

---

# ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

## SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

---

УДК 330.3

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-4-729-746

### Моделирование сценариев динамики индикаторов развития ИТ-отрасли посредством элементарных математических функций

**Алферьев Д.А., Родионов Д.Г.**

Высшая инженерно-экономическая школа Института промышленного менеджмента,  
экономики и торговли Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого  
(ФГАОУ ВО СПбПУ), Россия, 194064, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Вологодский научный центр Российской академии наук (ФГБУН ВолНЦ РАН),  
Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а

E-mail: alferev\_1991@mail.ru, drodionov@spbstu.ru

#### Аннотация

Прогнозирование является важным инструментом в деятельности ученых и исследователей социально-экономической сферы. Его использование позволяет предполагать варианты будущего и находить на них своевременные адекватные и эффективные ответы. Прогнозирование показателей регионального развития в свою очередь позволяет формировать необходимую национальную политику в отношении субъектов хозяйствования, которые нуждаются в государственной поддержке, либо перераспределении ресурсов из элементов экономической системы, имеющих их в свою очередь в избытке. Целью данной статьи является разработка и апробация соответствующего инструментария, моделирующего прогнозные сценарии динамики показателей развития, являющихся социально-экономическими характеристиками региона. В качестве базиса построения прогнозов взяты трендовые модели, выраженные элементарными математическими функциями. Помимо этого, представлен алгоритм моделирования сценариев и коридора значений прогнозируемой величины. Апробация разработанного инструмента проделана на статистических показателях Российской Федерации и Пермского края, характеризующих развитие и уровень влияния ИТ-технологий на исследуемой территории.

**Ключевые слова:** эконометрика, прогнозирование, тренд, элементарные математические функции, социально-экономическое развитие, динамические ряды, региональная статистика, экономические показатели.

**Для цитирования:** Алферьев Д.А., Родионов Д.Г. 2020. Моделирование сценариев динамики индикаторов развития ИТ-отрасли посредством элементарных математических функций. Экономика. Информатика. 47 (3): 729–746. DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-4-729-746.

---



## Modeling scenarios of dynamics of indicators of development of IT-industry by means of elementary mathematical functions

Alferev D.A., Rodionov D.G.

Graduate School of Industrial Economics Institute of Industrial Management Economics and Trade  
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU),  
29 Polytechnic St., St. Petersburg, 194064, Russia

Federal State Budgetary Institution of Sciences  
Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (VolRC RAS),  
56a Gorky St., Vologda, 160014, Russia  
E-mail: alferev\_1991@mail.ru, drodionov@spbstu.ru

### Abstract

Forecasting is an important tool in the activities of scientists and researchers of the socio-economic sphere. Its use allows us to suggest future options and find timely, adequate and effective answers to them. Prediction of regional development indicators, in turn, allows you to formulate the necessary national policies for business entities that need government support, or the redistribution of resources from elements of the economic system, which in turn are in excess. The purpose of this article is the development and testing of appropriate tools that simulates forecast scenarios for the development of dynamics indicators, which are the socio-economic characteristics of the region. As a basis for forecasting, we used trend models expressed by elementary mathematical functions. In addition, an algorithm for modeling scenarios and a corridor of values of the predicted value is presented. Testing of the developed tool was done on the statistical indicators of the Russian Federation and Perm Territory, characterizing the development and level of influence of IT technologies in the study area.

**Keywords:** econometrics, forecasting, trend, elementary mathematical functions, socio-economic development, time series, regional statistics, economic indicators.

**For citation:** Alferev D.A., Rodionov D.G. 2020. Modeling scenarios of dynamics of indicators of development of IT-industry by means of elementary mathematical functions. Economics. Information technologies. 47 (3): 729–746. (in Russian). DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-4-729-746.

