину, производство и управление. В последнее время в боевых роботах отрабатываются алгоритмы поведения, использующие ложь и обман. Такие методы помогут им обмануть потенциальных врагов людей и других роботов. Однако при этом возникают этические проблемы, а попадание подобных систем в руки террористов может привести к катастрофическим последствиям.

После того, как Китай провозгласил лидерство в ИИ своим национальным приоритетом, между ведущими мировыми державами началась гонка по развитию ИИ.

Опасение четвёртое: социальные риски

Искусственный интеллект несёт определённые социальные риски — в первую очередь прогнозируемое исчезновение целого ряда профессий (например, водителей, младшего медперсонала и даже журналистов), разобщение людей, а возможно, даже потерю естественных навыков человека. Развитие техники постоянно идет по пути исключения человека из выполняемых им производственных действий. Процессы эти сложные, потому как с исчезновением старых профессий появляются новые, связанные с новой цифровой экономикой, внедрением и поддержанием новой инфраструктуры. Однако в целом потребности в рабочей силе должны сильно уменьшиться, поскольку машины могут заменить человека в большинстве видов активной (не творческой) деятельности. Интеллектуализация, цифровизация и роботизация могут привести как к появлению в обществе социальной напряжённости, так и внедрению мер замедления указанных процессов.

Внедрение компьютерных технологий уже привело к изменению ментальности людей – появлению так называемой клипповости сознания, компьютерной зависимости, уходу в виртуальную реальность и другие негативные явления. В настоящее время трудно оценить глобальные последствия подобных факторов, но не учитывать их нельзя.

Опасение пятое: ошибки в системах ИИ

В различных системах, управляемых ИИ, рано или поздно могут проявляться ошибки, допущенные при их создании. Это, в частности, связано с проблемами машинного обучения, поскольку большинство широко используемых методов машинного обучения далеко от совершенства и очень требовательно к данным. Небольшие изменения входных данных могут привести к крупным и странным изменениям в обнаруживаемых шаблонах [24]. Поскольку жизни людей всё больше доверяются интеллектуальным системам, то проявление ошибок — это только вопрос времени; ошибки будут происходить и при решении ответственных задач, связанных с безопасностью людей. При этом уже сейчас не всегда понятно, каким образом система ИИ выбрала то или иное решение. Для систем с суперинтеллектом такое понимание может оказаться принципиально невозможным, как и исправление ошибочных решений такой системы.

Опасение шестое: использование ИИ криминалом

Искусственный интеллект и алгоритмические средства также могут быть поставлены на службу вредоносным намерениям, включая манипуляцию и киберпреступность. Исследования в этой области открыты, и многие основные инструменты доступны в виде открытого исходного кода, что также затрудняет контроль над распространением ИИ и возможным использованием его злоумышленниками [40].

Сюда же относятся методы обмана ИИ, например с помощью так называемых состязательных атак.

Экзистенциальные риски

У органического мозга есть химические и метаболические пределы, ограничивающие его размер и вычислительную мощность. Поэтому, по мнению отдельных исследователей, «в долгосрочной эволюционной перспективе люди и всё, о чем они когда-либо думали, станут всего лишь примитивной переходной формой, предшествовавшей более глубокому мышлению новой машиноориентированной культуры, простирающейся в отдалённое будущее и далеко за пределы Земли» [22]. Понятно, что подобный сценарий касается достаточно отдалённого будущего при отсутствии развития человеческих рас, и крайне нежелателен.

Кроме рисков со стороны ИИ, существуют риски и для самого ИИ

«На теме искусственного интеллекта сейчас слишком много спекулируют, и в этом кроется серьёзная проблема. Сфабрикованные успехи люди принимают за чистую монету, после чего реальные технологии уже не соответствуют их гиперожиданиям. Сначала робот София ездит по всему миру, якобы самостоятельно отвечая на любые вопросы, хотя на самом деле за неё пишут ответы люди, а потом оказывается, что японский Пеппер, подключённый к суперкомпьютеру Watson, не может ответить на простейший запрос покупателя в магазине. Опять же на волне выступлений Маска об угрозах искусственного интеллекта создаётся впечатление, что умные машины могут захватить нас уже завтра» [32].

Здесь перечислены только основные риски, но список ими не ограничивается. Существует много не решённых к настоящему времени вопросов, например, достойна ли обладать теми же правами, что и человек, машина с ИИ человеческого уровня?

Заключение

Когда-то считалось, что одна из основных философских проблем в области ИИ — возможность или невозможность моделирования мышления человека, т. е. обретёт ли искусственный интеллект сознание? Вопрос уже не совсем гипотетический и очевидно имеющий большое значение для прогнозирования ближайшего будущего человечества, России и большинства жителей планеты Земля. Полувековая история развития ИИ всё больше убеждает нас в том, что принципиальных препятствий на пути достижения такой цели нет. Более того, скорее всего ИИ можно сделать и не на нейросетях. Просто нейросети в некотором плане уже освоенное природой решение.

Литература

- 1. Жданов В.С. Современное состояние и перспективы развития искусственного интеллекта. http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/c1274a3671576d79c325766200406380.
- 2. Ольга Дерюгина. Искусственный интеллект и современное искусство. http://www.colta.ru/articles/art/14931.
- 3. Баррат Джеймс. Последнее изобретение человечества: Искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens. OOO «Альпина нонфикшн», 2015.
- 4. Андрей Иванов. Искусственный интеллект. Текущие достижения и направления развития. https://iot.ru/gadzhety/iskusstvennyy-intellekt-tekushchie-dostizheniya-i-osnovnye-napravleniya-razvitiya.
- 5. И.А. Бессмертный. Искусственный интеллект СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. –132 с.
- 6. Сергей Белов, Валерий Катькало. Дефицит искусственного интеллекта. https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2017/03/21/681987-defitsit-iskusstvennogo-intellekta.
- 7. Дарья Васильева. Тенденции в развитии Искусственного Интеллекта. http://robotoved.ru/iskusstvennii_intellket_development/.
- 8. Искусственный интеллект (ИИ) как ключевой фактор цифровизации глобальной экономики. https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=117544.
- 9. Николай Хижняк. IBM видит искусственный интеллект не как набор обычных алгоритмов. https://hi-news.ru/technology/ibm-vidit-iskusstvennyj-intellekt-ne-kak-nabor-obychnyx-algoritmov.html.
- 10. Дмитрий Мунгалов. Власть над миром: чем закончится гонка за искусственным интеллектом. https://sk.ru/news/b/articles/archive/2017/08/23/vlast-nad-mirom-chem-zakonchitsya-gonka-za-iskusstvennym-intellektom.aspx.
- 11. Дмитрий Демченко. Карта применения технологий искусственного интеллекта: медицина, образование, транспорт и другие сферы. https://vc.ru/p/ai-map.
- Валентин Климов. Мозг терминатора. http://www.atomvestnik.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=207:mozg-terminatora&catid=2&Itemid=133

- 13. Достижения в глубоком обучении за последний год. https://habrahabr.ru/company/mailru/blog/338248/
- 14. Играть на уровне бога: как ИИ научился побеждать человека. https://geektimes.ru/company/mailru/blog/277064/
- 15. Суперкомпьютер IBM Watson: революция в диагностике и терапии рака. http://www.diakonlab.ru/vse_novosti/industry_news/superkompyuter_ibm_watson_revolyuciya_v_diagnostike_i_terapii_raka/
- 16. Что такое глубокое обучение (deep learning)? http://iwtkl.livejournal.com/17828.html
- 17. Опасности искусственного интеллекта. http://senspeople.ru/opasnosti-iskusstvennogo-intellekta/
- 18. IDC: в 2017 году мировой рынок систем искусственного интеллекта вырастет более чем в полтора раза. https://www.computerworld.ru/news/IDC-v-2017-godu-mirovoy-rynok-sistem-iskusstvennogo-intellekta-vyrastet-bolee-chem-v-poltora-raza
- 19. Геннадий Осипов. Искусственный интеллект: состояние исследований и взгляд в будущее. http://www.raai.org/about/persons/osipov/pages/ai/ai.html
- 20. Christina Kretsu. Искусственный интеллект в бизнесе опыт российских брендов. https://vc.ru/25645-ai-business.
- 21. Майер-Шенбергер В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим / Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукьер; пер. с англ. Инны Гайдюк. –М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 240 с.
- 22. Брокман Д. Что мы думаем о машинах, которые думают: Ведущие мировые ученые об искусственном интеллекте / Д. Брокман «Альпина Диджитал», 2015.
- 23. Потопахин В.В. Романтика искусственного интеллекта. М.: ДМК Пресс, 2017. 170 с.: ил.
- 24. Бринк Хенрик, Ричардс Джозеф, Феверолф Марк. Машинное обучение. –СПб.: Питер, 2017. 336 с.: ил. –(Серия «Библиотека программиста»).
- 25. Робот в законе. https://dailyhype.ru/2017/12/05/robot-v-zakone.html
- 26. DARPA даёт 65 млн. долларов на продвинутый самообучаемый ИИ. https://robotics.ua/news/business/6584-darpa_daet_dengi_na_prodvinutyj_samoobuchaemyj_ai
- 27. Системы ИИ в 2018: шесть прогнозов. https://habrahabr.ru/company/it-grad/blog/344590/
- 28. ИИ помог создать функциональный атлас головного мозга дрозофилы. https://nplus1.ru/news/2017/07/14/fruit-fly-brain-mapping
- 29. Как искусственный интеллект поможет спасти планету https://news.rambler.ru/other/39160318-kak-iskusstvennyy-intellekt-pomozhet-spasti-planetu/, 16/02/2018.
- 30. Панов А.И. НИУ ВШЭ. Введение в методы ИИ 28.09.2017. https://cs.hse.ru/data/2017/10/08/1159578493/Slides-IntroToAl-HSE-2017-01-Panov.pdf
- 31. В прошлом году Китай потратил на исследования и разработки \$279 млрд. https://hightech.fm/2018/02/27/279-billion-on-rd
- 32. Нечеловеческая логика: удивят ли нас роботы в 2018 году. http://www.forbes.ru/tehnologii/357621-nechelovecheskaya-logika-udivyat-li-nas-roboty-v-2018-aodu
- 33. 2018-й: Искусственный интеллект перешел в наступление. https://www.if24.ru/2018-iskin-nastupaet/
- 34. Людмила Лесникова. RIAF 2017. Искусственный интеллект в действии. JetInfo №1—2/2018. с. 9—15.
- 35. Анна Шулина. Искусственный интеллект узнает человека в полнейшей тьме. https://www.it-world.ru/it-news/tech/138370.html
- 36. Брокман, Джон. Что мы думаем о машинах, которые думают: Ведущие мировые ученые об искусственном интеллекте»: Альпина нон-фикшн; Москва; 2017, 247 с.
- 37. Андрей Сошников. Генпрокуратура России закупит искусственный интеллект https://www.bbc.com/russian/news-45792998
- 38. Где создают искусственный интеллект: топ-10 стран мира. https://www.vestifinance.ru/articles/108584
- 39. Huawei инвестирует почти \$150 млн в искусственный интеллект https://www.rosbalt.ru/business/2018/10/16/1739355.html

- 40. Искусственный интеллект сверхкомпетентен, но может и ошибаться. http://rus.delfi.ee/projects/opinion/iskusstvennyj-intellekt-sverhkompetenten-no-mozhet-i-oshibatsya?id=84002282.
- 41. Курс «Введение в искусственный интеллект». https://mva.microsoft.com/ru/training-courses/--18227?I=A0IC0FwjE_6511100275
- 42. В каком направлении будет двигаться развитие искусственного интеллекта в 2018 году? https://www.nvidia.ru/object/ai-headed-2018-ru.html
- 43. Сергей Орлов. Технологии искусственного интеллекта становятся мейнстримом. https://www.computerra.ru/232317/tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-stanovyatsya-mejnstrimom/ (9 ноября 2018).
- 44. Сергей Орлов. Искусственный интеллект как оружие массового поражения. https://www.computerra.ru/232167/iskusstvennyj-intellekt-kak-oruzhie-massovogo-porazheniya/ (6 ноября 2018)
- 45. Васин С.Г. Искусственный интеллект в управлении государством. https://cyberleninka.ru/article/v/iskusstvennyy-intellekt-v-upravlenii-gosudarstvom
- 46. Направления исследований в области искусственного интеллекта. http://www.aiportal.ru/articles/other/direction-researches.html.

Пройдаков Эдуард Михайлович, главный аналитик АНО «Модернизация»

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, риски появления суперинтеллекта, рынок систем ИИ.социальный кредит, оценка человеческого капитала, Китай.

Eduard Proydakov, chief analyst of ANO «Modernization"

Keywords: artificial intelligence, machine learning, risks of superintelligence appearance, the market of Al systems.

Abstract

The article gives a brief history of works in the field of artificial intelligence (AI), characterizes the directions of AI, provides an overview of the current state of research and development of AI systems, lists the main trends of research and development in the field of AI, shows the possibilities of using AI systems in public administration.

2.2. СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ – ГОНКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кононенко А.А. генеральный директор ООО «К-консалтинг»

Обзор посвящен актуальной на данный момент теме. Стремительное развитие технологий высокопроизводительных вычислений (НРС) напоминает известную фразу музыканта-виртуоза Ференца Листа, написанную им на полях партитуры: «быстрее, еще быстрее, быстро как только возможно... и еще быстрее». Нормативы производительности для суперкомпьютера менялись неоднократно. В 70-е суперкомпьютеры выполняли сотни миллионов операций в секунду над числами с плавающей точкой (flops, флопс). В середине 80-х был достигнут максимум в 1 гигафлопс, в конце 90-х — 1 терафлопс, а во второй половине 2000-х — 1 петафлопс. Недавно введен в эксплуатацию компьютер с пиковой производительностью в 188 петафлопс. К первой половине 2020-х несколько стран анонсировали выпуск проектов суперЭВМ нового поколения с 1 экзафлопс, а в Китае уже выпущены первые прототипы. Планка поднята очень высоко, но гонка вычислительных технологий продолжается! ...

Введение

Обзор посвящен актуальной на данный момент теме. Стремительное развитие технологий высокопроизводительных вычислений (HPC) напоминает известную фразу музыканта-виртуоза Ференца Листа, написанную им на полях партитуры: «быстрее, еще быстрее, быстро как только возможно... и еще быстрее». Нормативы производительности для суперкомпьютера менялись неоднократно. В 70-е суперкомпьютеры выполняли сотни миллионов операций в секунду над числами с плавающей точкой (flops, флопс). В середине 80-х был достигнут максимум в 1 гигафлопс, в конце 90-х – 1 терафлопс, а во второй половине 2000-х – 1 петафлопс. Недавно введен в эксплуатацию компьютер с пиковой производительностью в 188 петафлопс. К первой половине 2020-х несколько стран анонсировали выпуск проектов суперЭВМ нового поколения с 1 экзафлопс, а в Китае уже выпущены первые прототипы. Планка поднята очень высоко, но гонка вычислительных технологий продолжается!

Термин «суперкомпьютер»

Суперкомпьютер (Supercomputer, CynepЭВМ, Супервычислитель) — специализированная вычислительная машина, значительно превосходящая по своим техническим параметрам и скорости вычислений типовые компьютеры. Строгого определения понятия «суперкомпьютер» не существует. Вокруг этого термина всегда велось много полемики. Шутливая классификация Гордона Белла и Дона Нельсона предлагала считать суперкомпьютером любой компьютер, весящий более тонны. Кто-то даже предлагал считать суперкомпьютером компьютер с ценой от миллиона долларов. Но, так или иначе, ни производительность, ни цена, на даже архитектура не являются однозначными критериями для отнесения вычислителя в ранг суперЭВМ. В общеупотребительный лексикон термин «суперкомпьютер» вошёл благодаря распространённости компьютерных систем Сеймура Р. Крэя (Seymour R. Cray) таких как: CDC 6600, CDC 7600, Cray-1, Cray-2. Крэй и его команда (сначала в составе компании Control Data Corporation, а затем уже после выделения в отдельную компанию Cray Research) разрабатывали вычислительные системы, которые становились основными вычислительными средствами для крупных правительственных, промышленных и академических научно -технических проектов.

Стау Первый

Одним из первых суперкомпьютеров считается Cray-1, созданный в 1976 году. С помощью поддержки векторных операций эта супер -ЭВМ с тактом 12,5 нс (80 МГц) достигала по тем временам невероятной производительности в 133 Мфлопс. В архитектуре Cray-1 были использованы интегральные микросхемы, которые давали такую плотность упаковки логических элементов при высокой надежности, которую невозможно было достичь с помощью транзисторов. Компьютер быстро выполнял и скалярные и векторные вычисления. Обеспечение максимальной производительности достигалось за счет специальных процессорных устройств (сопроцессоры, скалярные и векторные процессоры, независимые процессоры ввода-вывода и пр.); сверхбыстрой памяти, векторных регистров команд, специализированного периферийного оборудования. Центральный процессор Cray-1 состоял из 500 печатных плат, на каждой из которых с обеих сторон располагалось по 144 микросхемы, которые охлаждались фреоном.

Уникальность инженерной конструкции вычислительного комплекса заключалась в том, что для лучшего охлаждения и циркуляции фреона в охладительной системе центральный процессор был выполнен в виде «башни» с 12 колоннами, составленными в форме подковы (или в виде буквы «С»), а система охлаждения была расположена в ее основании.

В 1978 году для Cray-1 был выпущен стандартный пакет программного обеспечения, состоящий из трех главных продуктов: операционная система COS (позднее UNICOS); Cray язык ассемблера (CAL); Cray Fortran (CFT), первый компилятор Fortran с автоматической векторизацией.

