

Математические модели социально-экономических процессов

Анализ социально-экономических проблем и вызовов, связанных с ИКТ

Л.Е. ВАРШАВСКИЙ^{1,2}

¹ Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Москва, Россия

² Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия

Аннотация. В статье исследуются тенденции развития элементной базы информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), а также технологии искусственного интеллекта (ИИ). Проводится анализ национальных программ развития технологий искусственного интеллекта, а также прогнозных сценариев оценки масштабов и социально-экономических последствий применения методов ИИ. Рассматриваются риски, связанные с продукцией и услугами отрасли ИКТ. С целью смягчения негативного влияния ИКТ на общественное развитие предлагается разработать нормативно-законодательную базу и кодекс этических норм и правил, которыми должны руководствоваться разработчики, заказчики и пользователи ИКТ-приборов и услуг.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, искусственный интеллект, кибербезопасность, риски, рынок труда.

DOI: 10.14357/20790279190101

Введение

В настоящее время информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) превратились в важную отрасль, определяющую будущее развитие экономики. По оценке компании Gartner в 2017 г. объем мирового рынка ИКТ составлял 3,5 трлн долл, в том числе объем только информационных технологий (ИТ) – 2,1 трлн долл.¹

¹ <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-01-16-gartner-says-global-it-spending-to-reach-37-trillion-in-2018> // (Доступ 15.10.2018).

Развитие и использование информационно-коммуникационных технологий привело к революционным преобразованиям в экономике [1]. Намечился прогресс в таких областях ИКТ, как машинное обучение, большие данные, робототехника и др. направлениях, объединяемых в рамках понятия «искусственный интеллект», возникшего на заре развития кибернетики в 1950-х гг. Однако после финансового кризиса 2008–2009 гг. темпы распространения ИКТ превысили ранее мыслимые пределы. Во многом этому способствовала

сложившаяся в США в 1980-х гг. разновидность рыночной системы, ориентировавшая инвесторов и бизнес на особенно быстрый рост прибыли: в послекризисные годы инвесторы сделали выбор в пользу некапиталоемких технологий и, прежде всего, в информационные услуги и программное обеспечение (software). Резко возросли фондовые индексы ИКТ-компаний. Так, индекс NASDAQ Composite (^IXIC), только за период с 2010 по 2018 гг. увеличился более, почти в 4 раза (во многом за счет этих компаний), в 3-м квартале 2018 г. достигнув рекордной отметки, превышающей 8000².

Однако побочным эффектом форсированного распространения этих технологий стало появление все новых проблем экономического, правового, этического характера и связанных с ними киберугроз и рисков, которые в перспективе начнут сдерживать внедрение ИКТ. Учитывая уроки начала 2000-х гг., когда молниеносно подхватывались непроверенные предложения и инструменты финансовых «инноваторов», приведшие к финансовому кризису 2008–2009 гг., необходим тщательный анализ социально-экономических последствий решений и предложений, рекомендуемых специалистами в области ИКТ и поощряющими их инвесторами, не забывая о долгосрочной перспективе [2]. Эти проблемы весьма остро стоят и в нашей стране, тем более, что в 2017 г. была принята Программа «Цифровая экономика Российской Федерации».

Цель настоящей статьи состоит в анализе проблем, связанных с расширением использования ИКТ, учет и решение которых могли бы способствовать смягчению неблагоприятных для общества последствий от слабо контролируемого в настоящее время распространения этих технологий.

1. Тенденции развития элементной базы ИКТ

Благодаря разработанным научно-техническим решениям, прогресс в области миниатюризации, повышения производительности и энергоэффективности микроэлектронных устройств и компонентов ЭВМ идет значительно быстрее, чем предполагалось даже в конце 1980-х - начале 1990-х годов. С 1995 по 2015 г. топологический размер полупроводниковых схем уменьшился в 25 раз, причем только за последние 10 лет – почти в 5 раз.

В 2015 г. ведущий разработчик и производитель микропроцессоров Intel начал производство чипов с топологическим размером микросхем 14

нм, а в 2019-2020 гг. планирует переход на чипы с топологическим размером 10 нм. Конкурент Intel, компания AMD, предполагает начать производство микропроцессоров Rome (относящимся к следующему поколению процессоров EPC) с топологическим размером микросхем 7 нм также в 2019 г.³.

Переход компаний-производителей чипов на эти, и еще более совершенные технологические процессы, становится возможным в связи с наметившимся прогрессом в создании и внедрении долго ожидавшихся установок экстремальной ультрафиолетовой фотолитографии (EUV-сканеров). Вместе с тем, следует отметить высокую энергоемкость этих установок: на одной из фабрик компании GlobalFoundries потребуется увеличить электрическую мощность на 10% для подключения лишь двух EUV-сканеров⁴.

Необходимо также отметить проблему роста производственных затрат, которая обостряется по мере уменьшения топологического размера интегральных схем, характеризующего приближение к физическим пределам миниатюризации схем [3]. Так, усложнение технологии заставило компанию Intel отсрочить переход на схемы с топологическим размером 10 нм (этот переход должен был состояться в 2018 г.).

По некоторым оценкам, из-за роста затрат (для схем с размером 5 нм производственные затраты могут увеличиться в 2,5–3 раза по сравнению с затратами на производство схем с размером 14–16 нм!), лишь немногие компании смогут выйти на производство микросхем с топологическим размером 5 нм и менее⁵. Пока только 2 компании (Samsung и TSMC) предполагают начать в 2019 г. производство чипов с топологическим размером 7 нм с использованием EUV-сканеров. Другой производитель микросхем, компания, GlobalFoundries приняла решение об отказе от производства микросхем по такой технологии и концентрации усилий на изготовлении микросхем для устройств

³ Следует, однако, отметить, что компании-производители микросхем используют в качестве топологического размера (англ. node) собственные характеристики размеров, которые, несмотря на обильную ими малую величину, несопоставимы с объективной характеристикой топологического размера, используемого Intel (так топологический размер микросхем 7 нм, используемый в компании TSMC, на фабриках которой могут производиться микропроцессоры Rome, практически эквивалентен топологическому размеру микросхем 10 нм в компании Intel). <https://www.top500.org/news/intel-and-micron-will-part-ways-on-3d-xpoint/>; <https://www.top500.org/news/intel-on-defensive-again-regarding-chip-manufacturing-plans/> (Доступ, 01.09.2018).

⁴ <https://spectrum.ieee.org/semiconductors/nanotechnology/euv-lithography-finally-ready-for-chip-manufacturing/> (Доступ 11.01.2018)

⁵ <https://semiengineering.com/uncertainty-grows-for-5nm-3nm/> (Доступ 13.03.2017).

² <https://finance.yahoo.com/quote/%5EIXIC/history?period1=1262289600&period2=1523736000&interval=1mo&filter=history&frequency=1mo/> (Доступ 01.12.2018).

Интернета вещей (IoT), беспроводной мобильной связи 5G и др [4].

Здесь следует отметить, что еще в 2015 г. участники Международной технологической дорожной карты по полупроводникам (ITRS) сочли неэкономичным уменьшение топологического размера микросхем ниже уровня 5 нм после 2021 г. (даже этот размер ненамного больше размера атома кремния, который составляет 0,546 нм!).

