

Цифровая экономика

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И «ПАРАДОКС ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ 2.0»

Статья рекомендована к публикации председателем редакционного совета Хохловым Ю. Е.

Скрипкин Кирилл Георгиевич

Кандидат экономических наук

МГУ им. М.В.Ломоносова, Экономический факультет, кафедра Экономической информатики

Москва, Российская Федерация

Ya.ks66@yandex.ru

Аннотация

В работе описан современный этап так называемого парадокса производительности (крупные вложения в ИТ не ведут к росту производительности фирм). На данных стран ОЭСР существование парадокса производительности подтверждено эмпирически: в 2010–2019, а также в 2008–2022 гг. темпы роста производительности труда оказались значимо ниже таковых в 1993–2007 гг. В качестве причины парадокса производительности рассматривается значительный временной лаг между появлением новых технологий общего назначения и появлением поддерживающих их организационных практик и характеристик человеческого капитала. Предлагаются новые признаки появления таких практик.

Ключевые слова

производительность; технология общего назначения; искусственный интеллект; бизнес-модель

Введение

В этом году исполняется десять лет концепции Четвёртой промышленной революции, в которой искусственный интеллект (далее – ИИ) занимает одно из центральных, если не центральное место. За это время расходы на искусственный интеллект¹ в мировом масштабе превысили \$600 млрд в 2024 году и по прогнозам могут превысить триллион долларов в 2027 году [1]. Другие технологии, рассматриваемые в данной концепции, такие, как интернет вещей или блокчейн, получают на порядок меньше ресурсов [2, 3], т. е. ИИ определяет общую динамику расходов на эту группу технологий. Что касается результатов, здесь вопрос более сложный. В [4] показано, что по состоянию на середину 2024 года валовая выручка не покрывала даже прямых затрат. Похожие выводы и в отчете Goldman Sachs [5]. В [6] проведен подробный анализ результативности прогнозной аналитики, продемонстрировано, что у компаний – лидеров внедрения таковой отдача колеблется в пределах 2–5%, у тех, кто внедрил позднее, – в пределах 0–2,5%.

Почему эти проблемы с отдачей принципиальны? Все предшествующие промышленные революции – революция пара в конце 18 века, революция электричества и двигателя внутреннего сгорания в конце 19 – начале 20 века, компьютерная революция последней четверти 20 века – вели к ускоренному росту производительности, в том числе, производительности труда. Именно этот рост производительности приводил к широкому распространению новой волны технологий, повышению благосостояния широких масс граждан и изменению условий жизни от бытового комфорта до общественных институтов. Рис. 1 показывает исключительно высокие темпы роста производительности труда в 1960-е гг. (результат последней волны второй промышленной

¹ Обсуждение понятия «искусственный интеллект» выходит за рамки настоящей работы. Автор руководствуется пониманием, принятым в отрасли.

революции), замедление роста производительности труда в 1970-е – 80-е и резкий всплеск со второй половины 1990-х до первой половины 2000-х – результат третьей промышленной революции.