Историческая хроника супер ЭВМ

Конечно, к первым сверхпроизводительным компьютерам можно отнести и разработанный учеными из Пенсильванского университета в середине 40-х «электронный мозг» ENIAC, мощностью 500флопс. Или вспомнить про созданную в 1952 году в нашей стране БЭСМ и ее известного потомка БЭСМ-6. И все-таки, эпоха «настоящих суперов» началась в середине 70-х ярким появлением векторноконвейерного Cray-1. В тот момент его конкурентами являлись такие машины, как START-100 и Cyber 76 комании CDC, ILLIAC IV компании Burroughs, IBM 70/195, STARAN компании Goodyear Aerospace и Hypercube компании IMS Associates.

В 80-е годы появилось много небольших компаний, занимающихся созданием высокопроизводительных компьютеров, однако затем большинство из них оставили эту сферу деятельности. На сегодняшний день суперкомпьютеры являются уникальными вычислительными системами, разрабатываемыми известными игроками компьютерного рынка, такими как IBM, Hewlett-Packard, Intel, NEC, Fujitsu и, конечно же, ставшим легендарным брендом «Cray».

Большинство первых суперкомпьютеров оснащались векторными процессорами, и несколько параллельно работающих векторных процессоров практически стало стандартным суперкомпьютерным решением. Конец 80-х и начало 90-х годов охарактеризовались сменой магистрального направления развития суперкомпьютеров от векторно-конвейерной обработки к большому и сверхбольшому числу параллельно соединённых скалярных процессоров. Массивно-параллельные системы стали объединять в себе сотни и тысячи отдельных процессорных элементов, причём ими могли служить не только специально разработанные, но и серийные процессоры.

В конце 90-х годов высокая суперкомпьютерных решений и нарастающая потребность в доступных вычислительных ресурсах привели к широкому распространению компьютерных кластеров. Эти системы характеризует использование отдельных узлов на основе дешевых и широко доступных компьютерных комплектующих для серверов при помощи мощных коммуникационных систем и специализированных программно-аппаратных решений. Кластеры довольно быстро заняли достаточно большой сегмент суперкомпьютерного рынка, обеспечивая высочайшую производительность при минимальной стоимости решений.

В настоящее время основной акцент делается на увеличение числа микропроцессоров, работу с распределенной памятью, повышение степени пераллелизма программ, применение графических ускорителей, создание суперкомпьютерных платформ с предоставлением облачных сервисов, а также, разумеется, поиск новых системно-технических решений.

Архитектуры супервычислителей

Далее мы будем говорить о современных архитектурах высокопараллельных многопроцессорных вычислительных систем. Основной принцип параллельной обработки данных означает одновременное выполнение нескольких операций. При этом традиционно принято различать два способа обработки: параллельную и конвейерную (постадийную).

Параллельные векторные системы (PVP). Основным признаком PVP-систем является наличие специальных векторно-конвейерных процессоров, в которых предусмотрены команды однотипной обработки векторов данных, эффективно выполняющиеся на конвейерных функциональных устройствах. Как правило, несколько таких процессоров работают одновременно над общей памятью в рамках многопроцессорных конфигураций. Либо несколько таких узлов могут быть объединены с помощью коммутатора. Классическим примером компьютеров с такой архитектуры являются большинство машин Cray.

Симметричные мультипроцессорные системы (SMP) с общей памятью. Система состоит из нескольких однородных процессоров и массива общей памяти (обычно из нескольких независимых блоков). Все процессоры имеют равноправный доступ к памяти с одинаковой скоростью. Процессоры подключены к памяти либо с помощью общей шины (Front Side Bus), либо с помощью коммутатора. Аппаратно поддерживается когерентность кэшей. Для SMP-систем существуют сравнительно эффективные средства автоматического распараллеливания. Преимущества: программирование в универсальной модели общей памяти не требует какого-либо дополнительного кода или существенных изменений кода.

Массивно-параллельные системы (MPP) с распределенной памятью. Система состоит из однородных вычислительных узлов, включающих: один или несколько центральных процессоров; локальную память (прямой доступ к памяти других узлов невозможен); коммуникационный процессор или сетевой адаптер; иногда — жесткие диски и/или другие устройства ввода/вывода. Большинство массивно-параллельных систем создаются на основе мощных процессоров с архитектурой RISC (с ограниченным набором команд). Узлы связаны через коммуникационную среду. Программирование в рамках модели передачи сообщений (Message Passing Interface). Преимущества: гибкая масштабируемость, оптимальность конфигурации.

Системы с неравномерным доступом к памяти (NUMA). Система состоит из базовых модулей, состоящих из небольшого числа процессоров и блока локальной памяти. Модули объединены с помощью высокоскоростного коммутатора. Поддерживается единое адресное пространство, аппаратно поддерживается доступ к удаленной памяти, т.е. к памяти других модулей. При этом, доступ к локальной памяти в несколько раз быстрее, чем к удаленной.

Если на аппаратном уровне поддерживается когерентность кэшей во всей системе, говорят об архитектуре cc-NUMA. Примером машин с такой архитектурой является суперкомпьютер ASCI.

Кластерные системы. Кластер – это набор узлов, объединенных 2D или 3D сетью. Вычислительный узел (computational node) формируется из нескольких процессоров, традиционных или векторно-конвейерных, и общей для них памяти. Также внутренняя структура узлов может быть одинаковая (гомогенные кластеры) или разная (гетерогенные кластеры). Обычно кластер имеет как минимум один головной узел и отдельные узлы для файловой системы. Для связи узлов используется одна из стандартных сетевых технологий (Fast/Gigabit Ethernet, Myrinet) на базе шинной архитектуры или коммутатора. Плюсы кластерных систем — повышенная отказоустойчивость и более эффективная масштабируемость. По кластерному принципу построены некоторые модели суперкомпьютеров от IBM. Правда для современных задач требуется иная архитектура, которую можно назвать дата-центричной (data-centric), то есть ориентированная не только на скорость счета, но и на эффектность работы с большими объемами данных.

Оригинальным направлением в архитектруре супер ЭВМ являются квантовые вычислительные системы — устройства, использующие явления квантовой суперпозиции и квантовой запутанности для передачи и обработки данных. Такие устройства оперируют кубитами (квантовыми битами), которые могут одновременно принимать значение и логического ноля, и логической единицы. Поэтому с ростом количества использующихся кубитов число обрабатываемых одновременно значений увеличивается в геометрической прогрессии. Фазовый кубит был впервые реализован в лаборатории Делфтского университета и с тех пор активно изучается. Квантовые компьютеры производятся, например, Microsoft и D-Wawe System.

Сферы применения

В основном, суперкомпьютеры применяются в научных исследованиях, а также в областях, связанных с интенсивными вычислениями, а именно:

- физика плазмы и статическая механика;
- молекулярная и атомная физика;
- газовая динамика и теория турбулентности;
- астрофизика, космические исследования;
- метеорология, изучение и моделирование климатических, атмосферных явлений, в том числе долгосрочный прогноз погоды;
 - ядерная энергетика, моделирование ядерных испытаний;
 - квантовая химия, химия твердого тела;
 - молекулярная динамика, теория поверхностных явлений;
 - генетика, анализ и расшифровка ДНК;
 - сейсморазведка, обработка сейсмических данных;
 - геопространственная разведка в нефте- и газодобывающей промышленности;
 - моделирование прототипов и креш-тестов в автомобилестроении;
 - проектирование сложных электронных устройств;
 - фармакология и синтез новых лекарственных материалов;
- обеспечение государственной безопасности, в том числе кибербезопасности, анализ военнополитических процессов;
 - имитационное, ситуационное моделирование и поддержка принятия решений;
 - визуализация и виртуальные среды, распознавание изображений, рендеринг, речевой синтез;
 - искусственный интеллект;
 - анализ больших объемов данных.

Рейтинг производительности

Рейтинг Тор500 производительности суперкомпьютеров составляется дважды в год по результатам выполнения теста Linpack – решению методом Гаусса системы линейных уравнений с плотно заполненной матрицей коэффициентов. Производительность определяется как количество "полезных" вычислительных операций над числами с плавающей точкой в расчете на 1 секунду. Число выполненных операций с плавающей точкой оценивается по формуле 2n 3/3 + 2n2 (n – размер матрицы, обычно n=1000). Постепенно данные, собранные для рейтинга, обеспечили возможность выявления технологических и архитектурных тенденций в области высокопроизводительных вычислений. (Ниже, говоря о производительности суперкомпьютеров, мы будем иметь в виду параметр полученной на тестах максимальной производительности Rmax, в отличие от теоретической пиковой производительности Rpeak.) Первая восьмерка лучших выглядит в данный момент следующим образом:

- 1.Summit (США). В июне 2018 г. в Национальной лаборатории Ок-Ридж в штате Теннесси введен в строй новый суперкомпьютер с производительностью 122,3 петафлопс. Он разработан компанией IBM совместно с производителем графических процессоров NVIDIA. Суперкомпьютер Summit состоит из 4608 серверов, на каждом из которых установлено по два 22 -ядерных процессора IBM Power9, и обладает более чем 10 петабайтами оперативной памяти. Стоимость разработки около 200 млн. долларов. Вычислительная система оптимизирована для работы с искусственным интеллектом, анализа больших массивов данных, разработки новых типов материалов.
- 2.Sunway TaihuLight (Китай). Производительность 93 Пфлопс позволила Sunway два последних года лидировать в списке. Суперкомпьютер расположен в национальном суперкомпьютерном центре в Уси, рядом с озером Тайху. Многоядерные RISC-процессоры китайского производства серии ShenWei, количество процессоров более 40 тысяч, общее количество ядер более 10,5 млн. Работает под управлением операционной системы Sunway Raise OS на базе Linux. Предназначение сложные расчеты в медицине, производстве, добывающей промышленности и анализа больших данных.
- 3. Sierra (США) был создан компанией IBM по заказу правительства США. Расположен в Ливероморской лаборатории. Производительсность 71,6 петафлопс. Состоит из 4320 серверов, каждый из которых имеет по два процесосора IBM Power9 и четыре ускорителя NVIDIA Tesla V100, интерконнект Mellanox. Общее количество ядер более 1,57 млн. Компьютер используется при решении задач ситуационного моделирования, визуализации и искусственного интеллекта.
- 4. Тіаnhe-2A (Китай) был сконструирован по инициативе китайского правительства. Производительность: 61,45 петафлопс. Разработанный Оборонным научно-техническим университетом Народноосвободительной армии КНР и компанией Inspur этот «Тяньхэ» («Млечный путь») состоит из 16 тысяч узлов с общим количеством ядер в 3,12 миллиона. Применяются ускорители Matrix 2000. Оперативная память этого комплекса, занимающего 720 квадратных метров, составляет 1,4 петабайт, а объем запоминающего устройства 12,4 петабайт.
- 5. АВСІ (Япония). Разработанный компанией Fujitsu и расположенный в Национальном институте передовой науки и технологии, производительностью 19,88 петафлопс является единственным японским суперкомпьютером в первой десятке супервычислителей. Система включает 1088 серверов Fujitsu Primergy CX2570, в каждом из которых по 2 процессора Intel Xeon Gold и 4 графических процессора NVIDIA Tesla V100. Архитектура VIDIA Volta и ускоритель Tesla V100 требуют жидкостного охлаждения (при этом Fujistu применила интересный подход охлаждение горячей водой). Суперкомпьютер используется для исследований в области искусственного интеллекта, робототехники, автопилотируемых автомобилей и медицины.
- 6. Piz Daint Cray XC30 (Швейцария). Самый мощный суперкомпьютер в Европе производительностью (после обновлений) 19,59 петафлопс установлен в Швейцарском национальном суперкомпьютерном центре (CSCS) в Лугано. Собран на базе 12 ядерных процессоров Xean E5-2690 и ускорителей NVIDIA Tesla P10. Всего задействовано 362 тысяч ядер. Piz Daint, названный так в честь альпийской горы, был разработан компанией Cray и принадлежит к семейству XC30. Piz Daint применяется для различных исследовательских целей, например, компьютерного моделирования в области физики высоких энергий.
- 7. Тіtan Cray XK7 (США) с производительностью 17,59 петафлопс компьютерный кластер под маркой компании Cray находится в Национальной лаборатории Оук-Ридж. Архитектура Titan состоит из 560 тысяч процессорных ядер и ускорителей вычислений Vidia Tesla K20X. Объем оперативной памяти 0,71 петабайт. По большей части мощности Титана используются для программы Министерства энергетики США Innovative and Novel Computational Impact on Theory and Experiment program (INCITE), а также нескольких выбранных перспективных проектов: моделирование поведения нейтронов в самом сердце ядерного реактора, прогнозирование глобальных климатических изменений на ближайшие несколько лет и др.
- 8. Sequoia (США). Мощнейший из суперкомпьютеров семейства IBM Blue Gene/Q (производительность: 17,17 петафлопс; 96 стоек; 1,57 миллионов процессорных ядер; оперативная память 1,57 петабайт), расположен в США в Ливерморской национальной лаборатории. IBM разработали Sequoia для Национальной администрации ядерной безопасности (NNSA), которой требовался высокопроизводительный компьютер для вполне конкретной цели моделирования ядерных взрывов. Мощности суперкомпьютера использовались для решения и других задач. Кластеру удалось поставить рекорды производительности в космологическом моделировании, а также при создании электрофизиологической модели человеческого сердца.

Суперкомпьютеры в нашей стране

Ломоносов-2, входящий в первую сотню рейтинга с производительностью 2,48 петафлопс, построен компанией «Т-Платформы» для МГУ им. М.В.Ломоносова и установлен в НИВЦ МГУ. Система состоит из 1280 узлов на базе процессоров Intel Skylake и ускорителей Nvidia Pascal P100. Общее количество ядер более 64 тысяч. Управляющие, вычислительные и коммутационные модули A-Class охлаждаются горячей водой с температурой до +45°C. На суперкомпьютерах Московского государственного университета работают около 2500 пользователей из 20 подразделений МГУ, более 100 институтов РАН,

более 100 университетов России, решая задачи по магнитной гидродинамике, гидро- и аэродинамике, квантовой химии, сейсмике, моделировании лекарств, геологии и науке о материалах, криптографии.

Группа компаний «РСК» установила МВС-10П МП на основе массивно-параллельной архитектуры RSC PetaStrem в Межведомственном суперкомпьютерном центре PAH. Система расширила вычислительные ресурсы МЦС, основу которых составляет система МВС-10П на безе кластеров «РСК Торнадо» увеличила суммарную производительность до 0,6 петафлопс.

Также достойны упоминания и совместные государственные программы союзного государства России и Беларуси по развитию суперкомпьютеров «СКИФ» (2000—2003гг, 2007—2010гг, 2011—2014гг). По состоянию на 2010 год, 8 компьютеров России, попадавших в Тор500, относились к семейству СКИФ. Несколько систем входит в Топ50 суперкомпьютеров СНГ, включая СКИФ МГУ и СКИФ Аврора, разработанный при участии Института Программных Систем РАН.

Статистика распределения в мире

- Китай 206;
- США 124;
- Япония 36;
- Великобритания 22;
- Германия 21;
- Франция 18;
- Нидерланды 9;
- Ю.Корея 7;
- Ирландия 7;
- Канада 6;
- Австралия 5;
- Индия 5;
- Италия 5;
- Россия 4;
- другие страны 25.

(Представлены данные рейтинга Тор500 на июнь 2018г.)

Заключение

Тенденции дня сегодняшнего свидетельствуют о том, что в ближайшем будущем нас ожидает этап концентрации информационных ресурсов в больших вычислительных центрах или центрах обработки данных нового поколения. (Подробнее – см. статью в журнале ЦЭ «Центры обработки данных нового поколения – взгляд на горизонт»).

Поэтому, не менее актуальным является проблема быстрой интеллектуальной обработки больших массивов данных, с которой помогут справиться именно суперкомпьютеры. К сожалению, в этом процессе Россия пока сильно отстает от лидеров (см. выше распределение суперкомпьютеров по странам). В самое ближайшее время нам предстоит решить несколько важных задач, а именно:

- 1) Разработка отечественного компьютера с производительностью в сотни и тысячи петафлопс.
- 2) Разработка и применение новой технологии компьютерного конструирования на универсальных вычислительных элементах (совмещение функций процессора и хранения информации или «активная память» по удачному выражению основателя ВЦ РАН академика А.А. Дородницына).
- 3) Разработка отечественных высокоскоростных магистральных сетей передачи данных для объединения суперЭВМ.
- 4) Разработка и развитие средств параллельного программирования: коммуникационные интерфейсы, параллельные языки и расширения языков.

Ключевые слова: дата-центр, информационные ресурсы.

Kononenko A.A. Data centers of new generation – a view of frontier.

Keywords:data-center, information resources.

Abstract

The world, as is known, develops in a spiral. And logically, we are waiting for the stage of concentration of information resources in the near future. The centers of the expected concentration are large data centers or data centers of a new generation. We analyze the main trends and some aspects of this topic in this essay.

3. РЕЦЕНЗИИ

3.1. ОТЗЫВ НА КНИГУ А. Прохоров, Л. Коник ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ. АНАЛИЗ, ТРЕНДЫ, МИРОВОЙ ОПЫТ

Пройдаков Э.М., главный аналитик АНО «Модернизация».»

Книги на тему цифровой трансформации сейчас необычайно востребованы. Информационные и компьютерные технологии за исторически очень короткий срок — всего за 70 лет с начала работ над первыми серийными компьютерами, в те годы ещё ламповыми, — кардинально изменили жизнь общества, способы ведения бизнеса, промышленное производство. Трудно сказать, что уцелело под их натиском. Разумеется, эти технологии принесли с собой не только многочисленные удобства и выгоды, но и существенные риски, говорить о которых также необходимо.