Таким образом, так называемый, Закон Мура перестает действовать. Дальнейшие методы повышения плотности элементов в чипах связаны с переходом к трехмерным структурам, многослойности и др. Эти направления микроэлектроники, исследования по которым проводятся в ведущих компаниях уже с начала текущего века, будут также охвачены в рамках программы Агентства Министерства обороны США DARPA «Инициатива по возрождению электроники» (англ. Electronics Resurgence Initiative), на которую предусмотрено выделение 1,5 млрд долл. [5].

Драйверами дизайна чипов, по мнению разработчиков дорожной карты ITRS, должны стать такие области применения, как центры обработки данных (ЦОД), Интернет вещей (IoT) и мобильные устройства ⁶. Необходимо подчеркнуть, что в настоящее время, после снижения спроса на персональные компьютеры, именно эти направления признаются разработчиками и производителями микросхем и приборов жизненно важными для продолжения своей деятельности.

В последние годы под влиянием перечисленных выше приложений, а также таких, как глубинное обучение (deep learning), наметился переход от микропроцессоров общего назначения к специализированным схемам типа FPGA (Field-Programmable Gate Array – программируемая пользователем вентильная матрица), ASIC (specific integrated circuit– интегральная схема специального назначения), а также к графическим процессорам (GPU; за последние 5 лет быстродействие GPU компании Nvidia повысилось в 25 раз! ⁷). Специализированные схемы типа FPGA и ASIC могут быть эффективно использованы при решении многих задач в области искусственного интеллекта, так как обеспечивают более высокое быстродействие, большую энергоэкономичность при меньших затратах (они, в частности, могут быть реализованы на микросхемах с большим топологическим размером). За счет этого открывается возможность

⁶ <https://spectrum.ieee.org/semiconductors/devices/transistors-could-stop-shrinking-in-2021> (Доступ 12.08.2017).

⁷ <https://spectrum.ieee.org/view-from-the-valley/computing/hardware/move-over-moores-law-make-way-for-huangs-law/> (Доступ 09.06.2018).

проявления инженерного творчества при создании различных приборов и устройств (например, медицинских и навигационных приборов, устройств мобильной связи и др.), причем не только в крупных компаниях, но и в малом бизнесе^{8,9}.

Кроме того, крупные производители микросхем приступили также к разработке новых подходов к высокопроизводительным вычислениям для решения задач ИИ на основе нейроморфных и квантовых компьютеров. Одновременно исследуются перспективы использования устройств на основе графена, нанотрубок и др. продукции наноэлектроники¹⁰. Более традиционное направление адаптации элементной базы к высокопроизводительным вычислениям и задачам ИИ, которое предполагается реализовать в компании Intel в 2019 г., связано с началом производства 48-х ядерных микропроцессоров Cascade Lake Advance Performance (AP) [6, 7].

Важным драйвером для дальнейшего производства полупроводниковых микросхем являются и новейшие коммуникационные технологии. Так, в среднесрочной перспективе во всем мире и у нас предполагается масштабный переход к системе беспроводной мобильной связи 5G. В программе «Цифровая экономика Российской Федерации» во всех крупных городах (1 млн человек и более) намечается обеспечить устойчивое покрытие системой 5G и выше [8]. Необходимость перехода к 5G связывается с увеличением трафика, сокращением времени задержки и скорости передачи сигналов, предполагаемым бурным распространением Интернета вещей (IoT), расширением масштабов обслуживания движущихся объектов и др.

В целом, можно констатировать, что именно прогресс в создании аппаратных средств ИКТ и, в особенности в области элементной базы, явился главным фактором, способствовавшим быстрому развитию как высокопроизводительных вычислений, так и новых областей искусственного интеллекта и средств связи.

2. Некоторые тенденции развития технологий искусственного интеллекта

Достижения в области элементной базы во многом стимулировали повышение интереса к исследованиям в области ИИ. Так, если ИИ, как научная область, зародился в начале 1950-х гг., то

⁸ <https://spectrum.ieee.org/computing/hardware/expect-deeper-and-cheaper-machine-learning/> (Доступ 15.08.2018).

⁹ <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/computing/hardware/lowbudget-chip-design-how-hard-is-it/> (Доступ 30.07.2018).

¹⁰ <https://www.hpcwire.com/2018/01/25/hpc-ai-two-communities-future/> (Доступ 30.01.2018).

научные методы и коммерческие приложения ИИ получили бурное развитие в последние 10 лет. Только в 2015 г. технологические компании (включая Google и Microsoft) потратили 8,5 млрд долл. на ИИ, что в 4 раза больше, чем в 2010 г. Вместе с тем, в [9] отмечается, что прогресс в области ИИ достигнут в 6 технологиях ИИ, которые авторы относят к «узким» (компьютерное зрение, машинное обучение, работа с естественными языками, Интернет вещей (IoT), робототехника и логические выводы (англ. reasoning)).

В работе [10] проведен анализ влияния возможных направлений ИИ на инновационную деятельность. Исследовались возможности, связанные с использованием трех направлений ИИ: робототехникой, символьными системами (symbolic systems) и глубинным обучением (deep learning). По мнению авторов, наиболее позитивное влияние на изменение характера инновационного процесса могут оказать научные исследования в области глубинного обучения.

В отмеченной работе проведен библиометрический анализ публикационной и патентной деятельности в области ИИ. Так, анализ 98124 публикаций в области ИИ из базы Web of Science за период с 1955 по 2015 г. показал, что значительная часть работ связана с машинным обучением (61,4%) и робототехникой (21,4%). После 2009 г. наметился также бурный рост публикаций в области применения методов глубинного обучения (в настоящее время их доля в общем числе публикаций по ИИ составляет 50%).

В то же время наибольшее число патентов за исследовавшийся долгосрочный период было связано с робототехникой (40%), а на остальные направления ИИ приходилось примерно равное количество патентов. В последние годы отмечается более быстрый рост числа патентов в области глубинного обучения по сравнению с другими направлениями ИИ.

Важный вывод, содержащийся в ряде исследований в области оценки влияния ИИ на экономическое развитие, относится к тенденциям локализации производства из-за его удешевления в результате автоматизации и, как следствие, к изменению характера мировой торговли (включая объемы и направления потоков товаров и услуг). Отмечается также возможность возрастания числа более мелких предприятий, приближенных к потребителю, и, как следствие этого, существенно более быстрой и эффективной адаптации производства к спросу [9, 11].

Следует однако отметить, что, дальнейший успех в области использования такого направле-

ния ИИ, как машинное обучение, связан, по мнению ряда специалистов, не с алгоритмическим обеспечением, а с логистикой, характеризующей данные, т.е. с их качеством, стандартизацией, доступностью¹¹. На ключевое значение доступности и обмена данными между специалистами в разных областях академического и коммерческого секторов для эффективной деятельности в области ИИ указывают многие специалисты. В эпоху 4-й промышленной революции недопущение к данным может служить существенным искусственным барьером и в рыночной конкуренции. В связи с этим, предлагается осуществлять государственное регулирование процессов распределения и обмена данными (см. также п. 3.2).

Следует отметить, что в настоящее время начался переход к третьему этапу работ в области ИИ (Third Wave AI). Так, Агентство DARPA запустило программу «Исследование искусственного интеллекта» (ИИИ, англ. Artificial Intelligence Exploration). В отличие от предыдущих этапов исследований в области ИИ, основанных на использовании большого объема данных для обучения, а также заранее заданных правил принятия решений, в ходе работ по этой программе должны быть разработаны самообучающиеся системы, способные сами генерировать решения на основе малых выборок данных [12].

