

ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ К СИНГУЛЯРНОСТИ И КАК ИЗБЕЖАТЬ КОГНИТИВНОЙ ДЕВОЛЮЦИИ FROM TECHNOLOGICAL EVOLUTION TO SINGULARITY AND HOW TO AVOID THE COGNITIVE DEVOLUTION

Др. Михаил Козлов

Ph.D. Michail Kozlov

Эксперт Института интеграции и профессиональной адаптации, г. Нетания (Израиль)

Expert of Institute integration and professional adaptation, Netanya (Israel)

E-mail: 19mike19k@gmail.com tel. (972)527 052 460

АННОТАЦИЯ:

Данная статья является одиннадцатой главой общей работы «Заманчивые профили будущего», в которой проводится анализ возможного пути формирования нового социально - экономического уклада, характеризуемого переходом от общества массового потребления товаров к обществу потребителей индивидуальной субъектно-ориентированной продукции и созданием основы для образования общества Творцов, и следует за ранее опубликованными в NIZI.co.il десятью главами. В статье на основе рассмотрения социально-экономической, технологической, и интеллектуальной видов сингулярности проанализированы процессы, приводящие к сингулярности, предложены пути нейтрализации ее негативных проявлений и приведена процедура построения аппроксимирующей функции эволюционного развития с учетом ресурсных возможностей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Искусственный интеллект, пространственно-временное пятно сингулярности, экспоненциальное развитие, эволюционный процесс.

SUMMARY:

This article is the eleventh chapter of the overall work of "Tempting Profiles of the Future", in which the analysis of a possible way of formation of a new socio-economic system characterized by the transition from a society the mass consumption of goods to the consumer society of individual subject-oriented products and provide the basis for the formation of the society of the Makers, and follows after previously published in NIZI.co.il ten chapters. In the article based on consideration of socio-economic, technological, and intellectual types of singularity, the processes leading to singularity are analyzed, ways of neutralizing its negative manifestations are suggested, and is presented a procedure for constructing the approximating function of evolutionary development, taking into account resource possibilities.

KEY WORDS: Artificial intelligence, space-time spot of singularity, exponential development, evolutionary process.

«Технологии искусственного интеллекта должны приносить пользу и расширять возможности как можно большего числа людей».

Из Асиломарских принципов ИИ. 2017г.

В последнее время в обществе растет интерес к задачам по созданию

искусственного интеллекта (ИИ). В связи с этим все чаще обсуждается возможность возникновения в будущем технологической сингулярности на основе ИИ. Впервые эта проблема была подробно рассмотрена математиком Вернором Винджем в [11.1]. В значительной степени неизбежность сингулярности связывают с законом Мура, согласно которому, из-за экспоненциально нарастающего усложнения вычислительной техники, возникают возможности безграничного развития систем ИИ.

В работе «Закон ускоряющейся отдачи» [11.2] в 2001 году ученый-футуролог Рэймонд Курцвейл предположил, что закон Мура может иметь расширенное применение. С этим можно согласиться и проблемы сингулярности можно рассматривать в нескольких аспектах. В [11.3, 11.4] приводятся следующие виды сингулярности: технологическая, экономическая, политическая, культурная, демографическая, философская и научная. К этим видам сингулярности, пожалуй, можно добавить экологическую, информационную, финансовую, социальную и интеллектуальную. Все эти виды в значительной степени коррелированы между собой. И если предположить большую вероятность того, что точки сингулярности для них будут разнесены как во времени, так и в пространстве, то можно говорить о некоем пространственно-временном пятне сингулярности, за исключением, пожалуй, сингулярности в космическом масштабе, о возможности возникновения которой, нам пока не дано знать. Анализируя феномен сингулярности, философ Александр Болдачев в [11.3] пишет «если в одной временной области совпадает множество сингулярных решений, это означает, что должно появиться нечто существенно новое, принципиально новая реальность, новый эволюционный этап».

Рассматривая сингулярность как переход в качественно новое состояние, по определению философа Андрея Коротаева [11.5] фазовый переход, следует оценивать ее как положительные так и отрицательные стороны.

Исходя из синергетического миропонимания, попытаемся проанализировать процессы, приводящие к сингулярности, на основе рассмотрения социально-экономической, технологической, и интеллектуальной видов сингулярности. Проблемы, связанные с информационной и финансовой сингулярностями, были рассмотрены в [11.6, 11.7], а для обзора развития других видов сингулярности потребуется отдельный анализ.