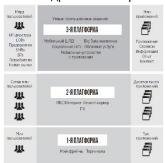
Тема цифровой трансформации необычайно широка. Она охватывает самые разные технологии, процессы и явления — такие, как развитие компьютерных сетей, облачные вычисления, Большие данные, искусственные интеллект, социальные сети и многие другие. Поэтому перед авторами стояла очень непростая задача: в доступной форме для широкой аудитории описать всё, что связано с явлением, названным цифровой трансформацией. На мой взгляд, им это удалось. Во всяком случае, считая себя ИТ-экспертом, я, читая рукопись этой книги, почерпнул для себя немало интересного.

Много внимания в книге уделено экономической стороне вопроса, описан опыт передовых стран, который может быть воспринят и переработан для отечественных условий. «Какие технологии определяют цифровую трансформацию? Есть ли общий рецепт для предприятия, отрасли, страны — как преуспеть на этом пути? На каком этапе развития цифровой экономики находятся разные страны? Какой опыт мог бы быть полезен для России?» -- на эти вопросы и попытались дать ответ в своей книге авторы.

Следует ещё раз подчеркнуть своевременность появления книги Александра Прохорова и Леонида Коника. Необходимость цифровой трансформации с изрядной долей задержки наконец-то воспринята и руководством страны, эта тема стала ведущей в программных документах различных органов власти, однако для реального воплощения в жизнь новых идей и технологий необходимо ознакомить с ней в первую очередь широкие массы специалистов разных профилей, иначе всё это так и останется на уровне разговоров.

Если ещё в прошлом веке развитие технологий можно было с хорошей точностью прогнозировать на 15—20 лет, то сейчас это уже крайне сложно сделать. Горизонт уверенного прогноза в области цифровых технологий уменьшился до 5—7 лет, а длительные прогнозы делать вообще чрезвычайно трудно. Поэтому тема, рассмотренная в книге авторами, требует постоянного мониторинга и анализа. Полагаю, что года через три назреет необходимость второго издания данной книги, в котором будет дана глубокая аналитика изменений в экономике и социуме, которые повлекла за собой цифровая трансформация.

Поздравляю авторов с выходом книги, желаю им на этом не останавливаться и продолжить работу.



subject of this study.

<u> Цифровая трансформация – Анализ, тренды,</u> мировой опыт – Александр Прохоров — Ridero

В книге рассмотрены технологии, на которых базируется цифровая экономика. Материал адресован тем, кто хочет разобраться с основными направлениями цифровой трансформации на уровне концептуальных понятий, проследить, как новые цифровые технологии меняют бизнес на уровне стран, отдельных индустрий и компаний.

https://ridero.ru/books/cifrovaya_transformaciya/

4. МНЕНИЯ

4.1. В АРХИТЕКТУРЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ МЫ БЫЛИ И ОСТАЕМСЯ ПЕРВЫМИ

Бабаян Б.А.

Член-корреспондент РАН, директор по архитектуре подразделения Core and Visual Computing Group корпорации Intel, Intel Fellow.

Настоящая статья сформирована из высказываний Бориса Арташесовича Бабаяна и одобрена им, а потому подается как его авторский текст. Большая часть вошедших в статью высказываний взята из аудиозаписи разговора между ним и группой сотрудников журнала (А.Н. Козырев, И.В. Неволин, Н.В. Ноакк) 23.09.2018. Реплики других участников разговора вставлены как врезки в текст статьи. Также врезками даны справки о людях и фактах, упоминаемых в данном разговоре без пояснений. Готовясь к этому разговору, мы составили список вопросов, которые предполагали задать выдающимся разгработчикам отечественной вычислительной техники, а также изучили более ранние интервью и высказывания Б.А. Бабаяна, связанные с историей факультета радиотехники и кибернетики МФТИ. Отсюда возникла идея — на основе всего сказанного подготовить статью для журнала «Цифровая экономика».

Первый студент МФТИ

Иногда хвалюсь тем, что я, наверно, – первый студент Физтеха, поскольку поступил на Физтех в 1951 году. Более того, я думаю, что этот факультет Физтеха был первым факультетом по вычислитель-



Студент Б.А. Бабаян(слева) в студенческом лагере. 1973г.

ной технике в мире. Сначала я был студентом ФТФ МГУ, а потом этот факультет выделился из МГУ и стал самостоятельным вузом. Еще я все время вспоминаю работу с Сергеем Алексеевичем Лебедевым.

В 1952 году я начал проходить учебную практику в ИТМиВТ АН СССР. Мы с коллективом работали в ИТМиВТ до начала 90-х, пока границы не открылись, и немного после¹. В Intel мы перешли уже в 2004 году. И работа над вычислительными комплексами (Эльбрусами) – это великолепное время, мы очень много сделали тогда. Были значительно впереди зарубежных работ. Но и сейчас в московском офисе Intel большинство – выпускники Физтеха. Они

участвуют в выполнении важнейших интеловских проектов. И в Америке в Intel «физтехов» много.

«Физтехи» уезжают, уезжают, уезжают и оседают по всему миру. Как-то сидим в Сингапуре, едим китайские пельмени и рассуждаем, где там можно работать. В Австралии появилась ставка, в Сеуле... и кто-то говорит: «Ну прямо как раньше в общежитии Физтеха». А.Н. Козырев.

-

¹ Справка. Сергей Алексеевич Лебедев – разработчик первых вычислительных машин в Советском Союзе и основатель советской компьютерной индустрии. С.А. Лебедев внес основополагающий вклад в становление и развитие вычислительных наук в бывшем СССР. Им разработаны главные принципы построения и структура универсальных электронных цифровых вычислительных машин, организована работа коллективов разработчиков высокопроизводительных ЭВМ, промышленное производство этих ЭВМ и их внедрение, подготовка кадров. С.А. Лебедева называют "отцом вычислительной техники" в СССР.

В 1951 году я поступил в МФТИ, а в 1954 году я сделал свою первую важную студенческую работу. Я разработал арифметику с сохранением переноса (carry save arithmetic) — умножение, деление и извлечение корня квадратного без последовательных переносов и в 1955 году доложил о ней на открытой

конференции. Первая западная публикация по этой теме появилась только в 1956. Сергею Алексеевичу очень понравилась моя работа. Этот метод один из двух, второй метод — умножение на несколько разрядов — предложил Робертсон (J.E. Robertson). Он в 1958 году был в Москве, и мы с ним встречались. С тех пор до настоящего времени эти два метода умножения и деления, один мой, второй Робертсона, составляют основу всей вычислительной арифметики. Конечно, весь мир не от меня знает это, но мое решение было публично доложено на конференции в Физтехе раньше всех. До сих пор никто ничего не сделал лучше. Как можно говорить, что Запад нас обогнал. Мы реализовали технологию полностью защищенных вычислений со строгой функциональностью в 1978 г., чего Запад не смог сделать до сих пор.

Расскажу историю с Лебедевым. Как я уже сказал, в 1951 я поступил в МГУ на физфак, а в 1952 сразу после первого курса мы с физфака МГУ (ФТФ МГУ) пришли на практику в ИТМиВТ. Я хорошо все помню, БЭСМ-1 еще не работала², у пульта сидел Сергей Алексеевич Лебедев, он всегда сидел на стуле, поджав одну ногу под себя, это его любимая поза. И он нам сказал тогда — эта БЭСМ еще не работает, а следующую машину мы будем делать вместе. И действительно, следующую машину мы вместе делали. Была линия БЭСМ, а была линия для систем реального времени, одна из этих машин М-40³.



С.А. Лебедев

Ее делали мы. Кстати говоря, M-40 — это первая машина, где была реализована моя быстрая арифметика (carry save arithmetic). ИТМиВТ разработал M-40 в 1957 году. Это ламповая машина, но именно там была использована разработанная мной арифметика. Арифметическое устройство в то время составляло основную часть машины. И в 1961 году эта машина участвовала в первом в мире успешном противоракетном испытании.

Расскажу один эпизод, это может быть интересно. Как работала эта ламповая машина? Мы утром приходили, включали ее, находили приблизительно 40 неисправных блоков, заменяли их, после чего машина начинала работать. На озере Балхаш около поселка Сары-Шаган размещался полигон для отработки системы противоракетной обороны, а ракеты запускали с Волги (с полигона «КапЯр» – Капустин Яр). Целый день мы готовились, проводили тесты. И вот объявляется 1-часовая готовность, 5-минутная готовность – все великолепно, все готово. Центральное управление дает пуск. Баллистическая ракета запущена. Она летит 12 минут. Как только ракета полетела, почти мгновенно (через несколько секунд или через одну минуту) взорвалась лампа. Я все время смеюсь, что сейчас найти ошибку в кристалле очень трудно. А тогда было легко, взорвалась лампа, мы тут же ее заменили. А ракета летит Тесты все провели, и все, заработала машина, мы сбили ракету. Вывели данные, тогда дисков не было, просто печать на бумагу, и тут взорвалась вторая лампа. Если бы мы не успели вывести данные на печать, то этот результат пуска пропал бы. Вот такая это была надежность. Поэтому делая следующую ЭВМ 5Э926 – она была полупроводниковая – мы уже сильно озаботились надежностью.

Мы сделали машину, в которой все одиночные сбои обнаруживались аппаратурой, и машина автоматически перезапускалась. Машина оказалась довольно надежной, в среднем только 4-8 отказов в год. Это было не особенно нужно, но мы отработали полностью эту технологию абсолютно надежной машины. В то время в СССР многие коллективы делали разные машины, а потом стали копировать американские ЭВМ серии IBM/360, что не очень хорошо. Расчет был на то, что можно будет использовать зарубежное программное обеспечение — и в СССР наступит расцвет вычислительной техники. Этого, конечно, не произошло. Потому что после того, как все разработчики были собраны в одно место, творчество закончилось. Нужно было просто угадать, как сделаны западные, в действительности, уже устаревшие вычислительные машины. Передовой уровень известен не был, передовыми разработками не занимались, была надежда на то, что хлынет матобеспечение Вскоре стало ясно, что матобеспечение не хлынуло, заимствованные куски не подходили друг к другу, программы плохо работали. Все приходилось переписывать, а то, что доставали, было древнее, плохо работало.

Сергею Алексеевичу предлагали копировать IBM/360, он отказался и резко выступил против такого варианта в пользу разработки ЭВМ четвертого поколения совместно с английской фирмой ICL. Свою позицию он изложил на совещании в Минрадиопроме в декабре 1969 года.

Все наши успехи – это фактически потрясающий результат этого гениального решения Лебедева.

³ Описание и технические характеристики см. http://www.computer-museum.ru/histussr/m40.htm

² http://www.computer-museum.ru/histussr/29-3.htm

«Система IBM/360 — это ряд ЭВМ десятилетней давности. Создаваемый у нас ряд машин надо ограничить машинами малой и средней производительности. Архитектура IBM/360 не приспособлена для больших моделей (супер-ЭВМ). Англичане хотят конкурировать с американцами при переходе к ЭВМ четвертого поколения. Чем выше производительность машины, тем в ней больше структурных особенностей. Англичане закладывают автоматизацию проектирования. Система математического обеспечения для "Системы-4" динамична, при наличии контактов ее вполне можно разработать. Это будет способствовать подготовке собственных кадров. Их лучше обучать путем разработки собственной системы (совместно с англичанами)». Из стенограммы совещания 1969г.

И все же победила другая точка зрения, приведшая нашу страну ко все большему отставанию в области вычислительной техники, а Сергей Алексеевич стал разрабатывать вычислительные комплексы (Эльбрус). Это был выдающийся человек.

Эльбрус, или Эль-Борроуз

В середине семидесятых годов прошлого века, когда создавался Эльбрус-1, среди разработчиков про-



ЭВМ Эльбрус-1

граммного обеспечения была в ходу шутка, когда вместо Эльбрус говорили Эль-Борроуз. Автором такого произношения был Лев Николаевич Королев – основной разработчик операционной системы для БЭСМ-6.

Когда мы начинали разрабатывать первый Эльбрус, мы не думали о безопасности вычислений, Такой проблемы тогда не существовало. Мы занялись строгой функциональностью архитектуры, чтобы поддержать языки высокого уровня. В то время, в 72-ом году, считалось, что программирование высокого уровня обеспечивалось такими языками, как Algol и Fortran, которые были вынуждены ориентироваться на существующие архитектуры для обеспечения достаточной производительности вычислений. Следовательно, чтобы под-

держать существующие языки в новой машине, нам фактически пришлось бы ориентироваться косвенно, через языки, на существующие архитектуры. Это было бы в корне ошибочно.

В то время уже существовали машины с поддержкой языков высокого уровня, но базировались они на этом ошибочном подходе. Например, фирма Burroughs выпускала машину, исполнявшую расширенный Алгол (Extended Algol). Типы данных реализовывались через теги, хранящиеся в памяти вместе с данными. Использование тегов было хорошей идеей, и мы позаимствовали её у Burroughs. Но то, как они использовали эти теги, было просто недоразумением. С помощью тегов Burroughs поддерживала на аппаратном уровне статические типы, что можно делать (и делается) в значительной степени и без тегов. В Burroughs это работало так: каждой используемой ячейке памяти жестко приписывался некоторый тип. Эта информация применялась для автоматического преобразования данных во время их записи в память. Если, например, вещественное число сохранялось в область памяти, отмеченную тегом целого числа, то машина динамически превращала вещественное в целое перед тем, как осуществить запись. Это соответствовало семантике Алгола, ориентированного на старые архитектуры.

Функционально правильное решение, исполненное в Эльбрусе, связывает тип данных, описываемый тегом, не с памятью, где эти данные находятся, а с самими данными. В любую ячейку памяти (или в регистр) могут записываться данные любого типа вместе с тегом, описывающим тип этих данных.

Это единственно правильное решение (динамические типы данных), и оно реализовано в Эльбрусе.

Burroughs — это гениальная фирма, они сделали очень много нового, но мы их идеи значительно развили. Они придумали теги, они первыми сделали дескриптор, стек, очень много всего, но они совсем не обеспечили защищенность. Они создали объектно-ориентированные языки программирования. Мы много с ними взаимодействовали, и взаимопонимание у нас было полное. Конечно, мы их опередили, они сделали машины Burroughs, которые, не обеспечивали защищенность вычислений. Тогда это не очень важно было. А мы сделали машину, которая была быстрой и имела полную защищенность. Это значительно более мощный результат. Но надо отдать должное Burroughs, они пионеры, они гораздо раньше многое получили, но они фактически не довели дело до конца. Поддержав существующие статические языки, Burroughs, по сути, поддержала старую аппаратуру, потому что именно на неё были ориентированы статические языки. Разрабатывая новую архитектуру, Burroughs в итоге ориентировалась на старые машины. К тому же теги можно было менять на ходу в непривилегированном режиме,

что тоже большая ошибка. Я еще раз повторю, Burroughs — это выдающаяся фирма, так как они — пионеры, но мы осуществили дальнейшее развитие и реализацию этих идей, они это открыто признавали. Мы с ними активно работали все время. Справедливости ради, надо отметить, что динамическое приведение типов данных во время их записи в память далось Burroughs почти бесплатно. Для такого преобразования необходимо было при каждой записи в память узнавать тип ячейки, статически определённый на языке типа Алгол, в которую сохранялись данные. Это нужно было для того, чтобы узнать, каким образом данные должны быть преобразованы. Получается, что каждая запись в память требовала предварительного считывания. Такие лишние чтения сейчас при современной технологии реализации памяти выглядят ужасным расточительством. Но дело в том, что тогда использовалась ферритовая память. Перед тем, как писать в такую память, её нужно было размагничивать. А размагничивание делалось посредством чтения. Поэтому считывание типа ячейки во время записи не приводило к дополнительным накладным расходам. Оно просто совмещалось с размагничиванием.

В Эльбрусе реализована полная защита вычислений, что теоретически является неулучшаемым результатом. Причем это признано всеми ведущими зарубежными фирмами, которые занимаются защищенностью, в том числе Макафи (McAfee) и другими профильными фирмами. Мы с ними контактируем, они очень высокого мнения о нашей технологии. Я, конечно, понимаю, что защищенность очень трудно внедрить, потому что для этого нужно теоретически изменить текущую совместимость. Но мы достигли этого «теоретического» результата. И это выдающийся результат. Ведь мы выпустили первый Эльбрус в 1978 году, когда никому защищенность не была нужна. Машины стояли в отдельной комнате, закрывающейся на ключ. Приходил человек, ставил диски со своими магнитными лентами, начинал работать, кончал работать, машина стояла, он снимал свои диски и уходил, другой приходил. Какая там защищенность? Никому это не нужно было. Нужна была простота программирования, и мы её достигли. У нас защищенность была потому, что была абсолютно чистая логически архитектура, и обеспечение защищенности было просто побочным эффектом этого теоретически чистого подхода, что наиболее убедительно доказывает его теоретическую чистоту и правильность. Получился очень мощный результат. Сейчас же с защищенностью большие проблемы. Сейчас фактически не создают систему защиты вычислений, а реагируют на действия хакеров. Как это происходит? Хакеры придумывают что-то, а бороться против каждой новой хакерской разработки приходится все сложнее и сложнее. Производительность хакеров «теоретически» не ограничена. А мы ничего специально для защищенности не делали. У нас очень простая реализация и полная защищенность.