### Введение

Прогнозирование социально-экономических процессов и явлений позволяет заручиться конкурентным преимуществом по отношению к своим оппонентам, а также выстроить алгоритм дальнейших действий, чтобы ускорить наступление благоприятных моментов, либо предотвратить возможную будущую катастрофу [Алферьев, 2018; Stryabkova et al., 2018; Shuvaev et al., 2019]. Использование инструментов прогнозирования на уровне региональных субъектов хозяйствования также позволяет извлечь из них ряд социально-экономических выгод: сформировать эффективную политику по отношению к представленным в регионе видам экономической деятельности; оптимальным образом распределить имеющиеся бюджетные ресурсы; сформировать меры поддержки к тем отраслям народного хозяйства, которые в ней действительно заинтересованы и нуждаются.

Тем не менее при имеющихся методах оценки и прогнозирования последствий социально-экономических процессов на уровне регионов, полученные расчеты нередко не подтверждаются в процессе реализации плановых мероприятий, которые были обозначены по выстроенным модельным прогнозам. Это может быть обусловлено как внешними факторами, выраженными недостаточным качеством управления относительно запланированных мероприятий, так и внутренними, представленными недоработанным прогностическим аппаратом. Во втором случае в основном имеют место быть следующие проблемы [Юдин, 2016; Жерон, 2018, с. 53]:

- недостаточность исходных данных [Norvig et al; Banko, Brill, 2001];
- нерепрезентативность информации;
- плохое качество данных;
- включение в модель несущественных предикторов;
- переобучение на имеющихся данных;
- недообучение.

Также стоит отметить, что экономика зачастую сопряжена с абстрактными категориями, которые различными учёными и исследователями трактуются немного по-разному, из-за чего возникает проблема идентификации соответствующих процессов и явлений и, следовательно, их правильной формализации и отображения в математических концепциях и моделях.

Вышеобозначенные проблемы в современной практике прогнозирования обуславливают то, что простые статистические модели показывают лучший результат, в отличие от тех, которые базируются на строгой формализации имеющихся в науке социально-экономических теориях. Это связано с тем, что человечество в настоящий момент оперирует недостаточным уровнем знаний о процессах экономического роста и развития территориальных субъектов [Малинецкий, Курдюмов, 2001].

Также стоит отметить, что в силу вероятностного характера моделируемого прогноза [Груздев, 2016; Сигель, 2017] одного его выстроенного сценария бывает недостаточно.

Здесь также стоит отметить то, что социально-экономические данные, характеризующие динамику территориальных единиц таких как государства, округа, регионы, муниципалитеты и пр. при отображении их в графическом виде носят неравномерный, «рваный» характер, что обуславливает распознавание в них циклов, которые в экономике представлены сезонными колебаниями [Rahman et al., 2016; Якушев, 2017; Shankar, R, 2017].

Выходом может стать использование элементарных математических функций [Алферьев, 2015; Nielsen, 2015; Muller, 2016], которые будут обобщать данные предыдущих лет и в зависимости от её выбранного вида моделировать вариативный сценарий динамики исследуемого показателя.

Таким образом вышесказанное обуславливает цель статьи, которая может быть охарактеризована следующим образом – разработка и апробация математического аппарата моделирования прогнозных сценариев динамики показателей развития, являющихся социально-экономическими характеристиками региона.

В качестве объекта может выступать какая-либо отрасль, являющаяся динамично развивающейся и целевой в рамках общенационального и регионального векторов развития. Одной из данных отраслей для России выступает ИТ-отрасль. Данная отрасль является крайне дифференцированной, однако, в рамках большинства классификаторов в нее включают следующие сегменты: ИТ-услуги, разработки программного обеспечения, разработки в области компьютерных технологий и разработка оборудования связи. Данный рынок является крайне динамично развивающимся. В октябре 2020 года аналитическое агентство Gartner [Maddox, 2020] опубликовало список основных направлений развития ИТ-отрасли, среди которых выделяются:

1. Интенсивное развитие технологий поведенческого мониторинга и управления соответствующими данными. Данные технологии направлены в первую очередь на идентификацию потребительских паттернов и адаптацию под них услуг. Аналитики Gartner предполагают, что к 2025 году как минимум половина мирового населения станет источниками данного рода информации хотя бы для одного соответствующего сервиса.