Рассматривая перспективы возникновения сингулярности следует учесть то, что на наших глазах уже происходит процесс, ведущий к сингулярности в экономике. Он проявляется в ускоренных темпах накопления богатства в руках немногих. И эти немногие за счет использования новейших технологий аккумулируют у себя такую ресурсную базу, которая позволяет им все больше доминировать над остальным человечеством. Как следствие, это привело в последние годы к резкому росту экономического неравенства. Доходы, согласно предоставленных организацией Oxfam International отчетов, самой бедной половины населения мира с 2010 года упали на триллион долларов, что стало на 38% меньше, тогда как доходы самых богатых людей планеты растут с большой скоростью [11.8, 11.9]. Как следствие, если в 2010 году было 388 миллиардеров, обладающих доходами равными доходам 50% жителей Земли, составляющих беднейшую часть человечества, то в 2016 году уже стало достаточно 8 богатейших людей планеты для этого соотношения доходов [11.8, 11.9], то есть за шесть лет произошло сокращение более чем в 48 раз.

В таблице 11.1 приведены данные, взятые из отчетов [11.8, 11.9], об изменении во времени количества наиболее богатых людей с суммарным доходом по годам достаточным, чтобы быть равным доходам наиболее бедных 50% жителей Земли. Во

Таблица 11.1

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
R ₅₀	388	177	159	92	80	62-9	8
I _x	0.02	0.05	0.05	0.09	0.1	0.13-0.89	1

второй строке табл. 11.1 представлено распределение суммарных доходов числа самых богатых людей, обладающих доходами, равными доходам наиболее бедных 50% жителей Земли, а в третьей строке нормированный индекс неравенства (I_x), взятый в виде отношения

$$I_x = \frac{R_{50,16}}{R_{50,x}}, \quad (11.1)$$

где $R_{50,16}$ – число самых богатых людей в 2016 году с суммарным доходом, равным доходам наиболее бедных 50% жителей Земли, а $R_{50,x}$ – распределение числа таких богачей по годам (x).

Если построить по данным табл. 11.1 временную зависимость I_x , то увидим, что она близка к экспоненциальной, что согласно закону ускоряющейся отдачи Рэя Курцвейла [11.2], описывающему процесс формирования сингулярности, говорит об угрозе грядущей экономической сингулярности.

К сожалению, данные предоставленные в [11.8] Oxfam International были не точные. Так, например, данные за 2015 год в отчете [11.9] были скорректированы с 62 на 9 человек, что отражено в табл. 11.1. И это, в частности, не дает возможность построить достаточно достоверную экстраполяцию для оценки того момента, когда один человек будет иметь доход, равный доходу беднейшей 50% части населения планеты. Но то, что это произойдет при современной тенденции развития глобализированной экономики не вызывает сомнения. Таким образом, за бортом комфортного общества может безнадежно оказаться половина населения Земли, и более того может наступить момент фактической социальной сингулярности, когда в руках небольшой группы людей или даже отдельной личности будет сосредоточено 99% богатства планеты и 100% власти. Так по оценке той же организации Oxfam International самые богатые люди накапливают богатства с такой скоростью, что мир может увидеть своего первого триллионера всего через 25 лет [11.9]. И можно предположить, что это произойдет намного раньше. Конечно, если в существующих экономических процессах не будет разорвана та положительная обратная связь, которая способствует ускорению социального неравенства.

Как видим, негативные возможности экономической сингулярности подкралась к мировому сообществу незаметно и с ними надо бороться.

Рассмотрим далее возможности технологической сингулярности. При обсуждении темы технологической сингулярности будем исходить из приведенных в [11.10] отличительных свойств, присущих интеллекту. К интеллектуальным можно отнести искусственные самоорганизующиеся адаптивные системы, обладающие следующими свойствами:

1. субъективно воспринимать поступающие сигналы, исходя из оценки окружающей среды, своих ресурсных возможностей и состояния, а также из ранее полученных и обработанных знаний и из выбранных целей, производя при этом селекцию, дискретизацию и субъектно-ориентированную интерпретацию поступающей информации;

2. с каждым новым поступлением однотипного паттерна уменьшать количество субъектно-ориентированной информации, необходимое для принятия решения по реагированию на такой паттерн;

3. осуществлять целенаправленные действия, определяемые потребностями, путем имитационного моделирования анализируемых процессов, оценивания вероятности вариантов развития событий и вырабатывания приемлемого для субъекта реагирования.