И все это потому, что основы были правильные. Принципы были правильные. Есть арифметика, есть какие-то операции, и есть типы данных. Бывают разные операции, например, есть указатели, которые смотрят в память, с ними нельзя производить арифметические операции. Логически это не нужно. И наша машина просто смотрит, если это указатель, то для него только операции с указателями разрешаются, если это целочисленная переменная, то только целочисленная арифметика позволена. У нас машина знает типы каждого числа (теги) и может контролировать правильность типов аргументов каждой операции. А в современных машинах над указателями можно совершать любые операции, что реально никому не нужно и очень опасно с точки зрения возможности нарушить защищенность вычислений.

Мы разработали технологию защищенных вычислений в 1978 году. Intel попробовал в том же направлении двигаться, и в 1981 году они разработали микропроцессор іарх 432, машина называлась Intellec. К тому времени у нас уже 3 года работал Эльбрус 1. Тогда, как вы знаете, все копировали машины, кроме нас, поскольку ЦК и Совмин ориентировались на копирование западных машин. В 1981 году Правительство обратилось к ученым, в том числе ко мне с вопросом, – не нужно ли копировать процессор іарх 432? Так как я был защитником идеологии type safety, меня включили в комиссию. И я написал тогда большую бумагу с критикой интеловского процессора. Написал, что машина плохая, и что через несколько месяцев она провалится. И она провалилась. Когда я пришел в Интел, то нашел статью Боба Колвелла (Bob Colwell), того гениального человека, который в 1995 году создал Р6, один из первых на Западе суперскаляров. Он анализировал машину јарх 432 и пришел к тому же выводу, что и я: идея правильная, но реализация неверная. В статье Колвелла есть конкретные цифры. Например, вход в процедуру занимал до пятидесяти обращений к памяти. Как можно было на такой машине работать? Я знал ее основу, знал, что она неправильно была сделана, то есть все данные были представлены с их типами. В Эльбрусе к каждому слову есть несколько разрядов, которые говорят, какого оно типа: целое, вещественное, переменная и так далее. А они сделали так, что в массиве все типы данных должны быть одинаковые, и типизация должна была присваиваться всему массиву. У меня спросили, а нужно ли копировать эту машину? Я ответил, что уровень проектирования этой машины крайне низкий, и, конечно, её не следует копировать. Через несколько месяцев она провалилась с треском. Руководство Интела – в лице Гордона Мура (Gordon Moore) – сказало: хватит этой научной работы, х86 forever (х86 навсегда!), и это решение нанесло колоссальный ущерб и вычислительной технике вообще, и всем работам по защищенности, в частности. Все сразу во всем мире прекратили все работы по защищенности. Если Intel не справился, кто же тогда рискнет? И Intel до сих пор с x86. На этом примере у нас тоже преимущества колоссальные, мы были гораздо более просвещенными, чем Intel.

В Эльбрусе просто на самом нижнем уровне контролировалась правильность работы с типами данных, и этого было абсолютно достаточно. Все просто, полная защищенность обеспечена простыми методами. Мы обсуждали эту тему со специалистами из Макафи (McAfee), они очень высокого мнения о наших результатах. Они говорят: у вас железо и операционная система – это святыни. С ними хакеры абсолютно ничего не могут сделать. Но вот какая беда. Сейчас 80% проблем с защищенностью связаны с тем, что хакеры знают ошибки в пользовательских программах и пользуются ими, например, в банковских программах. Против этого есть логически очень простой метод – доказательство правильности программы. Если программа очень критическая, надо применять доказательство правильности её работы. Это хорошо разработанная технология. Но в современных машинах она бессмысленна, её сейчас невозможно применять, из-за того, что архитектура плохая. Хакеры что делают? Пользовательскую программу сначала ломают хитрыми методами, пользуясь несовершенством архитектуры, потом поломанную начинают использовать. А в Эльбрусе это совершенно невозможно. Там строгая межпроцедурная защита, препятствующая порче работы процедур. Поэтому только в Эльбрусе можно эффективно использовать доказательства правильности, а они все эти 80% снимают. То есть это – уникальные явления, нигде еще до сих пор не догнали нас в этом совершенно. Все думают, что мы отстали навеки, но Западу далеко до нас, просто далеко. Так что Burroughs – это очень хорошо, я очень уважаю Burroughs. Аналогичная ситуация сейчас происходит с NVIDIA. Существующие машины, к сожалению, далеко не универсальные с точки зрения производительности, а то, что мы сейчас делаем, абсолютно универсальные машины. Вот я начал говорить про NVIDIA, это такой же прорыв в решении проблемы параллельности вычислений, какой в свое время сделала фирма Burroughs в смысле функциональности. Но архитектура NVIDIA – это не универсальное решение. Наша задача – полностью решить проблему эффективности универсальных параллельных вычислений.

Языки высокого уровня

Работая над Эльбрусами, мы пришли к тому, что язык высокого уровня — это динамический язык со строгим контролем указателей. К такому же выводу, независимо от нас, пришел Никлаус Вирт (Niklaus Wirth) — человек номер один в языках программирования. Он тоже понял, что программирование высокого уровня строится на type safety (типовая защита) и динамике типов. Вирт создал динамический по типам язык Эйлер (Euler). Все были просто в восторге от этого языка. Он был невероятно интересным, но ему недоставало эффективности, так как он не поддерживался аппаратурой. Требовался избыток программного динамического контроля. Тогда Никлаус Вирт принял компромиссное решение. Он сказал: «Да, типы должны быть, но пусть они будут статическими. И контроль должен быть... но, возможно, не очень сильный, поскольку, например, контроль выхода за границу массива требует дополнительных команд».

Мы же с самого начала подразумевали, что типы проверяются аппаратно. Например, если у вас есть указатель на массив, то никто не может, имея этот указатель, выйти за границы массива. Это технически невозможно. В результате мы сделали настоящий язык. У нас были теги, то есть ко всем данным добавлялись несколько разрядов, описывавших тип. Мы сделали контроль указателей. Одним словом,

мы создали язык программирования Эль-76. Автором и основным разработчиком был Владимир Пентковский (к сожалению, он скончался в декабре 2012 г).

На Эль-76 была написана операционная система Эльбруса. Разработкой руководил Сергей Семенихин⁴. В середине 70-х годов всего 26 человек сделали мультипрограммную, мультипроцессорную, мультитерминальную операционную систему. В то время везде использовался в основном пакетный режим. А у нас такая развитая операционная система! К тому же наш ти́повый подход резко упрощал программирование. Он даже увеличивал производительность и при этом не тре-



бовал введения привилегированного режима даже в операционной системе. Мы три поколения машин на этом подходе сделали: первый, второй и третий Эльбрус.

⁴ Справка. Семенихин Сергей Владимирович. Учредитель АО «МЦСТ», заместитель генерального директора по науке – направление «Операционные системы», Доктор технических наук, профессор, Лауреат Ленинской премии СССР, Заслуженный деятель науки РФ, Награжден орденом Трудового Красного знамени. Работает в МЦСТ с 1996 г.

Наши машины использовались в очень ответственных системах. Противоракетная оборона Москвы, контроль космоса, атомные проекты в Арзамасе. При этом все наши пользователи говорили, что отлаживать на нашей машине раз в 10 быстрее, чем на старых машинах. Впечатление было такое, будто работаешь с постоянно включенной отладочной системой, причем без потери эффективности. Когда наши ребята получили западные машины – в начале 90-х годов – они ко мне стали подходить и говорить: как на этих машинах можно работать? На них нельзя отлаживать программы. Ужасно!

И что же стало с этим подходом, если смотреть исторически? Мы выпустили первую машину в 1978 году. Тогда же прошел первый тест по операционной системе. До начала 90х годов в нашей стране широко использовался Эльбрус 1, 2. Примерно в это же время во многих университетах мира шли исследовательские работы в области type safety. Как я уже говорил, в компании Интел (Intel) тоже заинтересовались этим подходом, они выпустили машину с type safety на базе процессора іарх 432, она называлась Intellec. Это была драматически неудачная машина. Она обеспечивала type safety. Но там были элементарные ошибки.

В этой машине была реализована защита указателей, что конечно же, очень правильно. Однако типы давались не каждому элементу массива, а всему массиву (все массивы должны были содержать данные одного и того же типа). При входе в процедуру, у операционной системы запрашивалось четыре сегмента! Два сегмента для параметров: пойнтерный и скалярный. И два сегмента для локальных данных: тоже пойнтерный и скалярный.

После провала іарх 432 весь мир бросил заниматься аппаратной поддержкой языков высокого уровня. Все считают, что это красивая идея, однако непрактичная. Считают, несмотря на то, что у нас была полная реализация этой идеи, причём реализация эффективная.

Сейчас все машины - суперскаляры

Все современные машины – это так называемые суперскаляры. Самые первые машины до 1995 года работали иначе, не считая Эльбруса, он и в этом смысле был самый первый (первый в мире суперскаляр – Эльбрус 1 (1978 г.)). Посмотрите, какие были все старые машины и что сейчас на входе. Одна операция, потом другая, все последовательно. Когда я в свое время сделал арифметику, в машине было только одно устройство – арифметика. Память и арифметика – и больше ничего. Поэтому такое последовательное представление программы было нормально, просто управление счетом – это не описание алгоритма, это было управление единственным устройством. Так это было до начала 70-х годов, а потом стало много оборудования. И теперь последовательность нужно было переставить в процессе счета в параллельное выполнение, а переставить – это не так просто. Нужно было угадать, что переставить, чтобы эти команды не мешали друг другу. Чтобы не нарушать совместимость, это можно было делать явным образом, транслятор, локальный для каждого вычислительного модуля, может это делать до начала счета. Тогда на вход машины программа будет представлена уже в распараллеленном виде, а на вход локального транслятора в совместимом последовательном виде. Вот Эльбрус 3 и в этом смысле впереди всех был, благодаря двоичной трансляции, которая вводилась один раз до начала счета.

Сейчас все машины — это так называемые суперскаляры. Машина сама берет последовательное представление и превращает его динамически в параллельное. Первая суперскалярная машина в мире — это Эльбрус-1. Мы его сделали в 1978 году. Но я хотел бы отметить, что после Эльбруса-2 мы сказали, что это несовершенная архитектура, а все сейчас в мире выпускают именно такую суперскалярную архитектуру. Это очень сложная архитектура. Потому что машина сама динамически распараллеливает и выполняет вычисления, а распараллеливать можно только маленький отрезок последовательного кода, который виден, а это плохо, так как при этом используется небольшая часть всего параллелизма. Мы сейчас разработали новую архитектуру, где даже для последовательной программы есть внутреннее математическое обеспечение, локальное в машине, оно распараллеливает её до начала выполнения, результат счета в три - четыре раза быстрее. А весь мир пока живет на суперскаляре, от которого мы отказались в 1985 году. Кто может сказать, что мы отстали? У нас отстала электроника и способность продавать, а в архитектуре мы намного впереди Запада.

Возникает естественный вопрос о доказательности правильности, которая отметает 80%. Не совсем понятно, что это такое. Неспециалист слышит знакомые слова, но что за ними? Неволин И.В.

Это хорошо разработанная технология. Не я в ней главный специалист и не рискну объяснять, но она хорошо разработана, вы ее описание можете найти. Для каждого алгоритма, для каждой процедуры вводится такая формула конечного результата, как правило, машина что-то считает и по результатам определяется ее корректность. Есть программа, а есть ее абстрактное описание. И есть метод, который это доказывает. Я могу рассказать один интересный факт. Мы связались с фирмой NICTA из Австралии, специализирующейся на защищенности вычислений. Проблема защищенности – доказательство правильности. Они взяли и доказали правильность ядра Linux. Что они сделали? Чтобы никто не попортил это ядро, они окружили его, как я смеюсь, «берлинской стеной». Связь с ним только по месседжам, т.е. просто нельзя связаться, а это замедляет вычисления. Но ядро стало защищённым, его нельзя было

испортить и им можно было пользоваться. Они много времени потратили и доказали правильность ядра теоретически. Но это непрактично и не универсально.

Сейчас среди специалистов считается, что доказательство правильности — это красивая вещь. Но на современных машинах не стоит этим заниматься. На самом деле это верно только для современных машин. Для Эльбруса и для будущих машин, которые сейчас разрабатываются нами, это уже неверно. Так как в этих машинах, благодаря технологии защищенности, все процедуры защищены друг от друга, их нельзя испортить.

Параллелизм

А сейчас по поводу параллелизма. В последние годы суперскаляр практически остановил развитие универсальной компьютерной архитектуры — рост её производительности. Согласно требованию программной совместимости суперскаляр использует строго последовательный код программы, представляющий алгоритм для вычисления. Однако для повышения производительности необходимо уметь эффективно использовать большое количество аппаратных ресурсов, которые могут и должны работать параллельно. Суперскаляр — довольно старая архитектура, разработана она давно, когда такой большой объём параллельного оборудования не был доступен. Поэтому сейчас суперскаляру перед тем, как выполнять вычисления (что надо делать сейчас с большим уровнем параллельности), необходимо распараллелить последовательно представленный входной алгоритм. И естественно, эту совсем не простую работу необходимо делать не медленнее, чем будет считаться такая распараллеленная программа.

Более того, эта совсем не простая работа значительно усложняется ещё, как минимум, двумя обстоятельствами.

В программах много условных переходов. Во время процесса распараллеливания довольно часто значение предиката, по которому будет выполняться переход, ещё неизвестно. Поэтому необходимо либо распараллеливать обе веточки вычислений (но будет исполняться только одна), и это ещё дополнительная работа, либо «угадывать» будущее направление перехода и терять время, если это «угадывание» было ошибочным.



Другая проблема – это распараллеливание считываний и записей в память.

Сейчас совершенно очевидно, что суперскаляр — это очень «древняя» архитектура. Отечественные разработчики Эльбруса, которые реализовали суперскаляр раньше всех, когда аппаратуры было ещё недостаточно для высоко параллельных вычислений, отказались от суперскалярной архитектуры в 1985 году, начав проектировать Эльбрус-3 — не суперскаляр. И этот шаг — тоже первый во всей вычислительной технике, не повторенный ещё никем.

В этом смысле легко объясним успех NVIDIA, они занимались разработкой графических процессоров, которые с самого начала были высоко параллельными и не требовали

совместимости. Поэтому в своей работе NVIDIA не использовала суперскалярную архитектуру с самого начала, и им не пришлось от нее отказываться.

Они не используют последовательное представление программы, они разрабатывают графику заведомо параллельную с самого начала, поэтому у них отличные результаты. Но это не универсальные машины. Мы проектируем примерно такую же параллельную архитектуру, не хуже, но наше решение универсальное. Мы ускоряем не только «циклы», как NVIDIA, но и скаляр.

NVIDIA, так же как и Burroughs, реализовала только базовые компоненты целевой архитектуры. Burroughs реализовала только элементы защищённости, но не защищённость в целом, а NVIDIA реализовала только параллельность циклов, но без поддержки универсального параллелизма (включая скаляр).

Мы реализовали полную защищённость и работаем над реализацией полного универсального параллелизма (включая скаляр). Эта архитектура будет по производительности универсальной — она будет высокопроизводительно вычислять широчайший спектр различных алгоритмов, включая алгоритмы, реализующие Искусственный Интеллект, поддерживающие цифровую экономику и т.д.

Сейчас состояние всей компьютерной технологии критическое

Какие эффекты и последовательности развития компьютеров, проявившие себя в последние десятилетия, оказались наиболее неожиданными и парадоксальными? Здесь я могу сказать, что сейчас состояние всей компьютерной технологии критическое, причем по очень простой причине. Здесь я хочу повторить очень важную информацию, приведённую раньше.

В старой машине было одно исполняющее устройство, чисто последовательное представление программы. Теперь, когда устройств стало много, решили сохранить совместимость, оставили на входе последовательное представление, а внутри стали распараллеливать программу. Для машины, которая была сделана в 1995 году, это было оправдано. Мы в 1978 году так сделали, а в 1985 году отказались от этой технологии. На Западе первую такую машину выпустили только в 1995 году, и тогда это было обоснованно, потому что кремниевая технология была не очень хорошая. И сейчас, когда кремниевая технология уже стала совершеннее, она позволяет сделать в пять-десять раз больше исполняющих устройств каждого типа, тесно связанных между собой. Последовательная архитектура такого не могла сделать, поэтому ввели частичный параллелизм. Сначала мы, потом они использовали неявный параллелизм. В машине уже было много оборудования, она задание получала последовательно, сама его перед выполнением распараллеливала. Но сильно не распараллелишь. Когда оборудования не так много, такого распараллеливания было достаточно, все это оборудование использовалось хорошо. И это было где-то до начала 2000-х годов. А уже с 2000-х годов оборудования стало гораздо больше, и аппаратное распараллеливание не могло полностью использовать его. Мы это предвидели уже в 1985 году и отказались от суперскаляра с ограниченным распараллеливанием, мы стали работать над системой с явным представлением параллелизма. Теперь оборудования много, сейчас на один кристалл помещается 30-40 ядер. Больше доступного оборудования одно современное ядро уже не может использовать по вышеизложенной причине. То есть, сейчас архитектура может использовать всего 2-3% доступного оборудования. Ужасное состояние. Это катастрофа в архитектуре. Эта катастрофа повела за собой катастрофу в языках, поскольку языки непрактично делать высоко параллельными, когда аппаратура все равно почти последовательная. Так нельзя, все языки испорчены. Разработчики языков делали так, чтобы их языки хорошо выполнялись на этой испорченной архитектуре. Поэтому они никакие революционные черты в языки не вводили. Все языки искалечены, операционная система искалечена, все в ужасном состоянии. Сейчас нужно революцию делать.