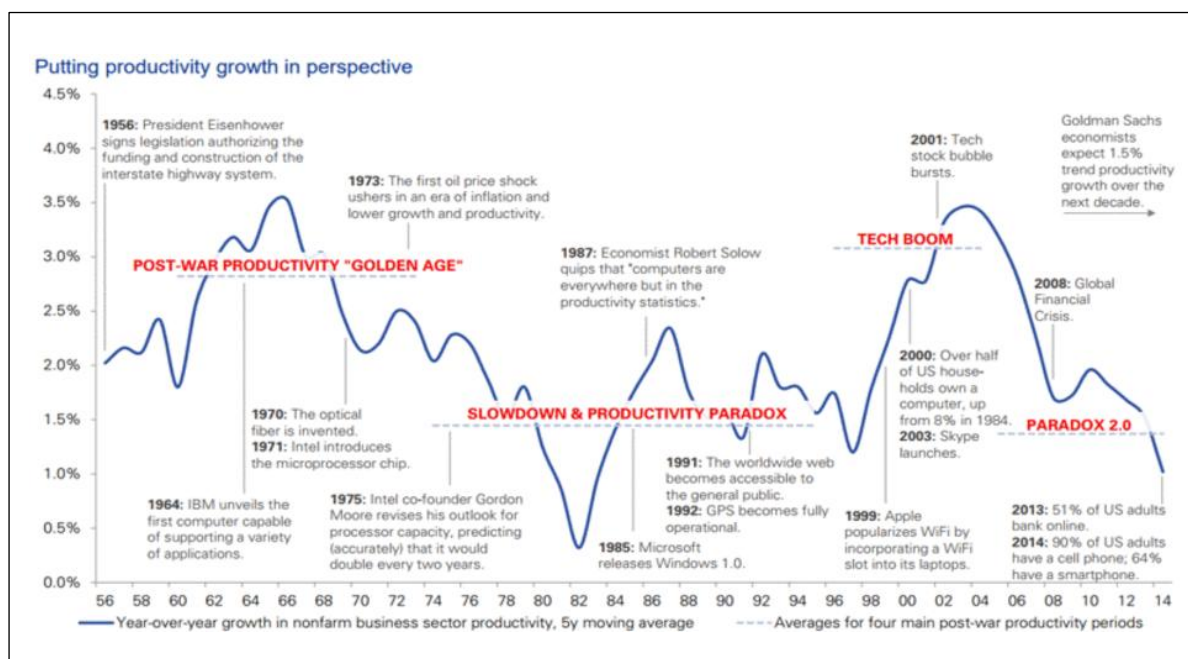


Рисунок 1. Динамика производительности труда в США в 1956–2014 гг. Источник [7]

Это явление – несоответствие отдачи от новой технологии объему вложений в неё – было хорошо изучено еще в период 3-й промышленной революции под названием «парадокс производительности». В этом же ракурсе рассматриваются и нынешняя низкая отдача от вложений в ИИ.

Вопрос об отдаче от ИИ, в частности, вкладе ИИ в рост производительности и причинах низкой отдачи в настоящее время имеет принципиальное значение. Если четвертая промышленная революция – не более, чем интеллектуальная ошибка и ИИ не может быть основой долгосрочного устойчивого роста производительности, следует сокращать вложения в ИИ и искать альтернативные направления вложений. Если же концепция в целом верна, но перед нами временной лаг, проявлявшийся и в прошлом, необходимо принимать меры по сокращению этого лага, которые будут рассмотрены далее.

Работа имеет следующую структуру. В первом разделе рассматривается парадокс производительности и основные результаты его изучения. Второй раздел посвящен эмпирической проверке замедления темпов роста производительности труда. Третий раздел анализирует причины столь длительного лага и предлагает ответ на исследовательский вопрос статьи.

1 Парадокс производительности 2.0

Проблема парадокса производительности была поставлена в широком круге работ, например, [8, 9, 10]. Позже в целом ряде работ, начиная с [11], было показано разрешение парадокса, т. е. значимое положительное влияние инвестиций в ИТ на производительность. Однако, результаты этого исследования далеко выходили за рамки первоначальной проблемы. Были получены следующие результаты:

1. Выделен особый класс технологий – технологии общего назначения, порождающие широкий класс прикладных технологий. Примеры – паровая машина, электродвигатель, компьютер, интернет [12, 13].
2. Промышленная революция² – сложный тесно переплетенный пазл из нескольких (обычно) технологий общего назначения, организационных практик и требований к человеческому капиталу [12, 13].