Субъективное восприятие (апперцепция) поступающей информации играет важнейшую роль в адаптивной селекции необходимых для субъекта данных и значительно сокращает объемы их обработки. Для технических систем такую реакцию на входные паттерны можно рассматривать как антиспамовую фильтрацию информации, несущественной или мешающей работе данной системы. Такая субъектно-

ориентированная селекция может способствовать информационной безопасности ИИ.

Учитывая такой подход, робота, выполняющего операции по заранее определенному алгоритму, навряд-ли можно назвать интеллектуальным. Хотя и его действия могут быть достаточно сложными и замысловатыми.

Рэймонд Курцвейл, прогнозируя дальнейший экспоненциальный рост уровня технологий, считает, что суперкомпьютеры к 2029 году будут способны пройти тест Тьюринга, и это будет означать создание сильных ИИ, способных думать подобно человеку. По его прогнозу технологии создания сильного ИИ могут достичь уровня сингулярности к 2045 году [11.11]. И к этому времени интеллект машин будет в миллиарды раз выше по сравнению с общим интеллектом всего человечества, что создаст ситуацию, в которой человеческий мозг не сможет оценивать поведение ИИ. Другие аналитики называют более близкие сроки точки технологической сингулярности. Так астрофизик Александр Панов отнес точку сингулярности приблизительно к 2027 году, на основании проведенных им вычислений [11.12], а Вернон Виндж наступление технологической сингулярности ожидает около 2030 года [11.13]. Разработчик систем ИИ Бен Герцель более осторожен в оценках и сроки наступления сингулярности определяет в диапазоне времени между 2020 и 2100 годами [11.14]. В [11.15] на основе собранных Институтом сингулярности оценок 95 экспертов в области ИИ делается вывод, что большинство экспертов прогнозируют наступление сингулярности в будущем в диапазоне от 15 до 25 лет. По опасениям многих футурологов наступление сингулярности может привести к подавлению искусственным интеллектом человеческого вида [11.16].

В [11.17, 11.18] функцию экспоненциального роста интеллекта $I(t)$ для ИИ получают на основе решения дифференциального уравнения, которое характерно тем, что темп роста $I(t)$ в момент времени t будет пропорционален текущему значению $I(t)$

$$\frac{dI}{dt} = kI(t), \quad (11.2)$$

где k некоторая константа.

Из (11.2) следует

$$I(t) = Ae^{kt}, \quad (11.3)$$

где A константа.

Экспоненциальный рост в (11.3) происходит за счет положительной обратной связи по формированию интеллекта и в некоторый момент развития ИИ этот рост может привести к его самосовершенствованию и, в конечном счете, некоему интеллектуальному взрыву, приводящему к сингулярности.

Ряд аналитиков и специалистов в области ИИ высказывают сомнения в возможности значительного экспоненциального роста интеллекта, достаточного для достижения уровня сингулярности. В работе Brian Tomasik [11.18] по анализу возможностей развития ИИ, ссылаясь на взгляды Paul Christiano [11.19], Бен Герцеля [11.20], Robin Hanson [11.21], Storrry Hall [11.22], говорится, что вероятность сингулярности за счет быстрого развития ИИ мала, так как для этого потребуются концентрации громадных ресурсов для создания элементной базы и программного обеспечения. К этому добавляется достаточно медленная процедура изменения архитектуры систем ИИ. В результате такого анализа предполагается, что по мере истощения ресурсной базы, быстрое развитие ИИ со временем перейдет в более медленную фазу.

Наглядно процесс развития ИИ можно представить на основе сигмоидальной функции. Для представления такой зависимости (рис. 11.1) была использована часто применяемая в нейронных сетях экспоненциальная сигмоида (функция Ферми), имеющая вид:

$$f(t) = \frac{1}{1+e^{-2at}}, \quad (11.4)$$

где параметр a определяет крутизну сигмoиды.