2. Применение технологии ячеистых сетей для целей кибербезопасности. Данные технологии направлены на оптимизацию в процессе удаленного взаимодействия пользователей и их цифровых активов, вне естественных географических ограничений. Данное взаимодействие предполагает выход за пределы брандмауэра, что определяет необходимость поиска принципиально новых способов обеспечения кибербезопасности.



3. Развитие технологий генерации «обобщенного опыта». Данные технологии направлены на организацию взаимодействия потребителей и производителей цифрового контента и цифровых услуг в единой экосистеме. Аналитики Gartner предполагают, что генерация технологических решений в данной области позволит сформировать экспоненциальный рост конкурентоспособности ее пользователей в течение ближайших трех лет.

4. Генерация технологий гиперавтоматизации. В этом аспекте утверждают, что на данный момент предприятия переходят от локальной автоматизации отдельных процессов к системно-функциональной автоматизации и созданию автоматизированных бизнес-экосистем.

5. Развитие технологий распределенных облачных вычислений. Данная тенденция включает в себя распределение общедоступных облачных сервисов по различным физическим локализациям, при котором за эксплуатацию, управление и развитие услуг отвечает поставщик данного облачного сервиса. Аналитики Gartner утверждают, что к 2025 году подавляющая часть платформ облачных сервисов будет предоставлять по крайней мере несколько распределенных облачных услуг.

Развитие данных направлений в рамках IT-отрасли России предполагает динамичный рост IT-рынка. При этом на данный момент IT-рынок России является крайне динамично развивающимся, что определяется ростом с 17,4 млрд \$ в 2015 году, до 24,18 млрд \$ в 2019 году. Таким образом, моделирование сценариев динамики индикаторов развития IT-отрасли является крайне актуальной задачей.

В качестве апробации использованы статистические данные, характеризующие IT-сферу Российской Федерации и Пермского края, отобранные в ходе исследований, проводимыми ВолНЦ РАН [Кремин, 2019; Ушакова, Усков, 2019] и находящимися в открытом доступе в базах Росстата и информационной системы ИНТЕРФАКС «СПАРК». Относительно Пермского края стоит отметить, что данный регион в структуре Российской Федерации является одним из базообразующих в развитии и продвижении информационных компьютерных технологий в стране. Так, к примеру, в 2012 г. было подписано соглашение о создании ИКТ кластера на его территории [Миролюбова, 2013]. Это было обусловлено тем, что в советские годы в Пермском крае были размещены производственные предприятия, занимающиеся разработкой и внедрением средств связи, которые в настоящий момент занимаются производством оборудования для передачи и хранения данных. В советское время были основаны и функционировали всего 2 научно-исследовательских института, занимавшиеся вопросами и проблемами коммуникационной (телефонной) связи. Собственно, один из них был расположен на территории Перми. В советское время в Пермском крае функционировал Научно-исследовательский институт управляющих машин и систем (НИИ Умс) – крупнейший научно-исследовательский центр СССР по разработке управляющей и микропроцессорной техники, программного обеспечения и систем управления, что сформировало и обусловило приток соответствующих специалистов технической направленности. Также, стоит отметить, что здесь же начал функционировать крупнейший завод по производству телефонной аппаратуры (сейчас ОАО Телта). Помимо коммуникаций и технологий связи в Пермском крае функционируют компании, занимающиеся разработкой компьютерного программного обеспечения. Их ярким представителем является «IT Services». Всё вышеперечисленное указывает на наличие предпосылок исторического становления и развития IT-технологий на данной территории, в связи с чем статистические данные по деятельности и развитию IT-сферы были взяты для дальнейшего исследования в соотношении с аналогичными показателями по Российской Федерации.