Да, неожиданные эффекты, но сейчас такая ситуация. В 2003 году суперскаляр еще можно было оправдать, тогда он использовал весь кристалл. Сейчас в один кристалл помещается уже 30 процессоров. А NVIDIA использует этот кристалл, потому что там сама задача представляется параллельной с самого начала.

Разумеется, сейчас все ядра работают на разных задачах, они много десятков задач решают. Конечно, есть многоядерное программирование, это головоломка для программиста. Связь между ядрами очень медленная, программист голову ломает и начинает калечить большие задачи.

Используется искалеченное программирование. Практически во всех языках программирования представление параллелизма описываемой задачи не поддержано явно.

Кроме того, не поддержана полная защищённость вычислений, отработанная до конца ещё в архитектуре Эльбруса-1 (1978). В настоящее время трудно переоценить важность введения полной защищённости в нашу жизнь. Т.е. сейчас это уже всем стало ясно.

Раньше каждое новое поколение машин сильно ускорялось, в основном потому, что совершенствовалась кремниевая технология. Сейчас суперскаляр уже невозможно так ускорять. Увеличение на 5% считается заметным увеличением производительности. А мы здесь в Москве показали на нашем проекте в три раза больше скорость, потому что убрали этот последовательный вход в аппаратуру даже в совместимом варианте.

Сейчас все используют суперскалярную архитектуру, только NVIDIA делает иначе, но их архитектура не универсальная. А мы разрабатываем не суперскалярную, но универсальную архитектуру, которая даже в совместимом режиме показывает скорость в 2,5 -3 раза больше, чем суперскаляр. А в несовместимом режиме наша разработка не будет уступать NVIDIA по производительности.

Приведённый выше анализ истории убедительно показывает, что в нашей стране мы задолго предвидели эти критические ситуации в обеих фундаментально важных областях вычислительной техники:

высокой функциональности, ответственной за полное решение проблемы защищённости вычислений и простоты программирования и

высокой универсальной параллельности вычислений, ответственной за производительность, включающей и цикловые, и скалярные алгоритмы.

Мы предложили и реализовали (в части параллелизма – сильно продвинулись в реализации) фундаментальное решение этих проблем.

В чем заключается шанс России на технологический прорыв в области компьютеров?

Шанс у нас есть, но это действительно трудный вопрос. В области архитектуры мы впереди всех, а современной кремниевой технологии у нас ещё нет, ну и что делать? В этой части сейчас можно было бы работать на технологии TSMC (Тайвань). Это открытое предприятие. Если бы Правительство могло выделить достаточно большое финансирование, но тут нужны миллиарды долларов, тогда можно было бы успешно реализовать все эти идеи.

С.А. Лебедевым определен подход к отечественному пути развития высокопроизводительной вычислительной техники, а именно: двигать ее самостоятельно, не копируя зарубежные образцы. Именно по этому пути идет коллектив АО «МЦСТ», вышедший из ИТМ и ВТ (в настоящее время возглавляемый

Александром Кимом), который продолжает развивать отечественную архитектуру универсальных высокопроизводительных микропроцессоров «Эльбрус». Несмотря на скромное финансирование, последние 8-ядерные микропроцессоры линии «Эльбрус», изготовленные на «отсталой» кремниевой технологии, сопоставимы по пиковой производительности с современными универсальными микропроцессорами фирмы Intel. По моему мнению, будучи поддержан экономически, этот коллектив вполне может осуществить технологический прорыв в области компьютеров.

Но имея свои собственные разработки, надо еще научиться их продавать. Это тоже немаловажно. Мы всех обогнали в архитектуре, я это показал, но остались большие проблемы в других областях.

Разумеется, если появятся такие машины, тогда пользователям придется все программы переписывать, поскольку все они будут несовместимы. Но здесь возникает труднейшая проблема – необходимо создать условия пользователям для перехода на новую совместимость. Пользователи должны видеть выгоды для такого перехода. При создавшейся критической ситуации в вычислительной индустрии есть естественный выход. Дело в том, что если отказаться от совместимости, то производительность машин будет в 10-20 раз больше, и в то же время машина будет универсальной (не просто графический или

еще какой-либо ускоритель для суперскаляра), потому что кристалл будет почти весь работать над этой задачей. Тогда все-таки, несмотря на потерю совместимости, люди будут покупать ее из-за большой скорости. Кроме того, покупатели даром получат полную защищенность (security). В этой машине можно обеспечить и исполнение старых программ, там они тоже будут раза в 4 быстрее. И потом постепенно все перейдут на эту архитектуру. Скорость нужна всем. Для получения скорости люди будут переписывать программы.

Гуманитарный вопрос. Сейчас в некоторых институтах, университетах запустили систему оценок успешности науки, научных сотрудников. Как человеку и большому ученому вопрос: «Что Высчитаете лично критериями успешности научных сотрудников?» Ноакк Н.В.

Я считаю, что сильный ученый должен быть честным по отношению к технике. Он не должен защищать только то, что сделал сам. Если он увидел, что это неправильно, он должен изменить свое мнение. Тогда он действительно сильный. А если он что-то неправильное начинает защищать, значит это слабый человек.



Бабаян Борис Арташесович Член-корреспондент РАН, директор по архитектуре подразделения Software and Solutions Group корпорации Intel, Intel Fellow.

Ключевые слова

Babayan B.A. Corresponding member of RAS, Director of architecture Software and Solutions Group (Intel), Intel Fellow.

Keywords

Abstract

This article is formed from the statements of Boris Babayan and approved by him and therefore it may be served as its author's text. Most of the statements included in the article are taken from the audio recording of the conversation between Boris Babayan and a group of employees of the journal (A.N. Kozyrev, I. V. Nevolin, N.V. Noakk) 23.09.2018. Replicas of other participants of the conversation are inserted as insets in the text of the article. Also, the insets give information about the people and facts mentioned in this conversation without explanation. In preparation for this conversation, we have made a list of questions that are supposed to ask outstanding developers of domestic computing technology, as well as to study the earlier interviews and statements by Babayan, related to the history of the faculty of Cybernetics and MIPT. Hence the idea-to prepare an article for the journal Digital economy.

Приложение

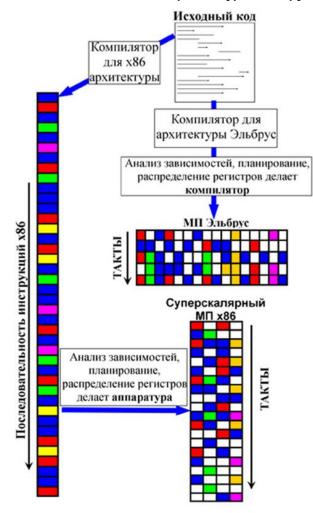
Краткое описание архитектуры Эльбрус

Работы над архитектурой «Эльбрус» начались в 1986 г. в коллективе Института точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) им. С.А. Лебедева, в котором до этого были созданы советские высокопроизводительные комплексы «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2». Разработка вычислительного комплекса «Эльбрус-3», которая велась под руководством Б.А. Бабаяна, была завершена в 1991 г. В этом вычислительном комплексе впервые были воплощены в жизнь идеи явного управления параллелизмом операций с помощью компилятора.

Начавшиеся с 1992 г. экономические изменения в России не позволили разработчикам «Эльбруса-3» завершить наладку комплекса. В том же 1992 г. коллектив разработчиков машин семейства «Эльбрус» выделился в компанию ЗАО «МЦСТ» и начал вести работы над микропроцессорной реализацией архитектуры «Эльбрус».

Архитектура «Эльбрус» – оригинальная российская разработка. Ключевые черты архитектуры «Эльбрус» – энергоэффективность и высокая производительность, достигаемые при помощи задания явного параллелизма операций.

Ключевые особенности архитектуры Эльбрус



В традиционных архитектурах типа RISC или CISC (х86, PowerPC, SPARC, MIPS, ARM), на вход процессора поступает поток инструкций, которые рассчитаны на последовательное исполнение. Процессор может детектировать независимые операции и запускать их параллельно (суперскалярность) и даже менять их порядок (внеочередное исполнение). Однако динамический анализ зависимостей и поддержка внеочередного исполнения имеет свои ограничения: лучшие современные процессоры способны анализировать и запускать до 4-х команд за такт. Кроме того, соответствующие блоки внутри процессора потребляют заметное количество энергии.

В архитектуре «Эльбрус» основную работу по анализу зависимостей и оптимизации порядка операций берет на себя компилятор. Процессору на вход поступают т.н. «широкие команды», в каждой из которых закодированы инструкции для всех исполнительных устройств процессора, которые должны быть запущены на данном такте. От процессора не требуется анализировать зависимости между операндами или переставлять операции между широкими командами: все это делает компилятор, исходя из анализа исходного кода и планирования ресурсов процессора. В результате аппаратура процессора может быть проще и экономичнее.

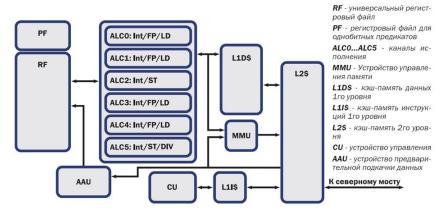
Компилятор способен анализировать исходный код гораздо тщательнее, чем аппаратура RISC/CISC процессора, и находить больше независимых операций. Поэтому в архитектуре Эльбрус больше параллельно работающих исполнительных устройств, чем в традиционных архитектурах, и на многих алгоритмах она демонстрирует непревзойденную архи-

тектурную скорость.

Возможности архитектуры Эльбрус:

- 6 каналов арифметико-логических устройств (АЛУ), работающих параллельно.
- Регистровый файл из 256 84-разрядных регистров.
- Аппаратная поддержка циклов, в том числе с конвейеризацией. Повышает эффективность использования ресурсов процессора.

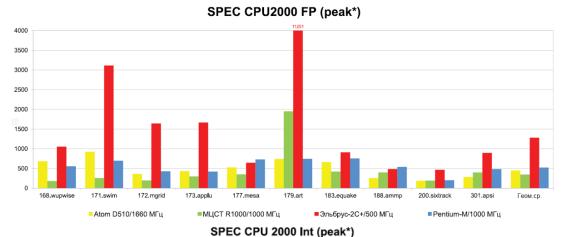
- Программируемое асинхронное устройство предварительной подкачки данных с отдельными каналами считывания. Позволяет скрыть задержки от доступа к памяти и полнее использовать АЛУ.
- Поддержка спекулятивных вычислений и однобитовых предикатов. Позволяет уменьшить число переходов и параллельно исполнять несколько ветвей программы.
- Широкая команда, способная при максимальном заполнении задать в одном такте до 23 операций (более 33 операций при упаковке операндов в векторные команды).

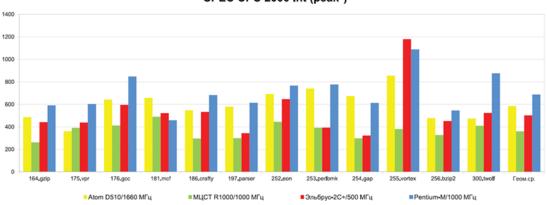


Производительность на реальных задачах:

Ниже приведена производительность процессора Эльбрус-2С+ на задачах ИЗ пакета SPEC2000 по сравнению процессорами Intel С Pentium-M ULV (1ГГц, кэш-память 1M, 2xDDR-266) и Intel Atom D510 (1,66 ГГц, кэш-память 1М, DDR2-800).

Производительность микропроцессоров Эльбрус-2C+ и МЦСТ R1000 на задачах





^{*} Согласно требованиям SPEC Run and Reporting Rules, результаты тестирования Эльбрус-2C+ и МЦСТ R1000 публикуются как оценочные (estimates).

Данные для Intel Pentium-M ULV получены с сайта spec.org, компилятор ICC 9.1. Для замера производительности процессора Intel Atom D510 использовалась собственная сборка тестов SPEC силами сотрудников МЦСТ.

Важно отметить, что правила комитета SPEC запрещают осуществлять модификацию исходных кодов тестов. Практика показала, что архитектура Эльбрус обладает значительным резервом производительности, который можно задействовать путём модификаций исходного кода в критических участках.

Эмуляция архитектуры х86



Обеспечивает исполнение ОС: MS DOS, Windows (95, NT, 2000, XP), нескольких вариантов Linux, FreeBSD, QNX Еще на этапе проектирования МП Эльбрус у разработчиков было понимание важности поддержки программного обеспечения, написанного для архитектуры Intel х86. Для этого была реализована система динамической (т.е. в процессе исполнения программы, или «на лету») трансляции двочных кодов х86 в коды процессора Эльбрус. Фактически, система двоичной трансляции создает виртуальную машину, в которой работает гостевая ОС для архитектуры х86. Благодаря нескольким уровням оптимизации удается достичь высокой скорости работы оттранслированного кода (см. диаграммы выше). Качество эмуляции архитектуры х86 подтверждается успешным запуском на платформе Эльбрус более 20 операционных систем (в том числе несколько версий Windows) и сотен приложений.

Защищенный режим исполнения программ

Одна из самых интересных идей, унаследованных от архитектур Эльбрус-1 и Эльбрус-2 – это так называемое защищенное исполнение программ. Его суть заключается в том, чтобы гарантировать работу программы

только с инициализированными данными, проверять все обращения в память на принадлежность к допустимому диапазону адресов, обеспечивать межмодульную защиту (например, защищать вызывающую программу от ошибки в библиотеке). Все эти проверки осуществляются аппаратно. Для защищенного режима имеется полноценный компилятор C/C++ и библиотека run-time поддержки.

Даже в обычном, «незащищенном» режиме работы МП Эльбрус имеются особенности, повышающие надежность системы. Так, стек связующей информации (цепочка адресов возврата при процедурных вызовах) отделен от стека пользовательских данных и недоступен для таких вирусных атак, как подмена адреса возврата. Стоит отдельно отметить, что в настоящее время вирусов для платформы «Эльбрус» просто не существует.

poore no eyequerbyer.								
Сфера применения микропроцессоров архитектуры Эльбрус								
Расширенный температурный диапазон, возможность локализации производства	Государственный заказ, промышленные компьютеры, автомобильная электроника							
Повышенная защищенность от вирусных атак	Платежные терминалы, сетевые экраны, взломоустойчивые серверы							
Высокая производительность на криптографических алгоритмах	Модули шифрования, защищенные тонкие клиенты, прочие системы безопасности							
Высокая производительность на вычислениях с действительными числами (float, double)	Робототехника, авионика, промышленные контроллеры, системы обработки изображений, суперкомпьютеры							
Работа под управлением бинарного компилятора в режиме совместимости с архитектурой x86	Интернет-терминалы, маломощные рабочие станции, малогабаритные настольные и встраиваемые компьютеры							
Защищенный режим	Особо ответственные системы, отладочные стенды							

- .

4.2. О КЛЮЧЕВЫХ АСПЕКТАХ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В РОССИИ

Фомина А.В. генеральный директора АО «ЦНИИ «Электроника»

Уже не первый год ведется жаркая дискуссия о тезаурусе стремительно ворвавшегося в нашу жизнь понятия «цифровая экономика», его сущностных аспектах и тенденциях развития. Зачастую обсуждение носит синкретический характер, что свойственно для новых областей знаний, в которые приходят уже сформировавшиеся ученые, принося с собой устоявшиеся представления о тех или иных технологических и социальных процессах. Безотносительно результатов общей полемики, связанной с цифровой экономикой, возможно рассмотрение отдельных ключевых аспектов, которые будут оказывать непосредственное влияние на развитие данной области в России.

О ситуации на рынке труда

Основой развития цифровой экономики на базе отечественных технологий и эффективности их внедрения в промышленность и социальные сферы является уровень развития человеческого капитала страны.

На сегодняшний день наблюдается определенный дисбаланс в развитии отраслевого кадрового потенциала российской радиоэлектронной промышленности. Отрасль обладает ярко выраженными сильными и слабыми сторонами в подготовке специалистов и их адаптации на рабочих местах. Так, в соответствии с рейтингом «Fifty most innovative economies», подготовленного агентством Bloomberg в 2016 году, Россия находится на 3 месте по эффективности высшего образования. При этом по производительности труда отечественные организации занимают 18-е место, а по уровню добавленной стоимости мы только на 27-м месте. Такой разрыв в эффективности использования кадрового потенциала обусловлен тремя факторами.

Во-первых, это более слабая технологическая оснащенность. Но это скорее следствие двух других факторов, поэтому предлагаю на ней не заострять внимание. Иначе мы входим в порочный круг: производительность низкая, потому что оборудование старое, из-за низкой производительности низкая рентабельность и как следствие нехватка средств на модернизацию оборудования.

Второй и более важный фактор — это отличие бизнес-моделей, которые распространены в России от тех, что применяют наши иностранные конкуренты. Около 70% российской экономики либо напрямую, либо косвенно ориентировано на государственный рынок, в том числе велик сегмент оборонно-промышленно комплекса. Это накладывает серьезный отпечаток на подход к бизнесу и само мышление: невысокая роль конкуренции, малая серийность продукции, низкий интерес к экспорту и так далее.

Но в России есть компании, ориентированные на гражданский рынок электроники, в том числе FMCG (товары повседневного спроса). В основном их производительность и качество продукции сопоставимо с мировыми аналогами. Отсюда вывод, что в России можно делать высокотехнологичный бизнес. На уровне страны нужно поэтапно смещать исторически сформировавшиеся акценты с военного рынка и обеспечения потребностей государства на частных потребителей гражданской продукции. Именно с этой целью сегодня проводится масштабная диверсификация оборонно-промышленного комплекса (указом Президента установлено, что к 2030 году доля гражданской продукции в выручке организаций ОПК должна составить 50%).