² Клаус Шваб не дает строгого определения промышленной революции. В настоящей работе под промышленной революцией понимается сочетание нескольких технологий общего назначения, появляющихся с небольшими интервалами

3. Технология – наименее консервативный элемент паззла, основное время и ресурсы уходят на адаптацию бизнеса, работников и государств [12, 13].
4. Главная трудность адаптации – нелинейные эффекты, порождаемые комплементарными связями технологий, организационных практик и свойств человеческого капитала в самых разных сочетаниях. Как следствие, отдельные инкрементные усовершенствования технологий и бизнес-процессов обычно не ведут к значительным повышением производительности и/или улучшению положения фирмы на рынке [14, 15, 16].
5. Успеха достигают предприниматели³, которым удастся создать не отдельные улучшенные практики, а новую целостную матрицу комплементарных связей, основанную на новых технологиях [14].

Большая часть этих исследований была проведена во второй половине 1990-х – первой половине 2000-х, когда производительность труда после примерно 20-летнего перерыва снова стала быстро расти. Однако, кризис 2007–2008 гг. оборвал этот рост (Рис.1). Примерно через 10 лет активное развитие технологий новой волны, таких, как ИИ, интернет вещей или блокчейн при продолжающейся с 2008 года стагнации производительности труда снова поставил этот вопрос на повестку дня, например, в [17]. В [18] приведен подробный обзор положения дел с производительностью новой волны технологий от ведущих специалистов этого направления. В частности, [19] в явном виде демонстрируется, что в основе парадокса производительности 2.0 лежит проблема вложений в комплементарные бизнес-модели, организационные практики и свойства человеческого капитала.

Таким образом, согласно современным представлениям, парадокс производительности 2.0 в целом повторяет аналогичный парадокс 80-х годов: для реализации преимуществ ИИ (вероятно, в связке с интернетом вещей, аддитивными технологиями, блокчейном и др.) требуются комплементарные вложения в организационный и человеческий капитал.

2 Эмпирическая проверка парадокса

Прежде чем делать дальнейшие выводы о причинах и механизмах парадокса производительности 2.0, есть смысл эмпирически проверить его наличие. Предшествующие промышленные революции приводили к росту производительности, в частности производительности труда в глобальном масштабе, поэтому сравнительно простой способ проверки – сопоставить производительность труда в период бума с середины 1990-х по 2008 год и в период с 2009 года до конца доступных нам наблюдений. Производительность труда будет оцениваться как отношение ВВП в постоянных ценах к числу занятых:

$$p = \frac{GDP}{L(1-u)} \quad (1)$$

где p – производительность труда; GDP – ВВП в постоянных ценах; L – численность рабочей силы; u – доля безработных в общей численности рабочей силы.

Проверяемая гипотеза: в период после кризиса 2007–2009 годов до настоящего времени темпы роста производительности труда были значимо ниже таковых в 1993–2007 гг. Нулевая гипотеза: если производительность труда не изменилась, статистически значимого различия не будет.

Данные были получены из базы данных Всемирного банка, которая содержит все необходимые показатели – ВВП, рабочую силу и долю безработных. Данные охватывают 14 лет в 1993–2007 и 14 лет в 2008–2022. Поскольку на второй период в ряде стран пришелся кризис 2007–2009 гг., а также кризис, связанный с COVID-19, второй интервал был сокращен до 2010–2019 годов. Это дает верхнюю грань темпов роста. За основу выборки стран были взяты страны ОЭСР, которые на сегодня рассматриваются как наиболее экономически развитые страны мира. Эти страны, в отличие от стран развивающихся, не могут увеличивать общую производительность труда простым перемещением работников из отсталых секторов в передовые, поэтому рост производительности в них связывается прежде всего с технологическим развитием. В то же время для сравнения в выборку были включены страны БРИКС, с учетом временного интервала в выборку попали только те пять стран, которые были в БРИКС на тот момент – Бразилия, Индия, Китай, Россия, ЮАР.

и связанные друг с другом. Например, третья промышленная революция случилась благодаря трём технологиям общего назначения – компьютеру, микропроцессору и интернету.

³ Менеджеры высшего и среднего звена также могут выступать в роли предпринимателей.