Вместе с тем, следует отметить, что технологии ИИ пока не дают 100%-й гарантии в правильности вырабатываемых решений. Так, оказывается, что методы глубинного обучения весьма чувствительны к небольшим изменениям анализируемых объектов, что может приводить не только к серьезным ошибкам, но и способствовать умшленному изменению характеристик объектов для достижения противоположных целей. Кроме того, крайне затруднена идентификация ошибок, сделанных в ходе принятия решений на основе обучения нейронных сетей [13].

3. Глобальная конкуренция в области ИКТ

В связи с оптимистическими ожиданиями инвесторов относительно революционного переворота в экономике, благодаря достижениям в области ИКТ, ведущие страны мира начинают разрабатывать национальные программы развития ИИ и перехода к цифровой экономике. При этом США и Китай претендуют на всеобъемлющее лидерство в области ИИ. Некоторые аналитики сравнивают складывающуюся в мире конкуренцию в области ИИ с сорев-

¹¹ <https://www.datanami.com/2018/01/04/2018-will-data/> (Доступ 09.01.2018)

нованием между СССР и США в освоении космоса в годы холодной войны¹². По-видимому первым этапом конкуренции в области ИКТ явилась гонка производительности суперкомпьютеров.

3.1. Конкуренция за производительность суперкомпьютеров

Особенностью текущего десятилетия стала утрата единоличного лидерства США в производительности суперкомпьютеров. Так, в 2010-2017 гг. большую часть времени наиболее производительными суперкомпьютерами из списка Top 500 были китайские. Несмотря на то, что в 2018 г. США удалось вернуть лидерство (производительность самого мощного суперкомпьютера Summit по показателю R_{max} составляла 143.5 Пфлопс), в списке Top 500 состояло лишь 109 американских суперкомпьютеров, в то время как 227 китайских и 31 японская [14],¹³.

Следует отметить, что создание производительных суперкомпьютеров в Китае осуществляется в рамках пятилетнего плана, с целью преодоления отставания в уровне экономического развития от уровня развитых стран, а также с целью обеспечения собственных разработок в области высоких технологий. Последнее вызывает озабоченность в США, так как в стремлении к обладанию Китаем собственными высокими технологиями там усматривается угроза повышения военного потенциала этой наиболее населенной страны мира [15]. Вместе с тем, нельзя исключать того, что в ближайшем будущем лидерство в области наиболее производительного суперкомпьютера сохранится у американцев, которые реализуют ряд амбициозных проектов, связанных с созданием эксафлопсного суперкомпьютера.

3.2. Национальные планы и программы развития ИИ

Одним из первых развернутых документов, в котором предлагалась стратегия развития ИИ с учетом его позитивных и негативных последствий явился доклад Национального Совета по науке и технологиям США «Подготовка к будущему ИИ» («Preparing for the Future of Artificial Intelligence»), подготовленный в 2016 г. Большое место в докладе уделяется вопросам влияния ИИ на экономику, в частности, на повышение производительности, а также на рынок труда. В докладе отмечается, что в течение ближайших 20 лет не следует ожидать,

что ИИ будет превосходить человеческие возможности для решения все большего числа задач. Вместе с тем, указывается, что ИИ и автоматизация будут способствовать процветанию американской экономики, создавая, однако, трудности для некоторых категорий трудящихся (операторов, клерков, турагентов, рабочих на сборочных линиях). Приводятся данные о том, что в течение ближайшего десятилетия от 9 до 47% рабочих мест может находиться под риском исчезновения, что, в свою очередь, усилит экономическое неравенство. В связи с этим, Совет предложил разработку и реализацию государственных мер по стимулированию перехода к ИИ и смягчению неблагоприятных последствий от развития ИИ.

Первая мера (*Invest in and develop AI for its many benefits*) предполагает увеличение государственного инвестирования в исследования и разработки в области ИИ. Однако при этом потребуются увеличить численность специалистов по техническим наукам и математике (STEM). Вторая мера (*Educate and train Americans for jobs of the future*) состоит в удовлетворении потребности рынков в работниках с требуемыми навыками. Для этого предлагается увеличить финансирование образовательных учреждений, а также обеспечить помощь работникам в переквалификации в нужном направлении. Наконец, третья мера (*Aid workers in the transition and empower workers to ensure broadly shared growth*) направлена на создание условий для обеспечения работой и повышения зарплат квалифицированных работников, совершенствование системы социальной защиты и системы здравоохранения. [16].

Необходимость более широкого вовлечения государства в развитие ИИ активно лоббируется и ведущими американскими компаниями в области ИКТ, которые начинают понимать не только позитивные, но и негативные последствия использования ИИ. Показательными являются обращения представителей Intel к правительству относительно поддержки проектов Закона об открытых правительственных данных (OPEN Government Data Act), а также Закона о влиянии ИИ на рабочие места (AI JOBS Act). Первый из упомянутых проектов должен способствовать допуску специалистов по машинному обучению к государственным базам данных, являющимся общенациональным ресурсом и формируемым за счет средств налогоплательщиков. Цель второго предложения – смягчить неблагоприятные последствия возможной потери работы трудящимися в результате использования ИИ. Представляет интерес предложение Intel обеспечить

¹² <https://www.csis.org/analysis/machine-intelligence-we-need-national-strategy/> (Доступ 30.07.2018).

¹³ <https://www.top500.org/news/lists/2018/11/press-release/> (Доступ 30.11.2018).

государственную поддержку прозрачности и объяснимости (*explainability*) алгоритмов программного обеспечения ИИ, которое для многих потребителей, включая крупный бизнес, является «черным ящиком». Такая мера поможет устранить информационное неравенство, дискриминация и вред пользователям средств ИИ¹⁴.

После появления американского доклада о будущем ИИ в США, в середине 2017 г. Государственным Советом КНР был опубликован план по развитию ИИ следующего поколения (Next Generation Artificial Intelligence Development Plan) на период до 2030 г. В плане установлены 3 этапа развития ИИ в Китае. На первом этапе, к 2020 г. технологии ИИ должны достичь мирового уровня и стать драйвером экономического развития страны. На втором этапе, к 20205 г. должны быть получены прорывные результаты в теории ИИ. ИИ должен стать драйвером промышленного обновления и экономической реструктуризации. Должны быть заложены основы для построения интеллектуального общества в стране. К 2030 г. теория, технологии и применения ИИ должны достичь глобального уровня, Китай должен стать глобальным центром ИИ, достигнут прогресс в построении интеллектуальной экономики и общества.

К числу важных задач в Плане относится создание надежной и безопасной инфраструктуры ИИ, обеспечение интеграции гражданских и военных исследований в области ИИ (Enhance AI civil-military integration). С этой целью предполагается наладить совместную работу крупных ИТ-компаний с национальными лабораториями. Комплекс мер, которые должны способствовать выполнению плана, включает: 1) формирование законов, регулирующих актов и этических норм для развития ИИ; 2) улучшение общей политики стимулирования развития ИИ; 3) установление стандартов для технологий ИИ, а также системы интеллектуальной собственности; 4) регулирование безопасности ИИ и установление системы оценки ИИ; 5) обеспечение подготовки кадров для ИИ; 6) активизация деятельности по популяризации ИИ [17].