В соответствии с рассчитанным за 2018 г. индексом «Цифровая Россия» Пермский край занимает 16 место из 85 возможных территориальных субъектов [Сердюкова, 2019]. Всего за год данная область улучшила свою позицию на 19 пунктов, поднявшись с 35 места. Согласно заявлению Сердюковой О.А. этого удалось добиться из-за принятия в 2018 г. «Концепции развития цифровой экономики Пермского края в 2018–2024 гг.» В этой связи можно отметить,

что данная территория целенаправленно ориентирована на развитие IT-сферы в своём пространстве.

В подтверждение к этому также стоит отметить, что Пермский край участвует в программе «Цифровизация промышленности», в соответствии с которой организации промышленного сектора имеют право получения займа под 1–5 % годовых на срок до 5 лет [Сердюкова, 2019].

В рамках представленной выше Концепции до 2024 г. планируется реализация конкретных проектов по двум следующим направлениям:

1. Развитие и поддержка кадров IT-отрасли:
  - создание IT-университета;
  - создание детского технопарка «Кванториум Фотоника»;
  - создание Яндекс-лицея;
  - ИКТ-городок для лиц, занимающихся вопросами и проблемами информационных технологий;
2. Внедрение современных IT-технологий в сферу производства:
  - производственные подразделения Uber;
  - создание центров технологий блокчейна, аддитивных производств, робототехники, BigData, умного дома и городов и др.

Таким образом, вышеобозначенное указывает на то, что Пермский край в составе Российской Федерации является территориальной единицей, активно развивающей и продвигающей цифровые технологии и отечественный IT-сектор. Прогнозирование динамики показателей, характеризующих IT-отрасль на примере данного региона, вероятнее всего позволит определить характерные особенности и тенденции развития цифровизации для России в целом.

### Объекты и методы исследования

Прогноз развития федерального и пермского рынка предприятий IT-сектора был сформирован на основе эконометрического моделирования [Айвазян, 2010] изменения основных индикаторов, характеризующих данную отрасль: удельного веса IT-компаний; доли организаций, использовавших информационно-аналитические системы управления производством; среднесписочной численности работников организаций IT-отрасли; доли сектора IT в экономике.

Поскольку в открытых источниках Росстата и Информационной системе «СПАРК-Интерфакс» представлена информация за различные временные промежутки от 2010 до 2017 гг., прогнозирование осуществлялось на основе ретроспективного анализа данных за разные промежутки времени с учетом различных поправок.

В рамках прогнозирования были проведены расчеты трех сценариев развития IT-отрасли России и Пермского края: пессимистичный, вероятный и оптимистичный.

Для прогнозирования динамики исследуемых процессов использовались инструменты пакета Microsoft Excel, формирующие различного рода трендовые зависимости (экспоненциальная, линейная (парная регрессия), логарифмическая, полиномиальная (квадратичная), степенная) от переменной времени, которые по своей сути представляют элементарные математические функции:

- 1) Полиномиальная аппроксимация (1).

$$y = \sum_{i=1}^k a_i x^i. \quad (1)$$

Используется для учета и выравнивания колебаний исследуемого динамического ряда при условии его дальнейшей стабилизации, либо при интерполяционных вычислениях.

Следует отметить, что в случае большого количества переменных, возведенных в более высокую потенциально возможную степень, прогнозирование на длительный период времени сталкивается с проблемой экспоненциального роста или спада исследуемой величины, хотя на практике, вероятнее всего, это не найдет своего подтверждения.



2) Линейная аппроксимация (парная регрессия) (2).

$$y = bx + c. \quad (2)$$

Характеризуется усредненными значениями, которые при неизменности условий, в которых происходит прогнозируемое явления или процесс, равномерно экстраполируются на будущие прогнозируемые отрезки времени.

3) Логарифмическая аппроксимация (3).

$$y = \ln(x) + d. \quad (3)$$

Характеризуется ярко выраженным начальным резким ростом или спадом прогнозируемого значения, а затем его постепенной стабилизацией.