Таблица 1. Показатели производительности труда в 1993–2007 и 2010–2019

Показатель	1993–2007	2010–2019
Среднее	2,57%	1,47%
Стандартная ошибка	0,28%	0,22%
Медиана	1,88%	1,00%
Минимум	-0,09%	-0,63%
Максимум	9,11%	7,66%

Результаты расчетов приведены в Таблице 1. Как мы видим, стандартная ошибка в обоих случаях кратно меньше обоих средних. Медиана, минимум и максимум во втором периоде значительно ниже, нежели в первом. Наконец, для 38 стран из 43 темпы роста в 1993–2007 гг. были выше, нежели в 2010–2019. Оставшиеся 5 стран – это Колумбия, Коста-Рика (обе принадлежат к наименее развитым странам ОЭСР), Индия (БРИКС), Испания, в которой глубокий кризис пришелся именно на первую половину 2000-х, и Ирландия – лидер всей выборки по волатильности производительности труда. Таким образом, гипотеза подтверждается, а немногочисленные исключения имеют логичное объяснение.

3 Парадокс производительности и перспективы четвертой промышленной революции

Итак, парадокс производительности, несомненно, имеет место. Но что наличие парадокса означает для четвертой промышленной революции? Ставит ли он под сомнение эту концепцию?

Парадокс производительности как таковой – едва ли. Ранее уже было показано, что этот парадокс имел место на ранних этапах третьей промышленной революции. Мало того, давно известную «долгую депрессию 1873–1897 гг.» сегодня прямо связывают с новыми технологиями, в том числе, технологиями второй промышленной революции [20].

Вместе с тем, следует отметить ряд наблюдений.

3.1 Влияние на процессы в материальном производстве

Первая промышленная революция повлияла только на материальное производство и транспорт, вторая – на материальное производство, транспорт, торговлю и офисную работу (первый кассовый аппарат появился в 1879 году, табулятор Голлерита – в 1893 году, электронный компьютер – в 1946 году⁴, первый практически применимый копировальный аппарат – в 1959, уже в 20-е годы прошлого века парк офисной техники составлял несколько десятков единиц). Третья промышленная революция затрагивала преимущественно офисы, хотя промышленная автоматика получила широкое распространение именно тогда. При этом в третьей промышленной революции период быстрого роста производительности оказался самым коротким, всего около 10 лет (рис.1), тогда как период «парадокса производительности» растянулся на 15–20. На фоне того, что услуги в развитых странах сегодня составляют до 80%, это можно считать простым совпадением. Но революция в материальном производстве породила не только повышение производительности, но и широкий круг принципиально новых потребительских товаров, таких, как автомобили, холодильники, телевизоры, кондиционеры, одежда (имеется в виду её промышленное производство, а не пошив в домохозяйствах или у портных) и др. Бурное развитие промышленности повлияло и на развитие услуг в сфере транспорта (автомобиль, общественный транспорт, авиация), финансов (банкоматы) и др. Можно предположить, что именно промышленное производство придает устойчивость росту производительности в очередной промышленной революции.

В этом смысле потенциал четвертой промышленной революции может быть значительно выше третьей. Речь идет об аддитивных технологиях и применении генеративного ИИ в проектировании новых изделий. Если эти технологии будут развиваться теми же темпами, сопоставимыми с темпами развития ИИ, если появятся ИИ-агенты, занимающиеся разработкой и производством, этот потенциал вполне может реализоваться. Но, как и в остальных случаях, реализация этого потенциала зависит от комплементарных инвестиций.

⁴ Речь идет о компьютере ЭНИАК. Есть и другие аппараты, претендующие на первенство, с другими датами, так или иначе относящимися к середине 1940-х.

3.2 Новые семейства бизнес-моделей

Предшествующие промышленные революции порождали целые семейства новых бизнес-моделей, технически недоступных вплоть до их появления (рис.2). Первая промышленная революция породила бизнес-модель экономии на масштабе, приведшей к появлению фабрик, железных дорог, паровых линий и целого ряда других предприятий, включая коммерческие банки современного (депозитного) типа.