Стратегия развития ИИ разработана и в Канаде (Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy)¹⁵. Основными целями этой стратегии являются: увеличение численности высококвалифицированных

исследователей и аспирантов в университетах в области ИИ; установление взаимосвязи между ведущими канадскими центрами в области ИИ в Эдмонтоне, Монреале и в районе Торонто-Уотерлоо; обеспечение глобального интеллектуального лидерства в области оценки экономических, правовых и этических последствий, связанных с достижениями ИИ; поддержка национальных исследований в области ИИ.

Интересно отметить, что ведущими канадскими отраслями в области использования ИИ считаются маркетинг, финансовые услуги, здравоохранение с фармацевтикой, кадровые, а также социальные службы¹⁶.

Другие страны также не отстают в желании занять достойное место в ходе происходящих изменений (перехода к 4-й промышленной революции). Так, в ЕС разработаны меры по интенсификации инвестиций в развитие ИИ, подготовке социально-экономических изменений и обеспечению этических и правовых норм в указанной области¹⁷.

4. Социально-экономические проблемы, связанные с продукцией и услугами отрасли ИКТ

4.1. Недостаточно проработанные решения разработчиков ИКТ

В связи с приближением топологических размеров микросхем к предельно допустимым уровням, возрастают и технологические риски компаний-производителей элементной базы. Так, даже ведущий производитель Intel предупреждает, что не все разрабатываемые его учеными продукты и технологии могут оказаться коммерчески успешными.

Следует отметить, что некоторые недоработки продукции производителей становятся известными через много лет после начала эксплуатации техники. Так, в самом конце 2017 г., после долгих лет эксплуатации были обнаружены уязвимости микропроцессоров, получившие название Meltdown (поражает микропроцессоры Intel) а также Spectre (поражает микропроцессоры PC и мобильных устройств).

В этой связи, нельзя не согласиться с мнением специалиста по кибербезопасности С. Боргом (S. Borg), который отметил, что инженеры-разработчики «железа» (hardware) должны оценивать

¹⁴ <https://www.top500.org/news/intel-nvidia-call-for-government-support-of-ai/> (Доступ 10.07.2018).

¹⁵ <https://www.cifar.ca/assets/pan-canadian-artificial-intelligence-strategy-overview/> (Доступ 04.05. 2018).

¹⁶ <http://www.greentechasia.com/wp-content/uploads/2018/02/Canada-AI-Ecosystem-2018-Profile-Summary-Report-Greentech-Asia.pdf/> (Доступ 14.05. 2018).

¹⁷ <http://ai-europe.eu/the-european-commission-outlines-an-approach-to-boost-investment-and-set-ethical-guidelines/> (Доступ 04.05.2018).

свои создаваемые продукты с позиции максимизации затрат у возможных хакеров¹⁸. Отметим, что подобный подход к проектированию изделий известен в ряде других областей науки и техники, например, в атомной энергетике.

Наконец, следует учесть медицинские риски для общества, которые связаны с расширением масштабов мобильной связи [18], и особенно возрастают при переходе к системе беспроводной мобильной связи 5G.

Для передачи сигналов с повышенной спектральной эффективностью (spectrum efficiency) будут использованы, в частности, нижние диапазоны миллиметровых волн (в окрестности 30 и 40 ГГц; в существующих системах мобильной связи 1G-4G используется чистотный диапазон 800 - 2600 МГц), которые, однако, поглощаются каплями дождя и частицами в воздухе, и не могут проходить через преграды. Поэтому предполагается примерно через каждые 250 м сооружать небольшие базовые станции (small cells), что резко увеличит плотность их установки (в десятки и сотни раз). Так, по расчетам компании UBS в Нью-Йорке придется увеличить число базовых станций в 500 раз (с 1251 до 635639)! Все это потребует колоссальных инвестиций и может оказаться экономически неэффективным. Уже сейчас компании и государственные организации выделили на разработку 5G около 5 млрд долл.¹⁹.

Однако у разработчиков и производителей технологии 5G нет четкого представления о целесообразных направлениях использования этой инновации. Об этом свидетельствует тот факт, что значительная часть спектров в диапазонах 24,25-27,5 ГГц и 37-43,5 ГГц предназначена для игровых приложений и виртуальной реальности²⁰.

При этом совершенно не исследованы последствия влияния значительного увеличения плотности и величины сверхвысокочастотного электромагнитного излучения на здоровье населения и на инфраструктуру!

¹⁸ http://spectrum.ieee.org/view-from-the-valley/computing/embedded-systems/why-hardware-engineers-have-to-think-like-cybercriminals-and-why-engineers-are-easy-to-fool?utm_source=Tech+Alert&utm_medium=Email&utm_campaign=TechAlert_05-18-17&bt_ee=JwZmn+1WfgWSTn5HrwTe80uSLDZij+gK3as1tqUqPm67Aruejk2nYd65iXNH9rn&bt_ts=1495116783244/ (Доступ 23.05.2018).

¹⁹ <https://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/verizon-and-att-prepare-to-bring-5g-to-market/> (Доступ 14.05.2018).

²⁰ [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_\(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8/](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:5G_(%D0%BF%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8/) (Доступ 24.05.2018)

4.2. Рост расходов на создание информационных систем и обеспечение информационной безопасности

4.2.1. Завышенная экономическая эффективность ИТ-проектов

Несмотря на бесспорно огромную общественную полезность информатизации, следует отметить, что часто внедрение информационно-коммуникационных технологий рассматривается как самоцель, причем не производится оценка эффективности таких мероприятий. В результате, как отмечается в [19], потребители информационных продуктов и услуг стали «...заложниками коммерческих интересов их производителей и продавцов и наша от них зависимость гораздо сильнее нашего на них влияния». Способствует этому, в частности, несовместимость ИКТ-продукции разных конкурентов, малый жизненный цикл некоторых видов изделий и особенно программного обеспечения (software), а также агрессивная маркетинговая политика. В силу последних факторов, потребителям приходится часто обновлять свои продукты, следствием чего являются неоправданные во многих случаях затраты ресурсов и труда (в значительной мере, на переобучение) [19, с. 78–79.].

Как правило, затраты на государственные ИТ-проекты с большим объемом работ по созданию software, обычно занижаются. Этот феномен характерен для всех стран. Специалисты отмечают, что за последнее десятилетие практически не наблюдается позитивных изменений в оценке эффективности, планировании и управлении ИТ-проектами²¹.

4.2.2. Рост расходов на обеспечение информационной безопасности

В связи с участвовавшими в последнее время хакерскими атаками и интенсификацией киберпреступлений, существенно возрастают расходы всех организаций на обеспечение надежности своей информационной системы и информационной безопасности (ИТ-безопасности, англ. IT security) или кибербезопасности. Этому во многом способствуют бурное и, вместе с тем, стихийное развитие облачных сервисов и Интернета вещей (Internet of Things – IoT) [20].

Следует отметить, что особенно быстрый рост киберпреступлений фиксируется в последние годы. Так, в 2017 г. *каждый третий гражданин США был информирован о взломе своих персональных данных* (в 2016 г. – каждый восьмой).

Наблюдающиеся в последние годы тенденции могут привести к тому, что, по некоторым оценкам,

²¹ <http://spectrum.ieee.org/static/monuments-to-failure/> (accessed May 4, 2017).