4) Степенная аппроксимация (4).

$$y = lx^m. \quad (4)$$

Может быть успешно использована при монотонном возрастании или убывании исследуемой величины.

5) Экспоненциальная аппроксимация (5).

$$y = pe^{zx}. \quad (5)$$

Данный метод аппроксимации может быть охарактеризован резким ускорением исследуемых процессов и явлений и в случае успеха запланированных мероприятий зачастую моделирует наилучшую из возможных ситуаций (в случае спада соответственно наихудшую).

Выбор моделируемого оптимистичного, пессимистичного и вероятного тренда обусловлен наибольшим, наименьшим и средним значением исследуемого процесса на конечный момент прогнозируемого отрезка времени из 5 возможных выделенных выше вариантов развития событий.

В случае визуальной схожести моделируемых трендов к прогнозу отбирался тот, который имеет больший коэффициент детерминации, как наиболее успешно аппроксимирующий исходную величину.

В случае отсутствия данных для построения динамического ряда по Пермскому краю моделировались тренды аналогичные тем, которые построены по данным Российской Федерации, как пропорциональная зависимость от имеющегося единственного значения по исследуемому показателю Пермского края.

Коридор погрешности прогноза смоделирован в соответствии с величиной коэффициента детерминации, как разность между единицей и его расчетным значением, деленная пополам.

### Результаты и их обсуждение

В ходе реализации представленного выше математического аппарата и алгоритма его использования были смоделированы 3 сценария развития (вероятный, оптимистичный, пессимистичный) четырёх показателей ИТ-сферы, характеризующих её уровень развития на рассматриваемых территориях (Российская Федерация, Пермский край). Подробно исследуемая группа показателей представлена ниже:

- удельный вес ИТ-компаний, %;
- доля организаций, использовавших информационные технологии управления производством, %;
- численность работников организаций ИТ-отрасли, чел.;
- доля сектора ИТ в экономике, %.

Вид моделей и их графическая интерпретация, оценка точности, прогнозируемые значения, коридор погрешностей представлены на рисунках (рис. 1–8) и таблицах с аналогичной нумерацией (табл. 1–8). Оттенками цвета обозначен размах вариации прогнозируемого коридора значений. Максимальное значение – самый темный тон; минимальное – самый светлый.