Вторая промышленная революция породила бизнес-модели, основанные на совместном действии экономии на масштабе и экономии на разнообразии. Это породило крупную дивизиональную фирму, производящую широкую линейку продуктов, часто в разных отраслях. Автомобильные, авиастроительные, химические компании, модные дома – наглядные примеры. Потребности этой экономики породили и новый тип банковского дела – инвестиционный банкинг.

Наконец, третья промышленная революция породила цифровые платформы, которые соединяют экономию на масштабе производства, экономию на разнообразии и впервые – экономию на масштабе потребления. Они лежат в основе широкого круга бизнес-моделей маркетплейсов, социальных сетей, телекоммуникаций, транспорта. По этой же схеме работает и современный финтех в кооперации и конкуренции с банками.

ИИ пока не породил «родных» для него семейств бизнес-моделей, вместо этого ИИ усиливает бизнес-модели платформ в самых разных областях. Появление самостоятельных семейств бизнес-моделей представляется важным достаточным условием четвертой промышленной революции.

3.3 Новые модели корпоративного контроля

Промышленные революции в прошлом неизменно меняли и подходы к корпоративному контролю (в смысле слова governance). Основной фигурой первой промышленной революции стал промышленник – предприниматель, управляющий одной (обычно) или несколькими фабриками при помощи услуг немногих наемных работников – бухгалтеров, инженеров и клерков. Исключением были железные дороги, ставшие в ряд первых крупных акционерных обществ.

Вторая промышленная революция отодвинула от управления собственников и акционеров в пользу наемных менеджеров. С одной стороны, это позволило создавать крупные компании с разнообразными и сложными управленческими функциями, с другой – породило так называемую агентскую проблему: менеджеры фирм преследовали собственные интересы, наряду с интересами акционеров, а временами и в ущерб им.

Третья промышленная революция поставила во главу угла акционерную стоимость – деньги для акционеров компании. Для привязки интересов менеджеров к этой цели им выплачивались крупные бонусы и опционы (возможность приобретения акций управляемой компании). Это решило задачу, но углубило социальное неравенство в корпоративном мире и создало ряд искажений в стимулах менеджеров.

Четвертая промышленная революция пока не породила новую модель корпоративного контроля, как и новое семейство бизнес-моделей.

Заключение

Итак, мы рассмотрели причины трудностей и отсрочек в реализации концепции четвертой промышленной революции. В основе этих трудностей лежит так называемый парадокс производительности, сегодня уже хорошо изученный экономической наукой. Проведенный в работе эмпирический тест также подтвердил, что парадокс производительности имеет место. Этот парадокс не является спецификой четвертой промышленной революции, он наблюдался как минимум во второй и третьей революциях. Следовательно, сам по себе он не дает повода усомниться в реальности четвертой промышленной революции. В то же время есть ряд других важных моментов, от которых зависит реальность данной концепции и масштаб изменений в экономике и обществе. Как показано в работе, это сила влияния на сферу материального производства, построение нового семейства бизнес-моделей, использующего возможности новых технологий, и новой модели корпоративного контроля, адекватной новой экономике.