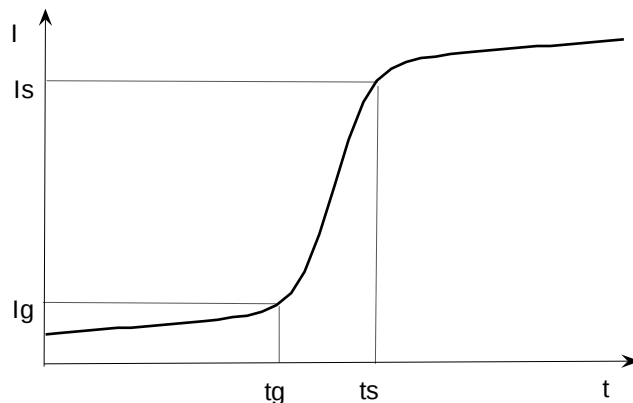


Рис. 11.1. Процесс развития ИИ

Вначале развития происходит накопление материальных и информационных ресурсов и медленное их освоение. Этот процесс, с некоторым упрощением, можно рассматривать, как идущий по близкому к линейному закону вида

$$I(t) = ct + d, \quad (11.5)$$

где c и d константы, зависящие от достигнутого уровня развития.

С определенного момента начала активного использования вскрытого пласта ресурсов, на рис. 11.1 обозначенного как точка t_g , развитие начинает идти быстро (по экспоненциальному закону), а затем происходит исчерпание ресурсов развития, наступает точка насыщения t_s и развитие замедляется, переходя снова в фазу роста, близкого к виду (11.5). И так будет происходить до пополнения ресурсов и поиска новых ресурсных источников.

Основатель Института будущего человечества философ Ник Бостром для зависимости развития ИИ, подобной приведенной на рис. 11.1, верхнюю точку перегиба сигмoиды (t_s) рассматривает как точку сингулярности для сильного ИИ [11.17, 11.22]. В тоже время эту точку можно воспринимать и как начало истощения пласта ресурсов и переход в состояние устойчивого, медленного развития и далее возможного перехода к периоду стагнации.

В качестве примера, близкого к развитию ИИ, можно привести экспоненциальный рост освоения цифровых технологий. Этот процесс вовлек в свою среду массу людей и, в соответствии с зависимостью темпа роста новых технологий от числа используемой рабочей силы [11.23], привел к значительному росту продуктов их деятельности. Однако, первоначальная легкость достижения результатов в цифровом мире стала ловушкой для освоения базовых знаний и развития когнитивного мышления. Как результат появилось большое количество компьютерных умельцев, которые могли производить множество впечатляющих эффектов с большой легкостью, недоступных в прошлом. При этом, такие компьютерные знатоки не отличались высокими когнитивными способностями при освоении таких традиционных наук как математики и физика, и многие из них не могли выполнить элементарные тесты, доступные в прошлом среднему школьнику. Но по мере освоения верхнего пласта цифровых ресурсов и усложнения задач потребуются более фундаментальные знания. В результате произойдет резкое снижение числа реально задействованных исследователей и, в соответствии с упомянутой выше зависимостью темпа роста новых технологий от числа рабочей силы [11.23], будет происходить значительное замедление в получении новых результатов.

Рассуждения о сингулярности возникают каждый раз при вскрытии нового пласта ресурсов. Однако при дальнейшем их освоении этот процесс уже не сможет происходить по экспоненциальному закону. Таким образом, экспоненциальная зависимость вида (11.3) для аппроксимации реального процесса развития ИИ не подходит, так как этот процесс зависит от множества факторов и в нем происходит исчерпание ресурсов развития. Требуется их пополнение и поиск новых источников.

Представленная на рис. 11.1 сигмоидальная функция дает качественное представление о развитии ИИ. Однако она не дает возможности реально прогнозировать этот процесс, и для этих целей нужен другой подход. Исходя из изложенного, постараемся представить функцию аппроксимации эволюционного развития, в том числе и для ИИ, в более подходящем для этого виде.