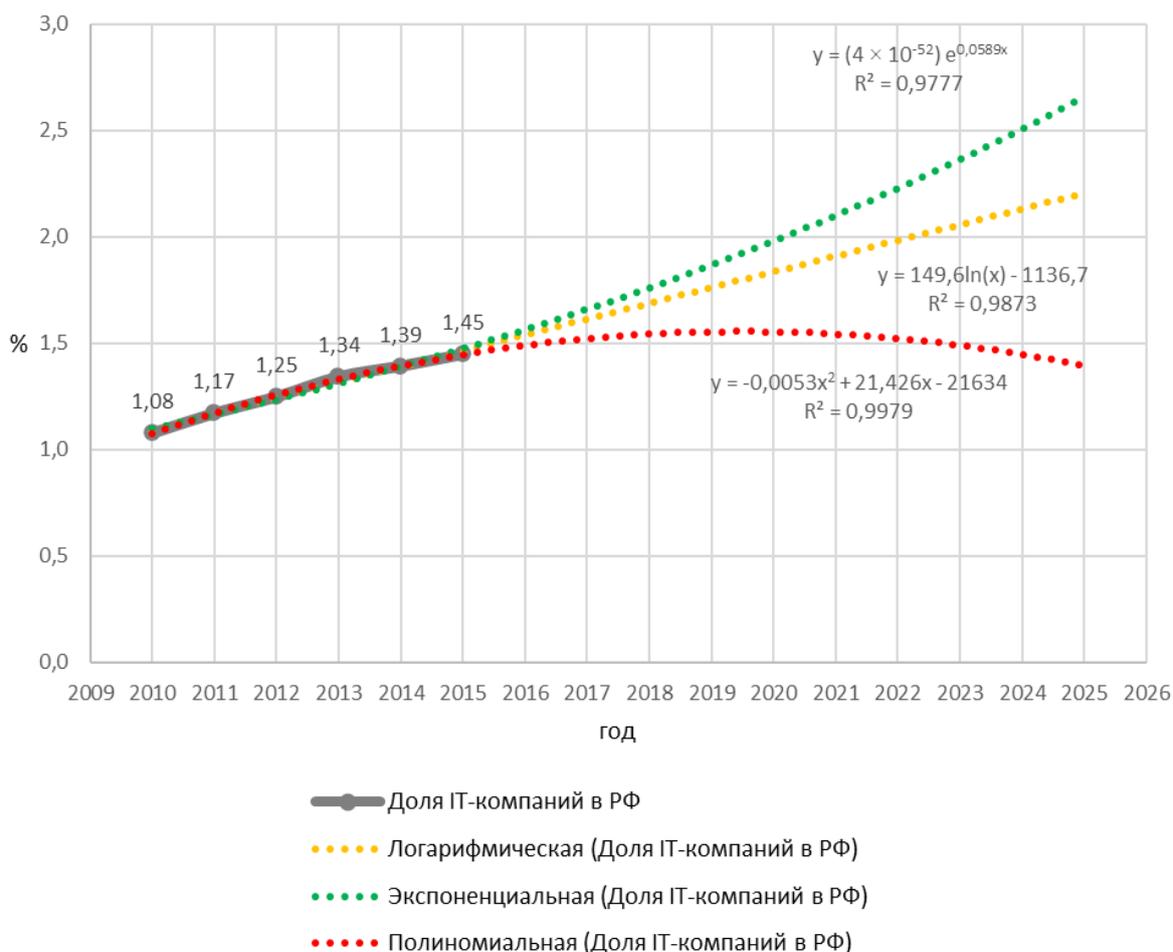


Рис. 1. Моделирование статистического прогноза величины удельного веса IT-предприятий в Российской Федерации  
 Fig. 1. Modeling a statistical forecast for the specific gravity of IT enterprises in the Russian Federation

Таблица 1  
 Table 1

Доля российских IT-предприятий в общем количестве отечественных организаций, %  
 The share of Russian IT companies in the total number of domestic organizations, %

1. Статистические данные									
2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.				
1,08	1,17	1,25	1,34	1,39	1,45				
2. Прогнозируемые значения									
2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
оптимистичный прогноз (экспоненциальная модель)									
1,50	1,59	1,69	1,79	1,90	2,01	2,13	2,26	2,41	2,55
1,48	1,57	1,67	1,77	1,88	1,99	2,11	2,24	2,38	2,52
1,46	1,55	1,65	1,75	1,86	1,97	2,09	2,22	2,35	2,49
вероятный сценарий (логарифмическая модель)									
1,60	1,67	1,75	1,82	1,89	1,97	2,04	2,12	2,19	2,26
1,59	1,66	1,74	1,81	1,88	1,96	2,03	2,11	2,18	2,25
1,58	1,65	1,73	1,80	1,87	1,95	2,02	2,10	2,17	2,24
пессимистичный прогноз (полиномиальная модель)									
1,49	1,52	1,54	1,55	1,55	1,54	1,52	1,49	1,45	1,40
1,49	1,52	1,54	1,55	1,55	1,54	1,52	1,49	1,45	1,40
1,49	1,52	1,54	1,55	1,55	1,54	1,52	1,49	1,45	1,40