Литература

1. Precedence Research. Artificial Intelligence (AI) Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034 // URL: <https://www.precedenceresearch.com/artificial-intelligence-market> (дата обращения 08.07.2025).
2. Precedence Research. Internet of Things (IoT) Market Size and Forecast 2025 to 2034 // URL: <https://www.precedenceresearch.com/internet-of-things-market> (дата обращения 08.07.2025).
3. Precedence Research. Blockchain Technology Market Size and Forecast 2025 to 2034 // URL: <https://www.precedenceresearch.com/blockchain-technology-market> (дата обращения 08.07.2025).
4. David Cahn. AI's \$600B Question // Sequoia Capital, URL: <https://www.sequoiacap.com/article/ais-600b-question/> (дата обращения 10.07.2025)
5. Allison Nathan. Gen AI: too much spend, too little benefit? // Top of mind, June 25, 2024. URL: <http://goldmansachs.com/intelligence/pages/gs-research/gen-ai-too-much-spend-too-little-benefit/report.pdf> (дата обращения 03.07.2025).
6. Brynjolfsson, Erik, Jin, Wang and McElheran, Kristina. The power of prediction: predictive analytics, workplace complements, and business performance. MIT: MIT Open Access. URL: <https://hdl.handle.net/1721.1/137842> (дата обращения 18.03.2024).
7. The Productivity Boom // Stray Reflections, 2021. URL: https://stray-reflections.com/article/196/The_Productivity_Boom (дата обращения 03.07.2025).
8. Solow Robert. We'd Better Watch Out // New York Times Book Review. - New York: 12.07. 1987.
9. Strassmann Paul. The Value of Computers, Information and knowledge // <http://www.strassmann.com/pubs/cik/cik-value.shtml>, (дата обращения 12.12.2011 года).
10. Catherine Morrison, Ernst Berndt, Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in U.S. Manufacturing Industries // NBER Working Paper No. 3582, January 1991.
11. Erik Brynjolfsson, Lorin Hitt. Paradox Lost? Firm-level Evidence on the Returns to Information Systems Spending // Management Science/Vol. 42, No. 4, April 1996
12. Paul A. David. The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox // The American Economic Review, Vol. 80, No. 2, Papers and Proceedings of the Hundred and Second Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1990), pp.355-361.
13. Timothy F. Bresnahan, Manuel Trajtenberg. General purpose technologies: "Engines of growth?" // NBER Working Paper No. 4148 (August 1992).
14. Paul Milgrom, John Roberts. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization // The American Economic Review, Vol. 80, No. 3 (June, 1990), pp. 511-528.
15. Erik Brynjolfsson, Lorin M. Hitt, Shinkyu Yang. Intangible Assets: Computers and Organizational Capital // Brookings Papers on Economic Activity, Vol. 2002, No. 1 (2002), pp. 137-181.
16. David H. Autor, Frank Levy, Richard J. Murnane. Upstairs, downstairs: computers and skills on two floors of a large bank // Massachusetts Institute of Technology Department of Economics: Working Paper Series, Working Paper 00-23, Revised August 2001.
17. Stefan Schweikl, Robert Obermaier. Lessons from three decades of IT productivity research: towards a better understanding of IT-induced productivity effects // Management Review Quarterly (2020) 70, pp.461-507.
18. Ajay Agrawal, Joshua Gans, Avi Goldfarb (eds.) The Economics of Artificial Intelligence: an Agenda / Chicago, London: The University of Chicago Press, 2019.
19. Erik Brynjolfsson, Daniel Rock, Chad Syverson (2019). Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics // Ajay Agrawal, Joshua Gans, Avi Goldfarb (eds.) The Economics of Artificial Intelligence: an Agenda.
20. Jon-Arild Johannessen. Innovations Lead to Economic Crises. Explaining the Bubble Economy / Palgrave Macmillan, 2017.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE PRODUCTIVITY PARADOX 2.0

Skripkin, Kirill Georgievich

Candidate of economic sciences

Lomonosov Moscow State University Faculty of economics, Department of economic informatics

Moscow, Russian Federation

Ya.ks66@yandex.ru

Abstract

The paper describes the current stage of the so-called productivity paradox (large investments in IT do not lead to an increase in firms' productivity). Based on data from OECD countries, the existence of the productivity paradox has been empirically confirmed: in 2010-2019, as well as in 2008-2022, labor productivity growth rates were significantly lower than those in 1993 – 2007. The reason for the productivity paradox is a significant time lag between the emergence of new general-purpose technologies and the emergence of organizational practices and human capital characteristics that support them. New signs of the emergence of such practices are suggested.