Учитывая, что рост интеллекта машин зависит от ресурсной базы (R), которая, в свою очередь, будет изменяться во времени, то для определения зависимости I(t) надо решать систему двух дифференциальных уравнений, функционально зависящих от I и R,

$$\frac{dI}{dt} = f(I, R) \quad (11.6)$$

$$\frac{dR}{dt} = g(R, I)$$

Принимая во внимание, что скорость изменения I(t) будет значительно больше, чем изменение R(t), то на основании теоремы Тихонова [11.24], можно, рассматривая более медленную переменную R(t) как постоянный параметр на фиксированном интервале времени, сократить число дифференциальных уравнений до одного и вместо дифференциальных уравнений использовать алгебраическое уравнение. В тоже время, с учетом изменения во времени параметров функции эволюционного развития, такое алгебраическое уравнение можно использовать в качестве фрагмента полиномиального сплайна, с помощью которого можно целиком аппроксимировать эту функцию развития. Такая пофрагментарная аппроксимация функции эволюционного развития позволяет значительно снизить вычислительные затраты, за счет небольшого порядка уравнения фрагмента, и работать с каждым фрагментом отдельно [11.25].

Используя возможность редукции системы дифференциальных уравнений (11.6), в качестве исходной для аппроксимации фрагментов полиномиального сплайна применим функцию (11.3), как самую сложную зависимость для представления с помощью сплайнов функции эволюционного развития. Экспоненциальную функцию (11.3) путем преобразования с помощью степенного ряда Тейлора можно представить в виде

$$I(t) = Ae^t = \sum_{n=0}^{\infty} b_n t^n, \quad (11.7)$$

где

$$b_n = \frac{A}{n!}, \quad (11.8)$$

при этом n! - факториал натурального числа n.

Ограничимся в разложении степенного ряда (11.7) числом членов достаточным, для того, чтобы передать основные качественные особенности реальной динамики процесса. Учитывая ограничения по ресурсной базе, в том числе и за счет фундаментальных физических пределов, и их изменения во времени, которые будут определять возможности непрерывного экспоненциального развития ИИ, выражение (11.7) можно заменить на более универсальную функцию для аппроксимации фрагмента сплайна I(t), которую можно записать в виде полинома

$$I_q(t) = c_{q0} + c_{q1}t + c_{q2}t^2 + \dots + c_{qn}t^n, \quad (11.9)$$

где $I_q(t)$ – полином, используемый для q фрагмента спайна $I(t)$, c_{qi} – коэффициент, зависящий от ресурсных возможностей на интервале q аппроксимирующего сплайна.

Характер фрагментов сплайна функции эволюционного развития (11.9) будет определяться наличием различного типа ресурсов, подпитывающих процесс развития. Этот сплайн позволяет рассмотреть аппроксимацию всего процесса развития от бурного роста на основе освоения нового пласта ресурсов до некоторой стабилизации, спада и его прекращения. Такой эволюционный процесс развития предусматривает, после спада, возможность использования вновь открывающихся ресурсов, которые позволяют перейти к ускоренному, экспоненциальному развитию с соответствующим изменением коэффициентов c_{qi} в выражении (11.9).

Современное развитие ИИ на основе имеющихся цифровых технологий, исходя из ограничения ресурсной базы, не сможет непрерывно расти по экспоненциальному закону. Физик Jonathan Huebner в [11.26] и аналитик Theodore Modis в [11.27] приводят данные о том, что темпы технологических инноваций не только перестали расти, но и наметился их спад. Об ограничениях в развитии современной вычислительной техники упоминалось в [11.28]. В какой-то степени это даст человечеству некоторое время для осмысления необходимых решений по дальнейшему человеко-машинному взаимодействию. В тоже время эта временная задержка приведет к накоплению знаний по новым технологиям и, после определенного порога, позволит перейти к вскрытию новых материальных и информационных ресурсных пластов. Для ускоренного развития ИИ уже просматривается возможность перехода на методы квантовой механики [11.29]. Квантовые компьютеры, оперирующие кубитами и кутритами, и обрабатывающие данные в параллельном режиме, способны совершить революцию в технологиях построения элементной базы, программного обеспечения и архитектуры систем ИИ. Они позволят на несколько порядков ускорить и увеличить объемы обрабатываемой информации и дадут возможность перейти на новые алгоритмы ее обработки, включая использование многозначной и нечеткой логики. К настоящему времени уже создан экспериментальный образец квантового компьютера на 51 кубите [11.30] и соревнование разработчиков в этом новом технологическом направлении нарастает.

