

## 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»<sup>1</sup> 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)<sup>2</sup>. 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 & Hernandez, 2018)<sup>3</sup> приведены цифры, показывающие, что с 2012 года количество вычислений, используемых в крупнейших тренировочных прогонах AI, 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 технологий 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 программа, позволившая высадить человека на иной небесный объект, с другой стороны, китайский нонейм-аппарат стоимостью в 20 долларов у нас в кармане (рис 2<sup>4</sup>), 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.



Рис. 1. Нонейм-смартфон

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

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

<sup>3</sup> [https://blog.openai.com/ai-and-compute/?utm\\_content=71612182&utm\\_medium=social&utm\\_source=linkedin](https://blog.openai.com/ai-and-compute/?utm_content=71612182&utm_medium=social&utm_source=linkedin)

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

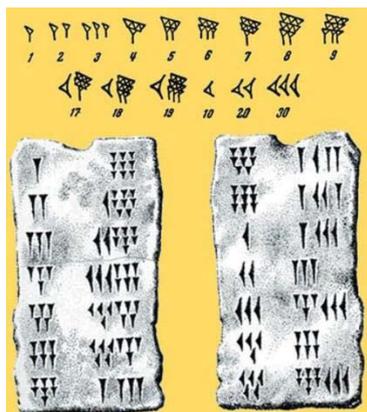


Рис. 2. Глиняные таблички с вавилонскими цифрами

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 вычислительные возможности машин уже не удивляли человечество, привыкшее к чудесам научно-технической революции. В конце концов, базальные 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 осознать, и пришлось разрабатывать специальные языки графической визуализации алгоритмов – то, что на уроках информатики теперь принято называть «блок-схемами».



Рис. 5. Арифмометр Феликс

Потрясало другое: машины вычисляли по программе – по сложному алгоритму. Причем сложность программ уже становилась такова, что даже сами создатели машин не могли их осознать, и пришлось разрабатывать специальные языки графической визуализации алгоритмов – 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 Homo 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 алгоритмируется. Операция весьма сложная, но даже для двойных и кратных интегралов все-таки алгоритмируется 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 удастся 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.

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 вычислительные возможности машин уже не удивляли человечество, привыкшее к чудесам научно-технической революции. В конце концов, базальные 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.

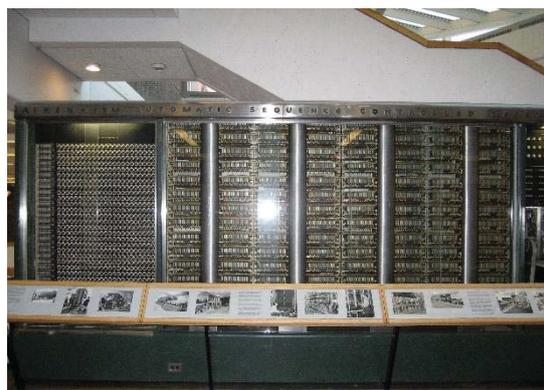


Рис. 33. Марк-1

Потрясало другое: машины вычисляли по программе – по сложному алгоритму. Причем сложность программ уже становилась такова, что даже сами создатели машин не могли их осознать, и пришлось разрабатывать специальные языки графической визуализации алгоритмов – 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 Homo 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.

### 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 машинка-луноход, 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 электро-механическая 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-х годов, где описывалась уже не игрушка, а вполне серьезная система управления тележкой погрузчика в заводском цеху. Тележка ехала по белой полосе – по своей дорожке – 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 построена 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).

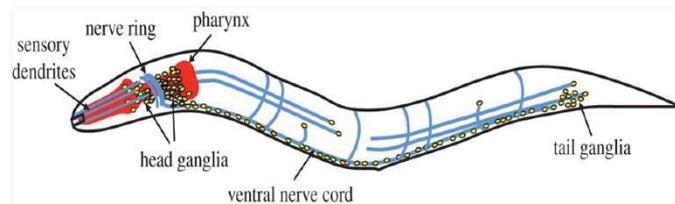


Рис. 5. Большинство нейронов расположены в нескольких ганглиях вблизи нервного кольца.

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 всей планете (RAND, 2018).

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,



Рисунок 4

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). Трудом 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



Рисунок 6. Обложка книги Ахенвала

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)<sup>5</sup> в его работе "Abriß der neuen Staatswissenschaft der vornehmen Europäischen Reiche und Republicken" (1749)<sup>6</sup>, а также все возрастающая аппаратная мощь современных вычислительных комплексов породила концепцию BigData, базирующуюся как раз на 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

<sup>5</sup> 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 Staatswissenschaft 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».

<sup>6</sup> [http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/achenwall\\_staatswissenschaft\\_1749?p=3](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 понимается 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 одновременно смогут диверсифицировать свои компетенции до уровня высококвалифицированных и узкоспециализированных контролеров и наладчиков. Что же касается преобразования 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 программами-трейдерами – 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 считанные 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 выигрывает 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 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 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 высокотехнологических 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 государственные 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 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
4. Терелянский П.В. (2018) Цифровая экономика, искусственный интеллект, индустрия 4.0 // Тенденции развития Интернет и цифровой экономики / Труды I Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Симферополь-Алушта, 29-31 мая 2018. – с.91-96.
5. Amodei & Hermander (2018) AI and Compute, by Dario Amodei and Danny Hermander <https://goo.gl/CaZCZ8>
6. CB Insights (2018), 15 Trends Shaping Tech In 2018
7. 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
8. 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) AI and the 'Augmentation' Fallacy May 16, 2018
10. 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. Marcus & 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 PARADOX: 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.