Третьим фактором, негативно влияющим на производительность, является нарушение взаимосвязи между высшим образованием и промышленностью. В идеале для молодого специалиста это части единой карьерной траектории и переход между ними должен быть максимально гладким. В реальности сегодня от 30% до 50% выпускников работает не по специальности, а среди тех, кто выбрал карьеру согласно образованию, практически каждый слышит фразу «забудьте то, чему вас учили в институте / колледже». Это как раз следствие плохой координации образовательных программ с потребностями науки и промышленности.

Из всех трех факторов именно «разрыв» между обучением и практикой на мой взгляд является наиболее болезненным. Особенно важна подготовка кадров для бизнеса на базе цифровых технологий. В таких сферах важен синтез сильной фундаментальной базы с пониманием передовых разработок. Не важно говорим мы о техническом специалисте, экономисте или управленце.

Для цифровизации промышленности крайне важна конверсия кадрового потенциала в реальные проекты и высокотехнологичный бизнес. В связи с этим мы активно прорабатываем и способствуем внедрению сквозной системы подготовки кадров со школы до руководящих позиций в организациях отрасли. Только «сквозное» образование может обеспечить качество человеческого ресурса, необходимого для формирования проектных команд в нужных количествах. Профильные вузы проявляют активность в части формирования программ обучения в области цифровых технологий и организуют совместные программы с иностранными образовательными учреждениями, уже освоившими выпуск по данным

специальностям. Тем не менее, образовательный процесс обладает значительной инертностью и, прежде чем отрасль будет насыщена квалифицированными кадрами, пройдет не менее 7-8 лет.

Важно понимать, что у лучших специалистов всегда будет соблазн уехать за рубеж, более того, даже оставшись в России они часто выбирают карьеру в филиалах международных компаний. Основная причина — разница в зарплатах, которая возникает в том числе из-за отставания в производительности труда. Но, как показывает практика, заработная плата стоит на первом месте у молодых специалистов с низким уровнем профессиональной адаптации. Благодаря плотному сотрудничеству с базовыми кафедрами и студентами можно создать высокую привлекательность начала карьеры для молодых специалистов в российских организациях.

Вторым не менее важным вопросом является качество подготовки кадров. Внедрению прикладных предметов в сфере цифровых технологий в вузах также препятствует отсутствие широко-распространенных практик в промышленности. Сегодня зачастую внедрение «цифровых двойников», машинного обучения, дополненной реальности и иных передовых цифровых технологий имеет в российской практике только отдельные яркие, но специфические примеры.

Разумеется, несмотря на большой объем проведенной аналитической работы прогнозирование развития технологий и продуктов на длительный срок всегда имеет элемент случайности. С точки зрения цикла зрелости Гартнера можно предположить, что ряд технологий сегодня переоценен благодаря работе маркетологов и популяризаторов науки. Однако с точки зрения отраслевого развития наше личное отношение к технологии как обывателей или даже экспертов не очень важно.

В масштабах страны в рамках программно-целевых инструментов формируется портфель инвестиций и технологий. При правильном подходе к формированию портфеля инвестиции распределены между значительным числом объектов, а риски оптимизированы. Выбирать самую перспективную технологию с целью вложить в нее всё не имеет смысла. Таким образом главная задача заключается в том, чтобы не пропустить важную технологию. Тогда в случае, если начнется рост спроса в новых сегментах рынка, в России будет сформирован необходимый технологических задел и можно будет оперативно выводить на рынок продукты.

Возвращаясь к теме профиля подготовки молодых специалистов, нужно отметить, что понимание требований рынка к выпускникам будет формироваться по мере цифровизации экономики. В связи с этим важно сделать саму систему гибкой и способной быстро реагировать на новые тенденции в экономике

Какие угрозы существуют на рынке труда?

В настоящее время до 20% российских высококвалифицированных специалистов выбирают крупных зарубежных работодателей. Есть риск, что без государственной поддержки системного развития цифровой экономики иностранные компании упрочат свои позиции на рынке, особенно в высокотехнологичных сегментах. Это может привести к еще большему оттоку наиболее талантливой молодежи в такие компании, способные зачастую предложить условия труда лучше среднерыночных.

Согласно данным мониторинга и анализа финансово-экономического положения организаций радиоэлектронной промышленности нами были выявлены следующие вызовы перед отраслью, носящие системный характер:

- неравномерное распределение выпускников профильных для отрасли технических специальностей. В данном случае речь идет о нехватке кадров в специфических нишах, для которых специалистов либо не готовят вообще, либо готовят недостаточно качественно;
- устаревшая система подготовки выпускников профильных вузов. Сегодняшняя модель образования излишне консервативна и не обладает необходимой гибкостью, что критически необходимо в такой стремительно развивающейся инновационной сфере как электроника;
- отсутствие преемственности в профессиональной подготовке «школа вуз организация». В российской практике существует множество примеров функционирования базовых кафедр и проведения целевого набора студентов, однако на практике, даже такие выпускники далеко не всегда обладают достаточными специализированными знаниями из-за отсутствия непрерывного взаимодействия с организацией.

Для молодого специалиста освоение фундаментальных дисциплин открывает большое число возможностей в выборе карьеры. Однако в данном контексте под «гибкостью» имеется в виду способность образовательного процесса и программ быстро воспринимать тенденции рынка и эффективно перестраиваться. Такая гибкость за счет формата работы кафедр образовательного учреждения с организациями отрасли. Важность фундаментального образования никем не оспаривается, но при этом прикладные дисциплины должны быть увязаны с производственной практикой и потребностями реального бизнеса. Уверена, что Яндекс, 1С и другие высокотехнологичные компании точно понимают кого они хотят нанимать сегодня и через пару лет и не будут вкладываться в подготовку специалистов по устаревшим стандартам обучения. Очень важно изменить ситуацию к лучшему, внедряя «сквозное» образование и системы отбора и мониторинга кадров еще со школы и института. Благодаря этому становится возможным создание гибких систем подготовки высококвалифицированных специалистов, отвечающих динамичным требованиям рынка. В конечном итоге должна быть внедрена система индивидуальных «треков» или маршрутов развития карьеры для специалистов в отрасли. Важный момент, что карьерная траектория для будущего специалиста не является догмой. По мере обучения школьник или студент на каждом этапе может сам скорректировать свой дальнейший маршрут. Отличие от текущей доминирующей практики в российских вузах заключается в том, что как бы не менялись личные приоритеты развития учащегося, сквозная система адаптируется и предлагает дальнейший маршрут развития. Также система реагирует на изменения в технологическом развитии и на рынке труда.

Безусловно, концепция сквозного образования амбициозна, но на то она и концепция, чтобы показать механизмы подготовки кадров в их идеальном исполнении. На практике образование все равно гдето будет отставать от развития высоких технологий, а внедрение системы не будет повсеместным. При этом мы должны делать шаги, чтобы помочь такой системе, к которой тяготеют система высшего образования и бизнес, сформироваться.

Есть ли готовые решения, или предложения по их предотвращению, а также иных проблем?

Для решения данной проблемы ЦНИИ «Электроника» при активном сотрудничестве с Департаментом радиоэлектронной промышленности Минпромторга России и организациями отрасли уже пятый год проводит и развивает программу отбора и развития молодежных научно-технических работ «Инновационная радиоэлектроника». Программа конкурса призвана выявить лучшие проекты студентов ведущих вузов страны и молодых ученых в области радиоэлектроники и предоставить необходимые ресурсы для их реализации. Инновационная радиоэлектроника постоянно развивается за счет повышения качества проработки проектов, расширения тематик и географии участников. В 2018 году в рамках подписанного в присутствии министров промышленности России и Китая соглашения была запущена двустороння программа отбора высокотехнологичных проектов в области электроники.

Одной из важных задач программы является способствование формированию в России здоровой стартап-культуры. Сегодня в среде фондов и частных инвесторов преобладает пессимистичный настрой в отношении российских инноваций. Это объяснимо, и более того, отчасти заслужено. У нас много талантливых ребят, но у них совершенно нет предпринимательского духа и понимания рыночных механизмов. Поэтому в рамках Конкурса мы сводим экономистов с технарями, проводим образовательные интенсивы, стараемся говорить с ними на одном языке.

Коммерчески интересные разработки на рынке есть. Достаточно посмотреть на недавние сделки МТС, Сбербанк, Яндекс, Ростех и других высокотехнологичных гигантов по поглощению инновационных компаний. Да, в сравнении с Google или Apple это пока немного, но раньше подобных кейсов практически не было. Уверена, что у российского рынка М&А (слияний и поглощений) в сегменте стартапов большое будущее.

В конкурсе Инновационная радиоэлектроника ежегодно участвует около 200 проектов. Учитывая, что на текущий момент выручка в радиоэлектронной промышленности в объеме ВВП России составляет около 1%, то вклад стартапов в ближайшее десятилетие будет скромным. Однако намного важнее технологический импульс, который данные проекты дают для развития продуктов крупных компаний.

Также начиная с 2018 года формируется отраслевой кадровый резерв электронной и радиоэлектронной промышленности, в рамках которого отбираются и поддерживаются лучшие ученые, управленцы, преподаватели и стартаперы в области электроники. Эти молодые специалисты должны быть заметны в отрасли, ведь именно они могут стать опорой для технологического прорыва.

Разумеется, проблема оттока молодых специалистов в зарубежные компании существует, уезжать или оставаться – это выбор глубоко индивидуальный. По личному наблюдению, уезжают как правило те, кто не нашел себя в России. Если у молодого специалиста есть интересный проект, команда и возможности его реализовать, то более высокая заработная не является решающим фактором. Если бояться выпускать тех специалистов, что у нас есть, а не развивать ту систему, что породила такие востребованные кадры, то мы неизбежно придем к тому, что у нас не останется технарей.

Государственная политика в области инноваций

Сформированное еще в рамках Стратегии развития электронной промышленности России на период до 2025 года, утвержденной приказом Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации от 7 августа 2007 г. № 311 видение долгосрочного развития отрасли предусматривает поэтапное решение ключевых проблем с опорой на имеющийся у организаций задел в наиболее конкурентоспособных технологических нишах. Таким образом, осуществляется выстраивание конкурентоспособной научной, технологической, производственной и кадровой структуры отрасли в военном, специальном и гражданском сегментах рынка.

С момента начала реализации в 2007 году данной концепции, фокус государственной поддержки постепенно смещался с наиболее развитых на тот момент технологий военного и двойного назначения,

на гражданские сегменты. Это было обусловлено тем, что гражданские рынки обладают намного большей емкостью в денежном и натуральном выражении, ведь при всей привлекательности рынка ВВСТ (вооружений, военной и специальной техники), его емкость всегда ограничена объемами ГОЗа, а также подверженного политическим флуктуациям экспорту продукции военного назначения.

Производство военной продукции от такого смещения приоритетов не пострадает. Этого не допустят поскольку создание военной техники во всех ее аспектах (постановка задач, кооперация, обеспечение режима секретности, военная приемка, сбыт и т.д.) слишком специфическая. Люди, которые создают военную продукцию, так этим и будут заниматься. Для разработки гражданских решений будут формироваться отдельные команды, работающие по принципам конкурентного рынка и мыслящие другими категориями.

В настоящее время мы активно работаем над новой редакцией стратегии, которая определит основные приоритеты развития отрасли на перспективу до 2030 года. Особое внимание в данном документе станет развитие производства гражданской радиоэлектронной продукции.

С точки зрения обеспечения финансовой поддержки организаций отрасли ключевым инструментом на сегодняшний день является государственная программа «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы», действующая редакция которой утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 16 марта 2018 г. № 289 (далее — Госпрограмма). В рамках Госпрограммы начиная с 2016 года осуществляется поддержка отечественной радиоэлектронной промышленности по четырем приоритетным технологическим направлениям, в число которых входят:

- развитие производства телекоммуникационного оборудования;
- развитие производства вычислительной техники;
- развитие производства специального технологического оборудования;
- развитие производства систем интеллектуального управления.

В основу подпрограмм Госпрограммы заложен проектный подход, при котором мероприятия структурируются в виде комплексных проектов, предусматривающих обязательную организацию запуска серийного производства разработанной продукции, что обеспечит проведение широкомасштабного импортозамещения, внедрения результатов накопленного технологического задела и повышения бюджетной эффективности государственных вложений.

В целом Госпрограмма полностью отражает тенденции технологического и экономического развития российской радиоэлектронной промышленности с учетом текущего мирового контекста. Данный тезис подтверждается тем, что распоряжением председателя Правительства Российской Федерации Дмитрия Медведева от 28 июля 2017 года №1632-р была утверждена программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Данный документ закрепляет на государственном уровне целевую установку по развитию в России цифровой экономики.

Сама по себе цифровая экономика представляет собой общественные отношения, складывающихся при использовании электронных технологий, инфраструктуры и услуг в целях оптимизации производства, распределения, обмена, потребления и повышения уровня социально-экономического развития государств. Их развитие в современном мире происходит преимущественно в гражданском сегменте рынка и неразрывно сопряжено с технологическими направлениями, включенными в Госпрограмму. В России развитие цифровой экономики рассматривается в качестве одного из ключевых драйверов развития на долгосрочную перспективу. Мы, как организация прямого управления ГК «Ростех», принимаем активное участие в формировании и реализации планов мероприятий программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в частности по направлению «Формирование исследовательских компетенций и технологических заделов».

Возможность выхода на внешние рынки

Одной из ключевых целей в части развития цифровой экономики является реализации экспортноориентированных проектов в области цифровых технологий. Однако есть ли что российским организациям поставлять на зарубежные рынки и с чем выходить в рамках предложений о сотрудничестве к зарубежным партнерам? Вопреки расхожему мнению — есть, о чем свидетельствуют проводимые АО «ЦНИИ «Электроника» совместно с ведущими российскими научными организациями исследованиями рынков радиоэлектронной продукции. Что особенно важно, в последние годы число ниш, в которых российские технологии и продукция гражданского профиля могут быть интересны иностранным компаниям и частным потребителям растет.

Помимо уже реализующихся отдельных ярких примеров в области биометрических электронных документов, решений в области суперкомпьютерной техники и СВЧ-оборудования, недавно в ходе мониторинга рынков был выявлен сегмент рынка, в рамках которого, как оказалось, у России имеется технологический задел, который с успехом может быть реализован на внешних рынках.

Например, на текущий момент Россия представлена в том числе на мировом рынке суперкомпьютеров – одном из наиболее значимых и высокотехнологичных сегментов радиоэлектроники. Отечественными игроками, обладающими научно-технологической базой в области создания суперкомпьютеров на

текущий момент, являются OAO «Т-платформы», Группа компаний PCK, а также OOO «Ниагара Компьютерс». В 2014-2017 годах крупных новых разработок в данной области не проводилось, однако осуществлялись поставки по ранее заключенным и новым контрактам. Одной из наиболее существенных проблем для организаций, сумевших найти свою нишу на рынке суперкомпьютерных вычислений, так же как и для многих других высокотехнологичных компаний в России, остается поиск кадров, обладающих необходимыми компетенциями в данной области.

Что касается производства комплектующих для суперкомпьютеров, то этот вопрос критичен с точки зрения национальной безопасности для отдельных видов продукции, однако для потребительского и корпоративного рынков он не столь значим. Например, новейшие процессоры Apple A12 Bionic производятся тайваньской компанией TSMC. Высокий уровень развития международного разделения труда в сфере электроники – это объективный и неизбежный процесс. Мы должны быть в него интегрированы в части наших наиболее сильных компетенций, в частности в сфере разработки и интеграции конечных решений.

Один из крупнейших и наиболее динамично растущих рынков сбыта в мире — Китай заинтересован в сотрудничестве с рядом российских организаций радиоэлектронной промышленности в таком важно сегменте телекоммуникационного оборудования как цифровое телевидение.

В сухом остатке

Таким образом, для того чтобы обеспечить развитие цифровых технологий в России с темпами, превышающими среднемировые, необходимо повысить интенсивность и качество работы с человеческим капиталом нашей страны. Фундаментальные знания, узкие профессиональные навыки, кругозор, инициативность, для которой также нужны знания, - все это вносит в основу растущей цифровой экономики не меньший вклад чем трансфер технологий, закупка оборудования и строительство новых фабрик. В России независимо от действий государства будет формироваться цифровое общество, однако от эффективности государственной поддержки во много зависит продуктивность происходящих изменений и их направленность на дальнейшее развитие страны.

Алёна Владимировна Фомина, генеральный директора АО «ЦНИИ «Электроника»

Ключевые слова: цифровая экономика, человеческий капитал, импортозамещение

Alena V. Fomin. On key aspects of digital economy development in Russia

Keywords: digital economy, human capital, import substitution

The paper discusses.

4.3. ЗАЧЕМ НАМ ВООБЩЕ ЗАМЕЩАТЬ "УСЛОВНЫЙ ORACLE"

к.т.н. Прохоров А.Н. Гринатом

В статье идет речь о возможностях и целесообразности импортозамещения западных СУБД на российском рынке, о роли Open Source в этом процессе. Известно, что в реестре отечественного софта львиную долю занимает прикладное ПО, и подчас импортозамещение касается в основном так называемой «видимой части айсберга», прикладного ПО, оставляя без должного внимания другие слои технологического стека. Очевидно, что серьезное импортозамещение невозможно без замещения системного ПО и, в частности, продуктов класса СУБД. Насколько это возможно и оправдано? Полемика на данную тему представляет определенный интерес.

За последние три года появилось немалое количество публикаций на тему импортозамещения программного обеспечения в России.