И здесь человечеству надо постараться, чтобы не допустить бесконтрольного процесса, приводящего к сингулярности, и соответственно доминирования сверхсильного или сверхсильных ИИ. Такой риск возможен в условиях современной глобализированной системы экономики массового производства, которая в результате ее легко поддающейся автоматизации, в том числе роботизации, приводит к снижению задействованных в экономике творческих сил. И в этом случае, согласно зависимости темпа роста новых знаний от числа исследователей [11.23, 11.31], в силу резкого уменьшения числа исследователей, будет уменьшаться общий интеллектуальный уровень человечества.

Устойчивый когнитивный эволюционный процесс возможен только при достаточных пороговых величинах интеллектуальных ресурсов. Можно предположить, что такой процесс невозможен при монопольном доминировании одного или группы индивидуумов, тенденция к которому просматривается в современных условиях, в том числе и на примере рассмотренного выше роста экономического неравенства. И такое социально-экономическое доминирование немногих может привести к когнитивной деволуции. Так как и в среде доминированного большинства и в среде доминантов интеллектуального развития не будет, а это приведет к деградации тех и других.

В качестве выхода из такой ситуации можно рассматривать уход от массового производства и переход к индивидуальному субъектно-ориентированному производству, рассмотренному в [11.32, 11.33], в котором возникает потребность в большом количестве креативно мыслящих людей. Значительное увеличение числа креативных мастеров при таком производстве, за счет механизма положительной обратной связи, рассмотренного в [11.31], приведет к увеличению темпов роста новых технологий по закону, близкому к

экспоненциальному. И это позволит ускоренно сформировать новую ресурсную базу, которую можно рассматривать как основу некоей интеллектуальной сингулярности.

Эти креативные мастера смогут поставить себе на службу интеллектуальные машины, развивающиеся по множеству определенных специализаций. Здесь уже люди-творцы становятся доминирующей силой над самыми совершенными системами ИИ, включая автономных роботов, которых для дружественного отношения с людьми целесообразно будет снабжать матрицей искусственных эмоций [11.34]. К этому надо добавить, что развитие работ по созданию все более совершенных систем ИИ требует определенной децентрализации разработчиков. Так как по мере роста информации и накопления знаний в этой области при разработке ИИ необходима более широкая специализация по узким направлениям, на основе небольших групп исследователей [11.35]. И такое положение хорошо вписывается в идеологию экономики субъектно-ориентированного производства.