Keywords

productivity; general purpose technology; Artificial Intelligence; business model

References

1. Precedence Research. Artificial Intelligence (AI) Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034 // URL: <https://www.precedenceresearch.com/artificial-intelligence-market> (дата обращения 08.07.2025).
2. Precedence Research. Internet of Things (IoT) Market Size and Forecast 2025 to 2034 // URL: <https://www.precedenceresearch.com/internet-of-things-market> (дата обращения 08.07.2025).
3. Precedence Research. Blockchain Technology Market Size and Forecast 2025 to 2034 // URL: <https://www.precedenceresearch.com/blockchain-technology-market> (дата обращения 08.07.2025).
4. David Cahn. AI's \$600B Question // Sequoia Capital, URL: <https://www.sequoiacap.com/article/ais-600b-question/> (дата обращения 10.07.2025).
5. Allison Nathan. Gen AI: too much spend, too little benefit? // Top of mind, June 25, 2024. URL: <http://goldmansachs.com/intelligence/pages/gs-research/gen-ai-too-much-spend-too-little-benefit/report.pdf> (дата обращения 03.07.2025).
6. Brynjolfsson, Erik, Jin, Wang and McElheran, Kristina. The power of prediction: predictive analytics, workplace complements, and business performance. MIT: MIT Open Access. URL: <https://hdl.handle.net/1721.1/137842> (дата обращения 18.03.2024).
7. The Productivity Boom // Stray Reflections, 2021. URL: https://stray-reflections.com/article/196/The_Productivity_Boom (дата обращения 03.07.2025).
8. Solow Robert. We'd Better Watch Out // New York Times Book Review. - New York : 12.07. 1987.
9. Strassmann Paul. The Value of Computers, Information and knowledge // <http://www.strassmann.com/pubs/cik/cik-value.shtml>, (дата обращения 12.12.2011 года).
10. Catherine Morrison, Ernst Berndt, Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in U.S. Manufacturing Industries // NBER Working Paper No. 3582, January 1991.
11. Erik Brynjolfsson, Lorin Hitt. Paradox Lost? Firm-level Evidence on the Returns to Information Systems Spending // Management Science/Vol. 42, No. 4, April 1996
12. Paul A. David. The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox // The American Economic Review, Vol. 80, No. 2, Papers and Proceedings of the Hundred and Second Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1990), pp.355-361.
13. Timothy F. Bresnahan, Manuel Trajtenberg. General purpose technologies: "Engines of growth?" // NBER Working Paper No. 4148 (August 1992).

14. Paul Milgrom, John Roberts. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization // The American Economic Review, Vol. 80, No. 3 (June, 1990), pp. 511-528.
15. Erik Brynjolfsson, Lorin M. Hitt, Shinkyu Yang. Intangible Assets: Computers and Organizational Capital // Brookings Papers on Economic Activity, Vol. 2002, No. 1 (2002), pp. 137-181.
16. David H. Autor, Frank Levy, Richard J. Murnane. Upstairs, downstairs: computers and skills on two floors of a large bank // Massachusetts Institute of Technology Department of Economics: Working Paper Series, Working Paper 00-23, Revised August 2001.
17. Stefan Schweikl, Robert Obermaier. Lessons from three decades of IT productivity research: towards a better understanding of IT-induced productivity effects // Management Review Quarterly (2020) 70, pp.461-507.
18. Ajay Agrawal, Joshua Gans, Avi Goldfarb (eds.) The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda / Chicago, London: The University of Chicago Press, 2019.
19. Erik Brynjolfsson, Daniel Rock, Chad Syverson (2019). Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics // Ajay Agrawal, Joshua Gans, Avi Goldfarb (eds.) The Economics of Artificial Intelligence: an Agenda.
20. Jon-Arild Johannessen. Innovations Lead to Economic Crises. Explaining the Bubble Economy / Palgrave Macmillan, 2017.