Все статьи можно разделить на те, которые говорят о важности и успехах импортозамещения и те, которые концентрируются на критике. При этом критика укладывается в две категории: «критика за» и «критика против». Представители конструктивной критики пытаются найти, в чем причина пробуксовывания выбранного курса, вторые критикуют саму затею по принципу «инициатива импортозамещения хороша, но не у нас, можно было бы, конечно, сделать, но непонятно зачем, могло бы принести несомненную пользу, но не с таким мощным западным конкурентом и т.п.».

Что любопытно, представители каждого из выбранных направлений не сильно вступают в полемику и (есть подозрение) мало изучают публикации друг друга. Поэтому читатель теряет интерес к теме, подозревая, что каждый автор приводит подборку аргументов исключительно в свою защиту, избегая цитировать оппонента и вступать с ним в полемику.

Приведу такой пример. Не так давно бывший министр связи Николай Никифоров озвучил цифры, согласно которым доля российского ПО в закупках федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) за время существования Реестра отечественного ПО увеличилась с 20% до 65%. На страницах издания CNews появился комментарий: «Про долю в 65% российского софта в общем объеме ПО, закупаемого госорганами, — вранье», — категорично заявил в разговоре с CNews руководитель известной на рынке отечественной софтверной компании, пожелавший, чтобы его имя не было упомянуто в материале [1].

После данных комментариев, насколько мне известно, не появилось публикаций с уточнениями от чиновников министерства по поводу полученных цифр, методики подсчета и какой-либо попытки доказать обоснованность своих цифр... Чиновники констатируют, представители бизнеса не верят – обсуждение минимальное.

Как мне представляется, читателю как раз интересно услышать полемику, сопоставление фактов, цифр аналитиков, сравнение позиций. Изучая тему перспектив импортозамещения в области СУБД, я обнаружил тот же дефицит диалога по ряду спорных вопросов. Чтобы частично восполнить дефицит обсуждения, я взялся прокомментировать статью известного специалиста Сергея Тарасова под ярким названием «PostgreSQL: головокружение от импортозамещения». Статья вышла более двух лет назад, по некоторым тезисам оппонентом выступило время. Однако центральный вопрос «зачем вообще замещать условный Oracle?» находит прямо противоположные ответы со стороны разных участников ИТсообщества сегодня так же, как три года назад.

Так есть ли необходимость, возможность, существует ли альтернатива? Попробуем подискутировать.

Ниже я цитирую центральные тезисы, выдвинутые в статье Сергея Тарасова, и привожу комментарии из других публикаций, которые, на мой взгляд, оппонируют автору, а также делюсь некоторыми собственными соображениями. Надеюсь, данная подача материала привлечет читателей и позволит продолжить начатый диалог.

«СПО не является продуктом национального предприятия»

«Вопрос о переходе с СУБД "Большой Тройки" на альтернативные продукты, стал предметом спекуляций под общим названием "импортозамещение".

Прежде всего, импортозамещение — это процесс замены импортируемых из-за рубежа товаров и услуг произведенными или оказанными национальным предприятием. Свободное программное обеспечение (СПО) не является продуктом национального предприятия, поэтому оно в принципе не может заместить импорт» [2].

Комментируя общее соображение насчет спекуляций в импортозамещении, нужно признать, что на волне многих глобальных инициатив, проводимых в стране, возникают и спекуляции, и пирамиды, и обогащение недобросовестных участников процесса. С этим трудно спорить. В одних инициативах после схода пены остается конструктив и работающая инфраструктура, в других вместе с пеной «выплескивается и ребенок». Что и кто останется по отстою пены в теме импортозамещения, зависит от многих участников процесса, и ответ на вопрос, опять-таки, даст время.

Обсуждая более конкретный тезис о том, что замена проприетарного западного продукта в области СУБД на решение с открытым кодом – это не есть импортозамещение, можно подискутировать.

Действительно, СПО не является продуктом национального предприятия — это продукт международного Open source сообщества. Но на основе СПО (если позволяет лицензия) может быть легально создан коммерческий продукт. В частности, лицензия PostgreSQL позволяет это делать, благодаря чему в мире существует несколько коммерческих форков этой СУБД. Например, широко известный Green Plum базируется именно на PostgreSQL. PostgreSQL устроен таким образом, что тем, кто активно участвует в его разработке, он дает техническое, юридическое и моральное право создавать свой коммерческий продукт.

Примерно три года назад коммерческий продукт Postgres Pro на базе PostgreSQL появился и в Poccuu. Продукт был создан компанией Postgres Professional, которая собрала четыре ведущих группы разработчиков PostgreSQL, существовавшие в России, некоторые из которых работали с PostgreSQL еще с 1996 года.

Мне удалось пообщаться с разработчиками Postgres Pro и узнать подробности о деятельности этой компании в том числе и в области импортозамещения.

Сегодня Postgres Pro — это вторая компания в мире по количеству разработчиков и объему доработок, вносимых в международную версию. В команде три специалиста со статусом major contributor¹ и два со статусом committer². Изначально Postgres Pro создавалась для оказания поддержки Open Source продукта PostgreSQL, и она продолжает заниматься этой деятельностью по сей день. Однако уже на первых порах своего существования компания столкнулась с тем, что заказчику нужны оперативные исправления, новая специфическая функциональность (иногда весьма серьезная), и ждать, когда Open Source сообщество примет новые функции, — это означает терять клиента. Специфика разработки PostgreSQL как продукта с открытым кодом предполагает, что ждать необходимой функции в международном решении приходится не менее полугода, а то и больше — в зависимости от того, в какой фазе развития находится продукт. К тому же, ожидаемая функциональность может вообще не появиться, поскольку процедура приемки новых функций сообществом требует консенсуса большого количества участников. Для того чтобы оперативно вносить новую функциональность, нужен собственный продукт на основе open source.

В итоге в компании Postgres Professional появилась российская версия СУБД, которая включает всю актуальную версию PostgreSQL, а также множество новых функций, недоступных в международной версии. Продукт Postgres Pro зарегистрирован в реестре отечественного софта, и на него получена сертификация ФСТЭК. Сначала был создан продукт Postgres Pro, который впоследствии разделился на Standard и Enterprise версии. С технической точки зрения. Postgres Pro Standard является буфером, в котором уже есть новые разработки, и скорость, с которой они перейдут в продукт СПО, не столь критична. Версия Postgres Pro Enterprise сильно отличается от Postgres Pro Standard, и сделана она для заказчиков без оглядки на Open Source.

Несмотря на то, что компания Postgres Professional существует на рынке всего около трех лет, она успела принять участие во многих масштабных проектах, таких как ГИС ЖКХ, ГИС ТЭК, в крупном проекте для ФНС, в результате которого все системы загсов будут работать на СУБД Postgres Pro. Компания Postgres Professional занимается поддержкой миграции на свою СУБД, а также созданием специализированных отраслевых СУБД. В частности, в 2016-м году для компании Росатом в содружестве с ВНИИЭФом была создана СУБД Синергия, которая в ближайшее время будет получать сертификат для работы с гостайной.

На пути импортозамещения есть два варианта. Первый – писать свой продукт с нуля собственными силами. Этим путем идут, например, разработчики отечественной СУБД ЛИНТЕР, которые отмечают, что их разработка исключительно отечественная и «ее не касалась рука иностранца». Код этой СУБД в основном был написан в Воронеже. СУБД развивается с 1990 года в рамках научно-производственного предприятия РЕЛЭКС (Реляционные экспертные системы), хотя у системы были свои отечественные предшественники, в разработке которых принимали непосредственное участие создатели СУБД ЛИНТЕР.

СУБД ЛИНТЕР прошла сертификацию в Министерстве обороны РФ, ФСТЭК России и гарантирует надежную защиту информации от уровня «персональные данные» до уровня «совершенно секретно». Но чтобы сделать базу мирового уровня, даже такого коллектива, какой имеется в распоряжении РЕЛЭКС, недостаточно.

¹Специалисты, которые внесли основной вклад в развитие продукта

² Специалисты, которые своим решением могут принимать тот или иной патч

KC5-COST

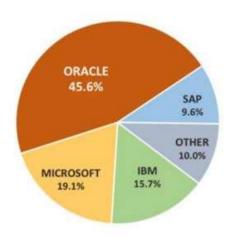


Рис. 1. Популярность СУБД, Источник: КСБ-СОФТ

Второй путь — это путь уже упомянутой Postgres Pro — опора на качественный СПО-продукт с существенным российским участием. Это движение в фарватере крупного проекта путем постоянного добавления новых возможностей в развиваемое международное ПО и поддержки собственного продукта, «не отходя далеко по коду» от Open Source разработки. О том, что это наиболее реальный способ создания конкурентоспособного продукта, позволяет судить недавнее (10 мая 2018 г.) исследование, проведенное фирмой «КСБ-СОФТ», входящей в группу компаний «Кейсистемс», которая опросила 63 организации, анализируя возможности ИТ-импортозамещения в госсекторе. Результаты анализа активно применяемых СУБД представлены на рис. 1.

В качестве одной из причин популярности Postgres Pro была отмечена совместимость с большим количеством операционных систем, в том числе с сертифицированными операционными системами Astra Linux,

РОСА и Альт Линукс; наличие версии продукта, сертифицированной во ФСТЭК России по требованиям руководящих документов РД СВТ по 5 классу, РД НДВ по 4 уровню и заявленным Техническим Условиям, поддержка продукта на высоком профессиональном уровне, а также опора на мощный СПО продукт PostgreSQL.

В компании Postgres Professional говорят, что опора на Open Source — это «ход конем к импортозамещению» — такая стратегия позволяет перепрыгнуть через многие препятствия и с минимальными временными потерями, «встав на плечи мировой разработки», выстроить собственный продукт. Именно таким продуктом является Postgres Pro, который развивается и поддерживается на территории Российской Федерации, и одновременно вносит весомый вклад в Open Source, признаваемый международным сообществом.

«Откуда вообще возникла необходимость импортозамещать условный Oracle или DB2?»

«Встречаются аргументы технического характера. Но это заранее проигрышная позиция. По функционалу, инфраструктуре решений, поддержке производителями аппаратуры те же СУБД "Большой тройки" (их доля мирового рынка — 90%) многократно перекрывают все свободные продукты вместе взятые [2]».

Прежде чем анализировать причины, по которым может возникать необходимость перехода с Oracle или DB2 на Open source решения, (политические, технологические или финансовые), остановимся на статистике по доле мирового рынка, которую занимает СУБД "Большой тройки". По всей видимости, порядок цифр, приводимый Сергеем Тарасовым, близок к оценкам, которые публикуют ведущие аналитики. Так, например, аналитическая компания Gartner отмечает долю Oracle, Microsoft и IBM на рынке коммерческих баз данных в мире в 2016-м году на уровне 80,4% (рис. 2).

Роstgres Pro Иные СУБД или не определились с выбором Ред База Данных ЛИНТЕР СТАНДАРТ 10,7% СУБД Платформа Odant Циркон-СУБД 7,1%

Рис. 2. Доля ведущих компаний на рынке коммерческих СУБД. Источник Gartner 2016

Похоже, что в России доля Oracle даже больше, чем в целом по миру. Так, по данным [3], СУБД Oracle применяется более чем в четверти отечественных госкомпаний, в то время как доля российских продуктов, таких, как ПО от «Диасофт», PostgreSQL от Postgres Professional или отечественные СУБД «Линтер» компании «Релэкс» и «Ред база данных» компании «Ред софт», пока не превышает 3%. По оценкам экспертов, Oracle сейчас занимает до 70% российского рынка СУБД.

Все это говорит о том, что зависимость Российских госпредприятий от американского программного обеспечения в области СУБД даже выше, чем в целом по миру!

При этом если обратиться к данным компании Руссофт [4], основанным на опросах российских компаний (табл. 1), можно сделать вывод, что, снизившись к 2016-му году, доля Oracle в период с 2017-го года по 2018-й год опять продолжила рост.

	Таблица 1. Основные используемые СУБД (% от всех опрошенных компаний)										ний)
Γ			_								

	Годпроведения опроса/СУБД	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	MS SQL	63%	74%	70%	66%	70%	67%	59%	61%	67%
2	MySQL	47%	40%	59%	56%	56%	54%	42%	53%	61%
3	PostgreSQL	17%	15%	26%	30%	28%	28%	33%	36%	51%
4	Oracle	49%	55%	51%	47%	45%	39%	36%	37%	40%
5	SQLite	9%	5%	12%	10%	19%	12%	10%	19%	25%
6	MS Access	19%	9%	19%	17%	18%	19%	17%	18%	16%
7	Firebird	11%	9%	10%	13%	16%	15%	11%	11%	14%
8-9	IBM DB2	13%	14%	9%	10%	12%	12%	8%	8%	7%
8-9	InterBase	9%	7%	7%	10%	6%	6%	3%	3%	7%
10-12	MSDE	7%	5%	5%	5%	7%	2%	2%	4%	6%
10-12	IBM Informix	7%	5%	7%	7%	6%	4%	1%	3%	6%
10-12	SAP DB	6%	5%	7%	5%	5%	3%	5%	2%	6%
13-14	Sybase ASE	6%	3%	3%	6%	8%	6%	2%	3%	5%
13-14	Paradox	4%	3%	3%	2%	4%	3%	1%	2%	5%
15-16	Sybase ASA	6%	6%	5%	6%	6%	3%	2%	2%	4%
15-16	Линтер	-	-	-	-	-	-	-	3%	4%
	Другая	13%	8%	7%	8%	10%	9%	5%	9%	14%

По всей видимости, динамика присутствия Oracle в России не подчиняется мировому тренду, о котором говорят американские аналитики. Так, согласно анализу рынка СУБД аналитика американской компании Gartner Mepва Адриана [5], «В течение десятилетий Oracle доминировала в отрасли баз данных, используя свое положение, чтобы «катапультировать» свою СУБД в корпоративные приложения и другие смежные рынки. В последнее время, однако, колесо данного маховика крутится по инерции.... Oracle по-прежнему лидирует на рынке баз данных, однако компания ежегодно теряет долю на этом рынке начиная с 2013 года. Единственное, что поддерживает Oracle, — это инерция: «ситуацию, когда клиент инвестировал в дизайн системы, создание физической инфраструктуры, размещение данных, сетевую архитектуру и т. д. вокруг внедрения определенного инструмента, который не может быть легко замещен, Gartner называет "опутыванием"».

Отметим, что на рис. 2 речь шла о рынке коммерческих продуктов. Gartner выпускает также отчет, касающийся ситуации в области внедрения СПО продуктов. В частности, в отчете [6] Gartner прогнозирует, что «к 2022 году более 70% новых внутренних приложений будут разработаны в системе управления базами данных с открытым исходным кодом (OSDBMS)». То есть Gartner отмечает весьма неплохие перспективы распространения СУБД с открытым исходным кодом в мире.

«Если завтра Oracle будет выполнять очередные санкции»

«Основной аргумент (сторонников импортозамещения³): "Если завтра Oracle будет выполнять очередные санкции, то мы рискуем остаться без поддержки, а лицензии на право пользования (теоретически) могут быть отозваны или не продлены"».

Оставим в стороне вопрос компетентности политического руководства страны, приведшего своими действиями к возможности такого поворота событий. Также не будем вспоминать про фантастический рассказ, в котором 15 лет сидевшие на нефтяной ренте люди вдруг начнут жить по-новому, с понедельника» [2].

Похоже «завтра», о котором «вчера» предупреждал господин Тарасов чисто теоретически, наступило практически, мы видим, что американские санкции ужесточаются и американская компания Oracle

-

³ Примечание автора данной статьи

достаточно четко следует предписаниям своего правительства. В феврале этого года Oracle предупредила российских партнеров о соблюдении новых санкционных требований США, направленных на заказчиков нефтегазового сектора, пишет газета «Коммерсантъ» со ссылкой на письмо компании Oracle.

Речь идет «о запрете предоставлять, экспортировать или реэкспортировать товары, услуги и технологии в поддержку глубоководной и арктической шельфовой разведки, добычи или сланцевых проектов, имеющих потенциал нефтедобычи, если в них вовлечено лицо, подпадающее под действие американской директивы №4».

Запрет распространяется на проекты, стартовавшие 29 января 2018 года или позже. Кроме того, ограничение касается любых возобновлений, изменений или продлений уже заключенных контрактов. Оно не распространяется только на предоставление финансовых услуг, например, по бухучету или страхованию. Сделки, не соответствующие требованиям, могут быть задержаны или отклонены, следует из письма Oracle.

К письму, прилагается список компаний, подпадающих под санкции. В нем 283 названия, в том числе предприятия "Газпрома", "Роснефти", "Лукойла" и "Сургутнефтегаза". Также эти санкции применяются к тем структурам, в капитале которых доля включенной в список компании составляет от 33% или она имеет большинство прав голоса.

Похоже, целому ряду «людей», «которые 15 лет жили на нефтяной игле» и использовали СУБД Oracle, просто придется что-то менять, если не с понедельника, то в ближайшее время.

По поводу компетентности политического руководства страны следует отметить, что компетентное политическое руководство, сказав «А», должно говорить и «В», что применительно к обсуждаемой ситуации означает – взявшись проводить независимую внешнюю политику, необходимо обезопасить страну не только на случай силового противостояния, но и информационного.

«Проблема с поддержкой не решается»

«Рассмотрим, чем нам может помочь СПО. Проблема с лицензиями решается. Они свободные, поэтому ограничить ими пользование продуктами нельзя в принципе. Альтернатива — взломанные версии коммерческих продуктов, продающиеся на дисках в переходах метро. Отличия исключительно юридические и психологические: не нарушен закон, совесть чиста, моральное удовлетворение. Проблема с поддержкой не решается. Принципиального отличия от установки взломанных продуктов с купленных в переходе дисков нет» [2].