уже в 2019 г. в глобальном масштабе годовые выгоды (*benefits*), связанные с инвестициями в ИКТ, будут меньше, чем затраты на обеспечение кибербезопасности²² [20].

4.3. Роль социальных сетей

ИКТ способствовали появлению социальных сетей, благодаря которым осуществляется обмен информацией сотен миллионов людей. Однако оборотная сторона этого явления состоит в том, что уже достигли достаточного уровня развития такие направления использования социальных сетей, целью которых являются тотальная слежка, провокационная деятельность для создания и поддержания в обществе напряженной обстановки, свержение неугодных режимов, вовлечение молодежи в экстремистские организации и др. [21]. Распространенным явлением стало использование персональных данных пользователей сетей в противозаконных целях. При этом необходимо отметить, что пользователи не обладают средствами контроля удаления из соцсетей своих данных: «... все держится на обещании» соцсетей [22].

5. Влияние ИИ на рынок труда

5.1. Оценки академических и консалтинговых организаций

К исследованию проблемы оценки влияния ИИ, автоматизации и, особенно роботизации, на уровень занятости в экономике, активно обсуждаемой в последние годы на Давосских экономических форумах под лозунгом перехода к 4-й промышленной революции, подключился ряд солидных академических и консалтинговых организаций.

Так, в работах D. Acemoglu с сотрудниками (см., например, [23]) отмечается, что за последние 2-3 десятилетия, несмотря на технологические достижения, в экономике развитых стран происходило снижение производительности труда и заработной платы в реальном исчислении. В связи с этим, автор выделяет 2 вида технологий: перспективные (англ. *enabling*) и заменяющие (англ. *replacing*), которые по-разному воздействуют на рынок труда. Первый вид технологий способствует повышению производительности труда, заработной платы и спросу на рабочую силу (за счет расширения возможностей естественного интеллекта). Второй вид технологий приводит к снижению спроса на рабочую силу и ее высвобождению за счет автоматизации и роботизации производств (в первую очередь, низкоквалифицированной рабочей силы). Опираясь

на исторические аналогии (в частности, связанные с последствиями внедрения в XIX веке фабричных форм производства, появления паровых двигателей и др.), авторы отмечают, что перспективные технологии могут приводить к эффективности производства и росту спроса на рабочую силу не сразу, а в течение достаточно длительного периода.

Интенсивные исследования в рассматриваемой области проводятся и в таких крупных консалтинговых компаниях, как McKinsey, PwC и др. Так, в соответствии с одним из прогнозных сценариев исследователей McKinsey, в 2016-2030 гг. за счет автоматизации производства будет вытеснено 15% занятых (400 млн человек). Однако еще большему числу работников, как считают в McKinsey, повезет. Так, будет создано от 555 до 890 млн новых рабочих мест, что в глобальном разрезе составит 21-23% от всей рабочей силы. Как и следует ожидать, в соответствии с прогнозами в первую очередь пострадают работники, связанные с физическим трудом, а также с малоквалифицированной переработкой данных (*data processing*). Сокращение не затронет представителей таких профессий, которые, по мнению исследователей McKinsey трудно автоматизировать: менеджеров, учителей, нянь, а также садовников, водопроводчиков и других профессионалов, которые работают в трудно предсказуемых условиях (*who work in unpredictable physical environments*).

Вместе с тем, автоматизация будет оказывать давление на уровень заработной платы. Это связано с тем, что ряд высокооплачиваемых специальностей (например, в машиностроении, в бухгалтерском деле) исчезнет. И хотя заработная плата высококвалифицированных медицинских работников и других профессионалов будет расти, уровень заработной платы большей части работников (учителей, нянь и др.) будет невысоким.

Доля представителей физического и ручного (*manual*) труда в США и Западной Европе в общей численности занятых уменьшится, по оценкам исследователей McKinsey, с 31% в 2016 г. до 25% в 2030 г. Вместе с тем, в течение ближайших 3 лет сохранится высокий спрос на программистов и высококвалифицированных специалистов в области информационных технологий (ИТ) [24]²³. Эти оценки согласуются с мнением других исследователей, которые считают, что труд ученых, технологов, инженеров и представителей математических специальностей (*science, technology, engineering and math jobs – STEM*) в ближайшее время не удастся автоматизировать [25].

²² <http://www.bankinfosecurity.com/assessing-cost-cybersecurity-a-8529/> (Доступ 04.05.2018).

²³ Неясно однако, как спрос на этих специалистов изменится в более далекой перспективе.

Результаты отмеченного исследования McKinsey интересно сопоставить с выводом К. Маркса: «...чрезвычайно возросшая производительная сила в отраслях крупной промышленности... дает возможность ...воспроизводить все большими массами старинных домашних рабов под названием «класса прислуги», как, например, слуг, горничных, лакеев и т.д... Что за превосходный результат капиталистической эксплуатации машин!» [26, с. 456, 457].

Близкие выводы к прогнозам других консалтинговых организаций содержатся в последнем докладе Центра новой экономики и общества (Centre for the New Economy and Society) Всемирного Экономического Форума (ВЭФ), подготовленном на основе данных опроса совокупности компаний, в которых в целом занято более 15 млн сотрудников. В докладе приведены оценки численности и пропорций работников тех специальностей, которые признаны избыточными (redundant) и перспективными (emerging). К первой группе отнесены, в частности, разного рода клерки, бухгалтеры, финансовые аналитики, механики, машинисты и даже юристы. Во вторую группу включены в основном специалисты в области ИКТ и ИИ (специалисты в области анализа больших данных, машинного обучения, робототехники, менеджеры и др.).

Данные опросов показывают, что больше всего компаний (85%) собирается использовать в 2022 г. технологии больших данных и бизнес-аналитику. Существенно меньшее число компаний собирается использовать роботов разных видов (от 19 до 38% в зависимости от видов и отрасли деятельности).

Около 50% компаний считает, что в результате автоматизации численность их работников сократится. Доля работников избыточных специальностей уменьшится с 31% в 2018 г. до 21% в 2022 г., а перспективных за тот же период – увеличится с 16 до 27%. 54% работников придется переобучаться, причем делается оптимистичное предположение о том, что переобучение (reskilling) займет не более 1 года [27].

Исследования в области анализа возможных последствий автоматизации и роботизации для рынка труда ведутся и в нашей стране. Так, по значительно более пессимистичным оценкам РАНХиГС, проведенным на основе предложенных компанией McKinsey коэффициентов потенциальной автоматизации, в России, в случае «одномоментной» роботизации, из активной хозяйственной деятельности могут быть исключены 42,13 млн человек, что составит 49% трудоспособного населения. В первую очередь, по мнению авторов, это затронет такие профессии, как водители, про-

давцы (высвобождение может коснуться 98% занятых), грузчики (72%), бухгалтеры и экономисты (43–94%)^{24, 25}.

Пока положение спасает то, что в нашей стране установлено существенно меньше промышленных роботов, чем в развитых странах (4000 против 130000 в Германии). Однако для повышения производительности труда (в России она вдвое ниже, чем в среднем по странам ОЭСР) и конкурентоспособности отечественной промышленности потребуются существенно увеличить уровень роботизации. Вместе с тем, специалисты отмечают, что наиболее эффективно осуществляется роботизация в тех крупных компаниях, в которых возможности и производительность роботов сочетаются с аналитическими способностями человека²⁶.