БИБЛИОГРАФИЯ

- 11.1. Vinge V. The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era. Proceedings of a symposium cosponsored by the NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute and held in Westlake, Ohio March 30-31, 1993. Pp.11-22
- 11.2. Kurzweil R. The Law of Accelerating Returns | Kurzweil AI. March 7, 2001. www.kurzweilai.net > Essays
- 11.3. Болдачев А. В. Финита ля история. Политико-культурно-экономическая сингулярность как абсолютный кризис цивилизации. Оптимистический взгляд в будущее // Сингулярность. Образы "постчеловечества". Автор составитель К. Г. Фрумкин. - М.: Алгоритм, 2016 - С. 7-37.
- 11.4. Коротаев А. В. и др. Законы истории: Математическое моделирование и прогнозирование мирового и регионального развития . - М.: Издательство ЛКИ, 2010.
- 11.5. Коротаев А. В. Новые технологии и сценарии будущего, или Сингулярность уже рядом?/ История и синергетика. Методология исследования. М.: Изд-во ЛКИ/URSS, 2009.
- 11.6. Козлов М. Глобальная паутина и как в ней не запутаться. NIZI.co.il / Наука и жизнь Израиля. 08.02.2017.
- 11.7. Козлов М. Потребность в новых финансовых технологиях и не пора ли отказаться от денег. NIZI.co.il / Наука и жизнь Израиля. 07.05.2017.
- 11.8. 62 people own the same as half the world, reveals Oxfam Davos report. Oxfam International. 18.01.2016.
- 11.9. Just 8 men own same wealth as half the world. Oxfam International. 16 January 2017.
- 11.10. Козлов М. Отличительные особенности интеллекта. Сборник трудов виртуальной научной конференции «Исследования в области прикладных наук-2015»// Арад (Израиль), октябрь 2015, Издательство ИПИ. - С. 208-218.
- 11.11. Kurzweil R. The Singularity is Near - Penguin Books, 2005.
- 11.12. Панов А.Д. Завершение планетарного цикла эволюции? Философские науки, №3 – 4. 2005. с. 42–49; с. 31–50.
- 11.13. Виндж В. Технологическая сингулярность. <http://www.computerra.ru/think/35636/>
- 11.14. Могут ли футурологи предсказать год наступления технологической сингулярности? vipstor.ru/mogut-li-futurologi-predskazat-god-nastupleniya-technologicheskoy-singuly 13.04.2017.
- 11.15. Armstrong S., Kaj S. How We're Predicting AI - or Failing To./ In Beyond AI: Artificial Dreams, edited by Jan Romportl, Pavel Ircing, Eva Zackova, Michal Polak, and Radek Schuster, Pilsen: University of West Bohemia. 2012. Pp. 52–75.
- 11.16. Турчин А.В. Структура глобальной катастрофы. Риски вымирания человечества в XXI веке - Изд-во ЛКИ - М, 2011.
- 11.17. Bostrom N. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press, Oxford, 2014.
- 11.18. Tomasik B. Artificial Intelligence and Its Implications for Future Suffering. Foundational Research Institute. 30 Jun. 2017. www.foundational-research.org/Future/AI
- 11.19. Christiano P. Three impacts of machine intelligence. Nov 29, 2014. <https://medium.com/@paulfchristiano/three-impacts-of-mach...>
- 11.20. Goertzel B. Human-level artificial general intelligence and the possibility of a technological singularity. A reaction to Ray Kurzweil's The Singularity Is Near, and McDermott's critique of Kurzweil. Artificial Intelligence 171 (2007) Pp. 1161–1173.
- 11.21. Hanson R. I Still Don't Get Foom. July 24, 2014. www.overcomingbias.com/2014/07/30855.html
- 11.22. Hall J.S. Engineering Utopia. Proceedings of the First AGI Conference 2008. Pp. 460-467.
- 11.23. Jones, C.I. Growth and ideas. In: Aghion, P., Durlauf, S.A. (Eds.), Handbook of Economic Growth. North Holland, New York, NY. 2005. Pp. 1063–1111.
- 11.24. Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Свешников А.Г. Дифференциальные уравнения. М. Изд-во: ФИЗМАТЛИТ. 2005.

- 11.25. Завьялов Ю.С., Леус В.А., Скороспелов В.А. Сплайны в инженерной геометрии. - М.: Машиностроение, 1985.
- 11.26. Huebner J. A Possible Declining Trend for Worldwide Innovation. Technological Forecasting & Social Change, 72. 2005, Pp. 980–986.
- 11.27. Modis T. The Singularity Myth. Technological Forecasting & Social Change. 73. № 2. 2006.
- 11.28. Козлов М. Две стороны прогресса. NIZI.co.il / Наука и жизнь Израиля. 20.12.2016.
- 11.29. Кронберг Д.А., Ожигов Ю.И., Чернявский А.Ю. Квантовая информатика и квантовый компьютер, (Учебно-методическое пособие). - М.: Макс Пресс, 2011.
- 11.30. Дерягин П. В Москве представили мощнейшие в мире квантовые компьютеры. 18.07.2017. https://www.1tv.ru/.../329069-v_moskve_predstavili_moschneyshie_v_mire_kvantov...
- 11.31. Козлов М. Биржа идей и переход к системе субъектно-ориентированного рецензирования. NIZI.co.il / Наука и жизнь Израиля. 01.04.2017.
- 11.32. Козлов М. Переход к субъектно-ориентированной экономике индивидуального потребления. Вестник академии. Израильская независимая академия развития науки. Хайфа, Израиль, 2016. Т.8, №2 - С. 32-59.
- 11.33. Козлов М. Закат глобализации или вперёд к гильдиям ремесленников. NIZI.co.il / Наука и жизнь Израиля. 30.12.2016.
- 11.34. Козлов М.В. Искусственные эмоции в объединениях искусственных интеллектов. Журнал Вестник Житомирского Государственного Технологического университета. - 2012. - №3(62). - С.99-106.
- 11.35. Sandberg A. Singularity and the growth of differences / Comments on Vinge's Singularity - Robin Hanson. 1998. hanson.gmu.edu/vc.html