Тот факт, что проблема с поддержкой решается, косвенно подтверждает статистика внедрений. PostgreSQL довольно широко используется во всем мире. При этом среди компаний, внедряющих данную СУБД, не только ИТ компании, такие как Skype или Instagram, но и целый спектр коммерческих и даже государственных компаний, не обладающих глубокой ИТ экспертизой в области СПО рис. 3.



Рис. 3. Примеры международных компаний, внедривших Postgres

Как следует из табл. 1, доля PostgreSQL на российском рынке активно растет. Вот как комментируют сами авторы исследования долю PostgreSQL: «Исключительным был только неуклонный рост доли свободной объектно¬реляционной системы управления базами данных PostgreSQL. В результате впервые изменился состав первой тройки самых популярных СУБД. Долгие годы она состояла из MS SQL,

MySQL и Oracle. В 2018 г. в нее попала PostgreSQL, которая потеснила Oracle на 4 место. Среди компаний с оборотом менее \$5 млн. система PostgreSQL вышла на твердое третье место уже в 2017 г. PostgreSQL (различные ее версии) активно внедряется в России. Компании, которые больше половины дохода получают от продаж за рубежом, пока чаще используют ее в сравнении с разработчиками, ориентированными в большей степени на российский рынок. Однако популярность PostgreSQL быстрее растет именно среди компаний, для которых основным является ИТ-рынок России. Среди компаний, которые больше половины дохода получают от продаж на внутреннем рынке, частота упоминания данной СУБД выросла за последний год на две трети, а среди компаний, в большей степени ориентированных на зарубежные рынки, — на одну треть. Это косвенный признак происходящего процесса импортозамещения» [4].

Можно привести примеры серьезных заказчиков в России из числа тех, кто внедрил PostgreSQL, (рис. 4.), очевидно, что без технической поддержки столь масштабные проекты не могли быть реализованы.

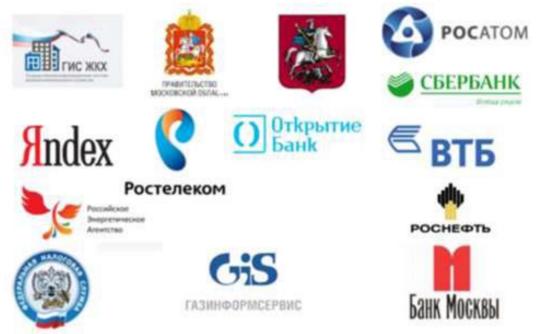


Рис. 4. Примеры отечественных компаний, внедривших Postgres

Поддержка развивается, множатся форумы, конференции, растет число обученных специалистов, а главное – появляются такие команды, как Postgres Professional, которые зарабатывают на поддержке, на создании собственных продуктов, которые они и поддерживают, и продвигают (в том числе в рамках импортозамещения).

Существенная экспертиза по внедрению Postgres накоплена и внутри крупных системных интеграторов. В частности, можно привести пример компании Ланит, которая принимает участие во внедрении проекта ГИС ЖКХ. Вот как описывают масштабы проекта в самой компании Ланит: «... ГИС ЖКХ – это первый в России федеральный портал о всей информации в ЖКХ, который запущен почти во всех регионах (в 2019 году присоединятся Москва, Питер и Севастополь). За последние три месяца в систему было загружено более 12 ТБ данных о домах, лицевых счетах, фактах оплаты и много-много еще чего, а всего в PostgreSQL сейчас лежит уже более 24 ТБ» [7].

«Некоторые считают, что в СПО нет "закладок"»

«Некоторые считают, что в СПО нет "закладок", а в коммерческом софте они есть. Ну что же, с определенным основанием вы имеете право так считать, если некто, обладающий вашим полным доверием:

- вычитает исходный текст (многие миллионы и десятки миллионов строк, включая компиляторы и библиотеки общего назначения);
 - проведет тесты безопасности;
 - соберет дистрибутив и подпишется под ним "проверено, мин нет".

Более того. Открытые исходники СПО – палка о двух концах, они доступны и злоумышленникам. Поэтому найденные уязвимости они будут использовать в своих целях, а вовсе не делиться находками с сообществом» [2].

В принципе, очевидно, что спрятать уязвимость в закрытом продукте намного легче, чем в продукте, где всегда «можно заглянуть под капот». Кроме того, процедура приемки новой функциональности в Open Source продукте (и в том же PostgreSQL) - это процедура, которая требует одобрения сообществом, и это связано именно с тем, чтобы избежать засорения продукта и, в том числе, чтобы исключить в нем появление разного рода уязвимостей. При этом даже коммитеры, которые сами могут вносить изменения, отнюдь не совершенно свободны. Коммитер не может делать то, что не ободряет сообщество. Скорее, у него есть некоторое доверие как к специалисту, что он не нанесет продукту вред потому, что сообщество знает этого человека и как профессионала, и как специалиста, преданного идеалам Open Source. Теоретически можно предположить, что закладки могут быть замаскированы в открытом коде «зловредными коммитерами», которые внедрили в продукт кусок кода, который выглядит как нормальный и, тем не менее, содержит скрытую уязвимость, которую как-то можно использовать для нанесения вредоносных действий. Однако велика вероятность, что в открытом коде такую уязвимость найдут, и, если ее найдут, можно отследить, кто ее внес. И, в-третьих, чем больше вы контролируете продукт, созданный на базе Open Source, тем меньше вероятность, что в нем будут несанкционированные места, что еще раз говорит о целесообразности создания собственного коммерческого продукта на базе Open source.

«"Закладки" для большинства – дело десятое»

«Но "закладки" для большинства – дело десятое. Не первое десятилетие компьютерные системы в СССР и теперь в РФ работают на локализованных коммерческих американских продуктах. Куда важнее вопросы поддержки:

- К кому оперативно обращаться в случае обнаружения ошибок?
- Кто отвечает за развитие системы и что с ним будет через 3 года?
- Кто отвечает за то, что новые версии будут совместимыми с прежними?
- Куда обращаться за технической поддержкой и обучением?» [2].

С Сергеем Тарасовым отчасти можно согласиться, что достаточно долгое время у нас в стране проблеме «закладок» уделялось недостаточное внимание. При этом трудно согласиться, что вопрос поддержки важнее, чем вопрос отсутствия закладок, поскольку это вопросы, лежащие в разных плоскостях.

Закладки могут быть «делом десятым», когда речь идет о компаниях, которые занимаются мелким бизнесом и живут по принципу «пусть мою почту читает ЦРУ, главное, что мне так дешевле и удобнее». Но если компания имеет отношение к силовым структурам, государственной тайне, банковской системе, (список можно продолжить), то этот подход явно неуместен.

Более того, многие события за последние четыре года, как-то: санкции, усиление информационного противостояния, курс на импортозамещение — поменяли расстановку приоритетов, усилили проблемы зависимости от ПО компаний со штаб-квартирой на территории государств, которые вводят против России санкции. Очевидно, такая зависимость делает нашу экономику, промышленность, системы управления и образования потенциально уязвимыми.

«Споры о нарушении свободных лицензий также рассматриваются в американских судах» «В развитии СПО активно участвуют те самые крупные американские корпорации, от которых ищется "импортозамещение" (например, Microsoft в первой двадцатке вкладчиков Linux, недавний пример из мне известных — ODBC доступ из Linux к SQL Server). Сообщества англоязычны и состоят в большинстве своем из законопослушных граждан США и ЕС. Серверы, на которых "живет" СПО, как правило, расположены в юрисдикции США. Споры о нарушении свободных лицензий также рассматриваются в американских судах (реже в европейских). В РФ, напомню, правоохранители могут наказать за использование СПО без наличия лицензионного договора, посчитав это нарушением.

Разумеется, более-менее серьезный заказчик не обрадуется такой перспективе, где ответственность за эксплуатацию СПО и сопутствующие расходы целиком ложится на его плечи» [2].

Комментируя данный тезис, во-первых, следует сказать, что нарушить патент или лицензию может любой разработчик, и это никак особенно не связано с СПО. Во- вторых, импортозамещение на базе СПО никак не нарушает лицензии этого СПО, если речь идет об использовании. Лицензия может быть нарушена, только если идет речь о продаже СПО.

И тут могут быть разные ситуации. Лицензии могут быть двух типов: те, которые разрешают создание коммерческих продуктов на основе СПО, и те, которые не разрешают. Например, лицензия GNU

GPL⁴ требует, чтобы производные продукты тоже имели лицензию GPL. С одной стороны, это способствует распространению ПО, но с другой стороны – мешает создавать коммерческие продукты, содержащие внутри себя СПО. С Linux дело обстоит именно так, а с PostgreSQL не так. PostgreSQL обладает такой лицензией, которая позволяет на его основе создавать производные продукты как коммерческие, так и некоммерческие. По сути, это и позволило компании Postgres Professional создать свой продукт (коммерческий форк) без каких-либо конфликтов с сообществом,

зарегистрировать его в реестре отечественного софта как продукт российского правообладателя и получить сертификацию ФСТЭК, которая тоже может быть выдана только при наличии правообладателя. Сила Postgres как раз в том, что у него, с одной стороны, есть сообщество, а с другой стороны, есть компании, которые делают свои форки, что и обеспечивает двусторонний поток изменений из форков в СПО Postgres и из СПО в форки.

«При замещении условного Oracle условным PostgreSQL расходы не будут отличаться». «Первый шаг к импортозамещению без кавычек – отечественное предприятие, которое берет на себя ответственность по вышеперечисленным пунктам:

- лицензионная чистота для заказчиков;
- сеть технической поддержки и обучения;
- оперативное исправление ошибок;
- развитие продукта и гарантии обратной совместимости;
- поддержка сообщества разработчиков и пользователей (см. ODN, MSDN, EDN и т.д.).

Не затрагивая сложности внутреннего производства такого предприятия, нужно понимать, что для замещения условного Oracle условным PostgreSQL расходы на организацию и поддержку перечисленного не будут отличаться. Если кто-то готов инвестировать миллиарды долларов в такой бизнес, то тогда можно всерьёз говорить об импортозамещении. Без кавычек» [2].

Комментируя вопрос затрат, следует признать, что процесс замещения проприетарной СУБД, такой, как Oracle, не дешев и не прост. Vendor Lock — это серьезная проблема. Oracle, действительно, стимулирует использование его нестандартных особенностей, в частности, — программирование на его процедурном языке PL/SQL. И когда у клиентов написано миллион строк кода на этом PL/SQL, то перенести все это (при том, что очень часто ни тестов, ни документации не оставлено) и убедиться, что все перенеслось корректно — это достаточно сложная работа. И тем не менее, практика показывает, что переход на СУБД с открытым исходным кодом может быть экономически оправдан.

Можно привести конкретный пример проекта Министерства государственного управления, информационных технологий и связи Московской области, которое завершило работу по миграции базы данных Межведомственной системы электронного документооборота Московской области (МСЭД) с СУБД Огасlе на свободно-распространяемую объектно-реляционную СУБД — PostgreSQL при поддержке Postgres Professional.

Согласно комментарию Максута Шадаева, финансовая экономия — это один из важных стимулов перехода на СПО: «Область старается везде, где это возможно, отказаться от проприетарных СУБД в пользу решений с открытым кодом. У нас есть несколько кейсов, которые показывают, что это вполне выполнимая задача. Нужно подчеркнуть, что, если уже созданная и работающая система базируется на иностранной СУБД, к примеру, Oracle или Microsoft, министерству приходится всегда внимательно считать, во сколько обойдется миграция на свободное ПО, и приведет ли это к экономии. Если экономии для бюджета мы не получаем, решение о переходе не принимаем» [8].

Литература:

- Денис Воейков «Почему Реестр российского ПО так и не смог запустить в стране импортозамещение» [В Интернете]. Доступно по ссылке: http://www.cnews.ru/news/top/2018-04-24 pochemu reestr rossijskogo po tak i ne smog zapustit [Дата обращения: 21 Сентября 2018].
- 2 Сергей Тарасов «PostgreSQL: головокружение от импортозамещения», 27/02/2015 [В Интернете]. Доступно по ссылке: https://arbinada.com/en/node/1396 [Дата обращения: 21 Сентября 2018].
- 3 «Нефтегазовая дилемма: в поиске альтернативных СУБД», [В Интернете]. Доступно: https://habr.com/company/tmaxsoft/blog/360491/, [Дата обращения: 21 Сентября 2018].

⁴ GNU General Public License (переводят как Универсальная общественная лицензия GNU, Универсальная общедоступная лицензия GNU или Открытое лицензионное соглашение GNU) — лицензия на свободное программное обеспечение, созданная в рамках проекта GNU в 1988 г., по которой автор передаёт программное обеспечение в общественную собственность. Её такђе сокращённо называют GNU GPL

- 4 «РУССОФТ представляет рейтинг системного ПО и инструментов, используемых российскими разработчиками ПО», [В Интернете]. Доступно по ссылке: http://www.russoft.ru/tops/4730 [Дата обращения: 21 Сентября 2018].
- 5 How PostgreSQL just might replace your Oracle database [В Интернете]. Доступно по ссылке: https://www.infoworld.com/article/3261571/database/how-postgresql-just-might-replace-your-oracle-database.html
- 6 Gartner "State of the Open-Source DBMS Market, 2018" by Merv Adrian, Donald Feinberg, February 28, 2018
- 7 «PostgreSQL. Ускоряем деплой в семь раз с помощью «многопоточки» [В Интернете]. Доступно: https://habr.com/company/lanit/blog/351160/ [Дата обращения: 21 Сентября 2018].
- 8 «СЭД Московской области переехала с Oracle на PostgreSQL» [В Интернете]. Доступно: https://postgrespro.ru/blog/media/19929 [Дата обращения: 21 Сентября 2018].

Александр Николаевич Прохоров, место работы - Гринатом. Степень - к.т.н.

Ключевые слова: импортозамещение, открытый код

Alexander Prokhorov. WHY DO WE EVEN HAVE TO SUBSTITUTE "CONDITIONAL ORACLE?"

Keywords: import substitution, Open Source

Abstract

The article deals with the possibilities and feasibility of import substitution of Western DBMS in the Russian market, the role of Open Source in this process. It is known that in the Russian software market the lion's share is occupied by applied SOFTWARE, and sometimes port substitution concerns mainly the so-called "visible part of the iceberg"-applied SOFTWARE, leaving other layers of the technological stage without due attention. It is obvious that serious import substitution is impossible without replacement of system SOFTWARE and, in particular, products of DBMS class. As far as possible and justified? The controversy on this topic is of some interest.

Общие требования к публикуемым материалам

Авторам предоставляется широкий выбор возможностей для самостоятельного размещения своих материалов непосредственно на сайте журнала в своих индивидуальных блогах. Требуется предварительная регистрация в качестве автора. Также можно присылать научные статьи на адрес редакции по электронной почте в формате word (не очень старых версий). Учитывая мультидисциплинарный характер журнала, можно ожидать появления статей с формулами, графиками и рисунками. В этом случае предпочтительно, чтобы авторы сами форматировали свои статьи и присылали их в формате pdf или контактировали с редакцией по поводу их оформления. При этом все материалы должны удовлетворять следующим требованиям к содержанию.

1. Уникальность

Текст должен быть написан специально для журнала Цифровая экономика. Научная статья обязательно содержит ссылки на работы предшественников и других специалистов по теме, а в идеальном случае—их краткий анализ. Конечно, обзор литературы может включать ранее опубликованные труды самого автора, если он давно работает над проблемой. Действительно оригинального текста в материале может быть немного. Но оригинальные идеи или важные подробности присутствовать должны обязательно. В том числе возможна публикация текстов, представляющих собой развернутые версии кратких статей, опубликованных или направленных в печатные издания. Вы самостоятельно решаете, сколь уникальный текст подавать в журнал на рассмотрение, в том числе, вы можете сами поместить текст на сайте журнала и он будет доступен читателям. Вы сразу можете определить, что это научная статья, мнение или что-то иное. Но редакция и рецензенты оставляют за собой право на оценку вашего материала в качестве научной статьи, достойной публикации.

2. Актуальность и польза

Ваш текст должен быть нужен и полезен, прежде всего, для читателей, а не для WebScience, Scopus или РИНЦ, хотя в дальнейшем мы планируем добиться индексации в этих системах, как и признания публикаций ВАК. Прежде чем писать статью, задайте себе вопрос—зачем? Вам нужна ещё одна строка в перечне публикаций? Или у вас есть гипотеза, метод, результат, теория, новый инструмент, идея, найденная чужая ошибка?

3. Профессионализм

Если вы ответили на вопрос *зачем*, то время оценить свои силы. Читая ваш текст, люди должны видеть, что его писал специалист, хорошо разбирающийся в вопросе. Пишите, прежде всего, о том, чем сами занимаетесь и что знаете отлично.

5. Язык и стиль

Пишите просто. Пишите сложно. В зависимости от жанра и специфики публикации. Для научной стать требование простоты выглядит недостижимым, зачастую—ненужным, а для мнения—вполне разумно. Если вы поборник чистоты текста, можно порекомендовать проверить его с помощью «Главреда». Конечно, следует понимать, что научная статья никогда не получит высокой оценки от этой программы.

6.Типографика

Если стиль—дело вкуса автора, то типографские тонкости следует соблюдать с самого начала. Погрузите ваш текст в <u>Реформатор</u> (кнопка «Типографить»). Сервис заменит такие кавычки: "" на такие: «», а дефисы на нормальные тире (—).

Еще один полезная программа— типографская раскладка Бирмана.