5.2. Моделирование динамики занятых и безработицы в результате вытеснения труда ИИ

Для выяснения вопроса о том, к каким последствиям на занятость населения на условной территории (в стране) может привести вытеснение труда средствами ИИ, нами разработана следующая агрегированная модель:

$$x_t = (1 - \lambda)x_{t-1} + y_t + u_t, \quad (1)$$

$$y_t = \gamma\lambda(1 - \mu)x_{t-1} + \mu y_{t-1}, \quad (2)$$

$$U_t = \sum_{\tau=0}^t (\lambda x_\tau - y_\tau), \quad (3)$$

где x_t – общая численность занятых на территории, y_t – численность переобученных работников, принятых на работу (после переквалификации), u_t – величина притока новых кадров (после образовательных учреждений, в расчетах принято, что $u_t = 0,01 * x_0$, $t=0,1,2,\dots$), U_t – численность безработных (принято, что $U_0 = 0$; $y_0 = 0$). Коэффициенты λ , γ , μ характеризуют соответственно долю сокращаемой рабочей силы в общей ее численности, долю переквалифицирующейся сокращенной рабочей силы, а также инерционность в устройстве на новую работу (средний период устройства на новую работу на основе соотноше-

ния (2) $T = 1 + \frac{\mu}{1 - \mu}$ лет).

²⁴ https://www.rbc.ru/opinions/technology_and_media/05/02/2018/5a780e809a794765c5500b18?from=materials_on_subject/ (Доступ 24.05.2018).

²⁵ <https://www.rbc.ru/newspaper/2018/03/30/5abcc7729a7947e4377d-c77a7/> (Доступ 24.05.2018).

²⁶ https://www.rbc.ru/opinions/economics/06/03/2018/5a9e-49c39a79473e0ef8c42b?from=materials_on_subject/ (Доступ 14.05.2018).

Расчеты показывают, что в случае умеренных темпов вытеснения рабочей силы средствами ИИ ($\lambda = 0,03$), даже при высокой доле перекалфицирующихся кадров ($\gamma = 0,75$), уровень безработицы $UN_t = U_t / (x_t + U_t)$ будет расти как при быстром трудоустройстве уволенных ($\mu = 0,35; T = 1,5$ года), так и при медленном трудоустройстве ($\mu = 0,7; T = 3,3$ года). Через 5 лет после начала внедрения ИИ UN_5 составит в первом случае 5%, а во втором – 8%. Через 10 лет уровни безработицы для рассматриваемых вариантов составят соответственно 8 и 11%. Безработицы не удастся избежать и при снижении интенсивности замены занятых λ (с 0,03 до 0,01) (ее уровень составит через 5 лет 3,5 %, а через 10 лет возрастет до 5%).

6. Влияние ИИ на общественное развитие

Развитие ИИ происходит стремительными темпами, превосходящими развитие базовых технологий. Фактически открыт «ящик Пандоры»: в отличие от других областей науки и техники (ядерной физики, авиации и др.), алгоритмы ИИ доступны для многих, что позволяет даже студентам университетов и колледжей создавать свои компании²⁷.

В связи с этим, важное значение приобретает выработка и соблюдение этических норм и правил, которыми должны руководствоваться разработчики, заказчики и пользователи ИКТ-приборов и услуг. Исследователи с тревогой предупреждают, что «неконтролируемое использование ИКТ способствует появлению новых видов преступности, среди которых наиболее опасными для общества являются терроризм, преступления против личности, в области банковской деятельности, в области охраны интеллектуальной собственности и др.». Они указывают также на опасность возникновения информационного неравенства. Как отмечают В.В. Иванов и Г.Г. Малинецкий «...бесконтрольная централизация информации и ее дифференциация может привести к такой ситуации, когда информационный оператор сможет оказывать прямое несанкционированное воздействие на определенные слои населения» [28].

Следует отметить и такие отрицательные тенденции в использовании ИКТ, как формирование у молодых людей и детей «клипового» и «кликерного» сознания, а также фактический отказ взрослых людей от воспитательных функций в семье взамен сосредоточения на виртуальной реальности. Особен-

но резкий переход в этом направлении произошел в текущем десятилетии с появлением смартфонов.

Для смягчения негативных последствий от достаточно стихийного распространения ИКТ необходимо квалифицированное правовое регулирование со стороны государства. С этой целью Медиа-коммуникационным союзом (МКС), в состав которого входят крупнейшие в России телекоммуникационные компании и медийные холдинги, с конца 2017 года начата разработка Инфокоммуникационного кодекса (с участием Boston Consulting Group (BCG)). По мнению разработчиков, этот всеобъемлющий документ должен заменить ныне действующие в стране правовые акты.

Однако, как отмечается в монографии [29], посвященной финансовой инженерии, «...адаптивные механизмы законодательства могут оказаться медленными, и в течение некоторого времени сохраняются возможности для использования его несовершенств». По этой причине, как и в финансовой инженерии, необходим тщательный анализ последствий решений и предложений, рекомендуемых специалистами по ИКТ и, в частности, необходима разработка адекватных моделей и методов тестирования рисков, обусловленных использованием новых ИКТ [3]. Сертификацию новых продуктов и технологий ИКТ следует проводить только с учетом оценки социально-экономических рисков их использования.

Представляется целесообразным обеспечить гармонизацию нормативно-правовых актов, относящихся к регулированию ИКТ в разных странах. Крайне важно в самое ближайшее время разработать нормативно-законодательную базу и кодекс этических норм и правил, которыми должны руководствоваться разработчики, заказчики и пользователи ИКТ-приборов и услуг.

Заключение

По мере приближения к физическим пределам кремниевой микроэлектроники, драйверами технологического развития производителей элементной базы становятся такие области применения, как центры обработки данных (ЦОД), мобильные устройства, Интернет вещей (IoT) и различные приложения искусственного интеллекта.

В связи с ожидаемым позитивным влиянием ИКТ и, особенно ИИ, на развитие бизнеса и экономики, а также стремлением ряда государств к усилению своего военного потенциала, в настоящее время разворачивается острая глобальная конкуренция в области ИКТ и ИИ.

Проведенное исследование свидетельствует

²⁷ <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/robotics/artificial-intelligence/former-head-of-google-china-foresees-ai-an-crisis/> (Доступ 05.09.2018)

о необходимости учета большого числа факторов риска при оценке перспектив ИКТ. Хотя значительная часть этих факторов связана с господствующими в экономике законами рынка, ориентирующие бизнес на быструю прибыль и обогащение, решающую роль среди них играют этические факторы.

С целью снижения риска негативного влияния ИКТ на общественное развитие и недопущения нравственной и физической деградации человечества, необходимо уже в самое ближайшее время разработать нормативно-законодательную базу и кодекс этических норм и правил, которыми должны руководствоваться разработчики, заказчики и пользователи ИКТ-приборов и услуг. Сертификацию продуктов и технологий ИКТ следует проводить только с учетом оценки социально-экономических рисков их использования.

Литература

1. Дубинина М.Г. Моделирование динамики взаимосвязи макроэкономических показателей и показателей распространения ИТ в развитых и развивающихся странах // Труды ИСА РАН. 2015. № 1. Т. 65. С. 24-37.
2. Варшавский Л.Е. Кризис финансовой системы и эволюция товарных рынков // Прикладная эконометрика. 2010. № 1(17). С. 30-44.
3. Варшавский Л.Е. Моделирование динамики ключевых показателей рынков компонентов высокопроизводительных вычислительных систем// Труды ИСА РАН. 2017. – №1. Т. 67. С. 12-27.
4. Feldman M. Intel on Defensive Again Regarding Chip Manufacturing Plans. <https://www.top500.org/news/intel-on-defensive-again-regarding-chip-manufacturing-plans/> // Доступ 31.08.2018.
5. Feldman M. DARPA Picks Research Teams for Post-Moore's Law Work. <https://www.top500.org/news/darpa-picks-research-teams-for-post-moores-law-work/> // Доступ 31.08.2018.
6. Feldman M. Intel Steers Back to HPC with Cascade Lake AP Processor. <https://www.top500.org/news/intel-steers-back-to-hpc-with-cascade-lake-ap-processor/> // Доступ 23.11.2018.
7. *Проблемы спроса и предложения* (на примере отдельных областей нанозлектроники. Гл. 7 монографии «Экономические проблемы развития революционных технологий. Нанотехнологии»/ Рук. авт. Коллектива В.Л.Макаров, А.Е.Варшавский /М.: Наука. 2012. С. 132-157.
8. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р .
9. *Modeling Artificial Intelligence and Exploring its Impact*. Pardee Center for International Futures. Working Paper. May 2017.
10. *The Impact of Artificial Intelligence on Innovation*. I.M. Cockburn, R. Henderson, and S. Stern. NBER Working Paper No. 24449. March 2018.
11. *Factories of the Future Need AI To Survive and Compete*. <https://www.forbes.com/sites/mariyayao/2017/08/08/industrial-ai-factories-of-future/#79e426d3128e> // Доступ 25.08.2018.
12. *Feldman M. DARPA Sets Up Fast Track for Third Wave AI* URL: <https://www.top500.org/news/darpa-sets-up-fast-track-for-third-wave-ai/> // Доступ 21.07.2018.
13. *Charles A.S. Interpreting Deep Learning: The Machine Learning Rorschach Test? –SIAM NEWS. – 2018. – JULY/AUGUST.*
14. *Варшавский Л.Е. Экономико-математическое моделирование тенденций изменения ключевых показателей высокопроизводительных суперкомпьютеров//Труды ИСА РАН. 2017. №3. Т. 67. С. 64-74.*
15. *Feldman M. The DOE and NSA Construct Doomsday Scenario for American HPC*. URL:<https://www.top500.org/news/the-doe-and-nsa-construct-doomsday-scenario-for-american-hpc/> // Доступ 07.04.2017.
16. *Preparing for the Future of Artificial Intelligence*. National Science and Technology Council. December 2016. Executive Office of the President. Washington, D.C. 20502. December 20, 2016.
17. *China Science&Technology Newsletter*, № 17, September 15 2017.
18. *Варшавский А.Е. Проблемные инновации: риски для человечества. Экономические, социальные и этические аспекты. М.: ЛЕНАНД. 2014.*
19. *Швецов А.Н. Информационное общество. Теория и практика становления в мире и в России. М.: URSS: КРАСАНД. 2012.*
20. *Варшавский Л.Е. Анализ факторов риска, связанных с информационно-коммуникационными технологиями // Концепции. 2017. №1 (36). С. 37-47.*
21. *Под колпаком у PRISM*. Раскрыта гигантская секретная программа слежки американских спецслужб за пользователями интернета// Взгляд.ру, 7 июня 2013.
22. *Уиткер Л. Как навсегда удалиться из соцсетей. Метро, 29 марта 2018 г., с. 08.*
23. *D. Acemoglu and P. Restrepo. Artificial Intelligence, Automation and Work// Journal of Human Capital. 2018. Vol. 12. № 2.*

24. *Jacques Bughin, Eric Hazan, Susan Lund, Peter Dahlström, Anna Wiesinger and Amresh Subramaniam.* Skill shift: Automation and the future of the workforce. Discussion Paper - McKinsey Global Institute - May 2018. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce> (Доступ 30.08.2018).
25. *AI taking jobs is not a concern for certain workers.* https://searchbusinessanalytics.techtarget.com/tip/3-ways-to-make-machine-learning-in-business-more-effective?track=NL-1816&ad=923710&src=923710&src=EM_NLN_102097887&utm_medium=EM&utm_source=NLN&utm_campaign=20181018_How%20to%20do%20machine%20learning%20the%20right%20way%20for%20business%20uses;%20jobs%20that%20AI%20isn%27t%20likely%20to%20take;%20Oracle%20database%20performance%20management%20tips (Доступ 15.08.2018).
26. *Маркс К.* Капитал. Критика политической экономики. Т.1. Кн. 1. М.: Политиздат. 1978.
27. *The Future of Jobs Report.* 2018. World Economic Forum. Centre for the New Economy and Society.
28. *Иванов В.В., Малинецкий Г.Г.* Цифровая экономика: мифы, реальность, перспектива. М.: РАН. 2017.
29. *Маршалл Дж.А., Бансал В.К.* Финансовая инженерия. Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1998 (Marshal J. F., Bansal V.K. Financial Engineering. Allyn&Bacon Inc., New York, 1992).

Варшавский Леонид Евгеньевич. Институт системного анализа «Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия; Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный экономико-математический институт Российской академии наук», г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник, доктор экономических наук, доцент. Количество печатных работ: 150 (в т.ч. 5 монографий). Область научных интересов: математическое моделирование рыночных процессов и прогнозирование показателей рынков высокотехнологичной и капиталоемкой продукции, экономика науки. E:mail: hodvar@mail.ru

Analysis of Socio-Economical Problems and Challenges Associated With ICT

L.E. Varshavsky^{1,II}

¹ Federal Research Center “Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

^{II} Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences,, Moscow, Russia

Abstract. The article is devoted to a brofd spectrum of socio-economic problems and challenges associated with the rapid propagation of Information and Communication Technologies (ICT) and of technologies of artificial intellect (AI). In the beginning of the article analysis of the main trends in development of microelectronic base of ICT and AI is carried out. National strategies of the leading ICT states in the field of artificial intellect (AI) are analyzed. The great attention is paid to discussing socio-economic consequences of replacing labor with AI. Some results of the articles and reports of academic and consulting organizations are analyzed. In order to mitigate negative consequences of AI' use on society it is proposed to work out legal basis and codex of ethics for developers and consumers of AI' technologies.

Keywords: *information and communication technologies, artificial intelligence, development, labor market*

DOI: 10.14357/20790279190101

References

1. *Dubinina M.G.* 2015. Modelirovanie dinamiki vzaimosvâzi makroekonomičeskikh pokazatelej i pokazatelej rasprostraneniâ IT v razvityh i razvivaûšihâ stranah [Modeling the dynamics of the relationship of macroeconomic indicators and indicators of IT penetration in developed and developing countries] // Trudy ISA RAN [Proceeding of the ISA RAS]. vol.65, no. 1: 24-37.
2. *Varshavsky L.E.* 2010. Krizis finansovoj sistemy i ehvoljutsiya tovarnykh rynkov [Crisis of Financial system and Evolution of Commodities Market]// Prikladnaya ehkonometrika [Applied Econometrics]. vol.17, no. 1: 30-44.
3. *Varshavsky L.E.* 2017. Modelirovanie dinamiki klyuchevykh pokazatelej rynkov komponentov vysokoproizvoditel'nykh vychislitel'nykh system [Modeling dynamics of key market indicators of components of hpc systems]//Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossijskoj akademii nauk [Proceeding of the ISA RAS]. vol.67, no. 1: 12-27.
4. *Feldman M.* 2018. Intel on Defensive Again Regarding Chip Manufacturing Plans. Available at: <https://www.top500.org/news/intel-on-defensive-again-regarding-chip-manufacturing-plans/> (accessed August 31, 2018).
5. *Feldman M.* 2018. DARPA Picks Research Teams for Post-Moore's Law Work. Available at: <https://www.top500.org/news/darpa-picks-research-teams-for-post-moores-law-work/> (accessed August 31, 2018).
6. *Feldman M.* 2018. Intel Steers Back to HPC with Cascade Lake AP Processor. Available at: <https://www.top500.org/news/intel-steers-back-to-hpc-with-cascade-lake-ap-processor/> (accessed November 23, 2018).
7. *Problemy sprosa i predlozheniya (na primere otel'nykh oblastej nanoehlektroniki. Gl. 7 monografii «EHkonomicheskie problemy razvitiya revolyucionnykh tekhnologij. Nanotekhnologii»* [Problems of Supply and Demand (the case of some fields of nanoelectronics) in the monograph "Economic Problems of the Revolutionary Technologies Development: Nanotechnology"]/ Ruk. avt. Kollektiva V.L.Makarov, A.E.Varshavsky [Eds. Academician V.L.Makarov, professor A.E.Varshavsky]. 2012. Moscow. –Nauka: 132-157.
8. *PROGRAMMA "TSifrovaya ehkonomika Rossijskoj Federatsii"* [Program "Digital Economics of the Russian Federation"]. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r .
9. *Modeling Artificial Intelligence and Exploring its Impact.* 2017. Pardee Center for International Futures. Working Paper. May 2017.
10. *Cockburn I.M., Henderson R. and Stern S.* 2018. The Impact of Artificial Intelligence on Innovation. NBER Working Paper. No. 24449. March 2018.
11. *Factories of the Future Need AI To Survive and Compete.* 2017. Available at: <https://www.forbes.com/sites/mariyayao/2017/08/08/industrial-ai-factories-of-future/#79e426d3128e> (accessed August 25, 2018).
12. *Feldman M.* 2018. DARPA Sets Up Fast Track for Third Wave AI. Available at: <https://www.top500.org/news/darpa-sets-up-fast-track-for-third-wave-ai/> (accessed July 21, 2018).
13. *Charles A.S.* 2018. Interpreting Deep Learning: The Machine Learning Rorschach Test? . SIAM NEWS. JULY/AUGUST.
14. *Varshavsky L.E.* 2017. EHkonomiko-matematicheskoe modelirovanie tendentsij izmeneniya klyuchevykh pokazatelej vysokoproizvoditel'nykh superkomp'yutero[Analysis and modeling trends of key indicators of high-performance supercomputers]//Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossijskoj akademii nauk [Proceeding of the ISA RAS]. vol.67, no. 3: 64-74.
15. *Feldman M.* 2017. The DOE and NSA Construct Doomsday Scenario for American HPC. Available at: <https://www.top500.org/news/the-doe-and-nsa-construct-doomsday-scenario-for-american-hpc/> (accessed July.04.2017).
16. *Preparing for the Future of Artificial Intelligence.* 2016. National Science and Technology Council. December 2016. Executive Office of the President. Washington, D.C. 20502. December 20.
17. *Source: China Science&Technology Newsletter.* 2017. No 17, September 15.(accessed October 4, 2017).
18. *Varshavsky A.E.* 2014. Problemnye innovatsii: riski dlya chelovechestva. EHkonomicheskie, sotsial'nye i eticheskie aspekty [Questionable Innovations: Risks for Humankind. Economic, Social, Ethical Aspects]. Moscow.: LENAND. 325 p.
19. *Shvetsov A.N.* 2012. Informatsionnoe obshchestvo. Teoriya i praktika stanovleniya v mire i v Rossii [Information Society.Theory and Practice of evolving in the World and in Russia]. Moscow. URSS: KRASAND. 280 p.
20. *Varshavsky L.E.* 2017. Analiz faktorov riska, svyazannykh s informatsionno-kommunikatsionnymi tekhnologiyami [An analysis of Risk Factors of Information and Communication Technologies] // Kontseptsii [Concepts]. vol. 36, no. 1: 37-47.
21. *Pod kolpakom u PRISM.* 2013. [Under Cover of PRISM]// Vzgljad.ru, June 07.

22. *Uitehker L.* 2018. Kak navsegda udalit'sya iz sotssetej [How to pass away from nets]. *Metro*, March 29: p.08.
23. *D. Acemoglu and P. Restrepo.* Artificial Intelligence, Automation and Work// *Journal of Human Capital.* – 2018. – vol. 12. – no. 2.
24. *Jacques Bughin, Eric Hazan, Susan Lund, Peter Dahlström, Anna Wiesinger and Amresh Subramaniam.* 2018. Skill shift: Automation and the future of the workforce. Discussion Paper - McKinsey Global Institute . May. Available at: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce>. (accessed May 30, 2018).
25. *AI taking jobs is not a concern for certain workers.* Available at: https://searchbusinessanalytics.techtarget.com/tip/3-ways-to-make-machine-learning-in-business-more-effective?track=NLN-1816&ad=923710&src=923710&asrc=EM_NLN_102097887&utm_medium=EM&utm_source=NLN&utm_campaign=20181018_How%20to%20do%20machine%20learning%20the%20right%20way%20for%20business%20uses;%20jobs%20that%20AI%20isn%27t%20likely%20to%20take;%20Oracle%20database%20performance%20management%20tips/ (accessed May 15, 2018)
26. *Marks K. Kapital.* 1978. Kritika politicheskoy ehkonomii [Capital. Critique of Political Economy]. T.1. Kn. 1. Moscow, Politizdat, 907 p.
27. *The Future of Jobs Report.* 2018. World Economic Forum. Centre for the New Economy and Society.
28. *Ivanov V.V., Malinetskij G.G.* 2017. Tsifrovaya ehkonomika: mify, real'nost', perspektiva [Digital Economics: Myths, Reality, Prospects]. Moscow.: Rossijskaya akademiya nauk [Russian Academy of Sciences].
29. *Marshal J.F., Bansal V.K.* Financial Engineering. Allyn&Bacon Inc., New York, 1992.

Varshavsky L.E. D.Sc. (Doctor of Sciences). Institute for Systems Analysis Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 44/2 Vavilova str., Moscow, 119333, Russia; Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences, 47 Nakhimovsky prospect, Moscow 117418, Russia; e-mail: hodvar@yandex.ru. Chief scientist of the ISA RAS and of the CEMI RAS. Author of 150 articles and monographs. Fields of scientific interests: mathematical modeling of market processes and forecasting market indicators of high technology and capital intensive products, mathematical modeling of investment and innovative strategies of firms, mathematical modeling of macroeconomic processes, methods of control theory, economics of science.