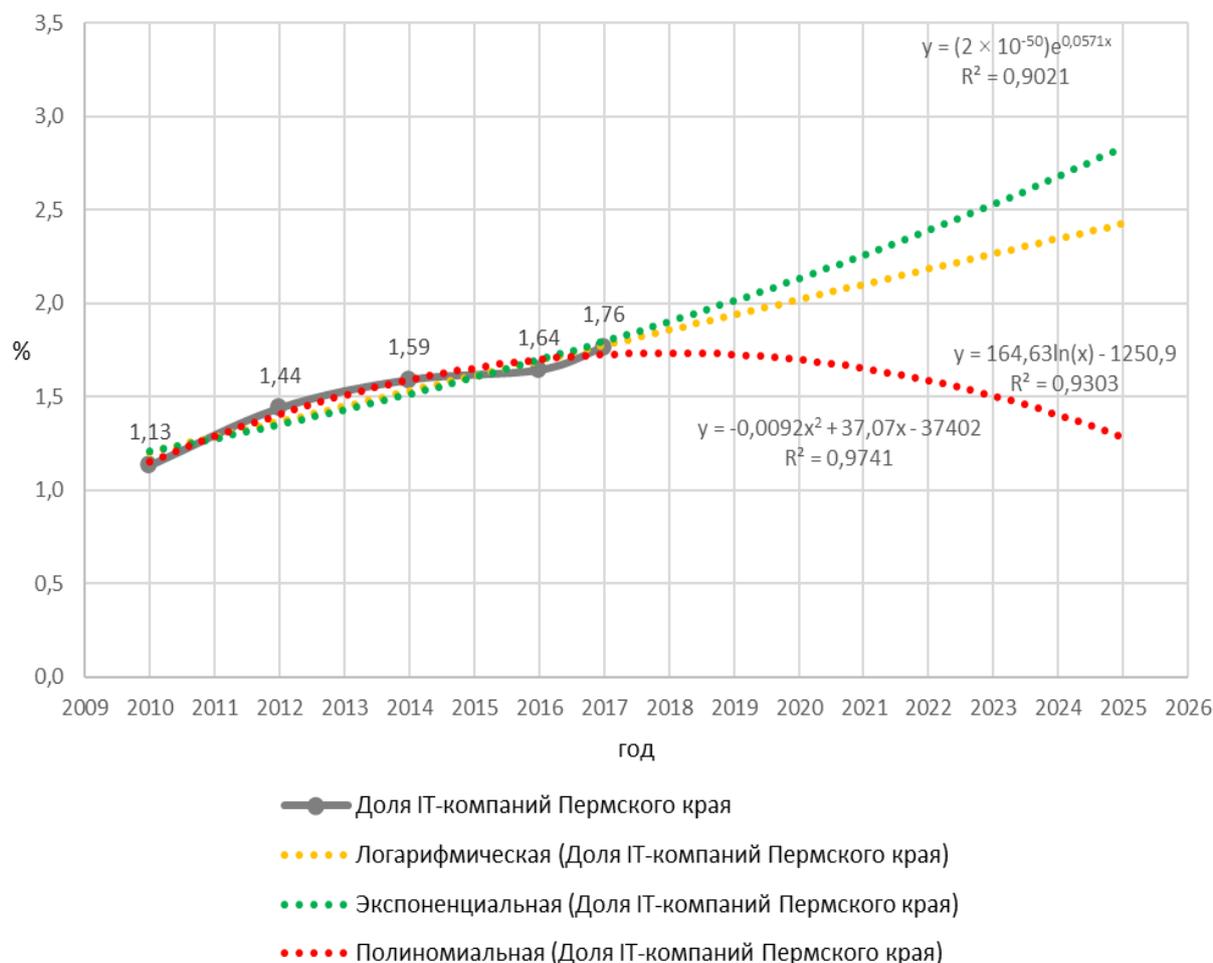


Рис. 2. Моделирование статистического прогноза величины удельного веса IT-предприятий Пермского края

Fig. 2. Modeling the statistical forecast of the specific gravity of IT enterprises in the Perm region

Таблица 2  
Table 2

Доля IT-предприятий Пермского края в общем его количестве по региону, %  
 The share of IT enterprises in the Perm region in the total number of it enterprises in the region, %

1. Статистические данные							
2010 г.	2012 г.	2014 г.	2016 г.	2017 г.			
1,13	1,44	1,59	1,64	1,76			
2. Прогнозируемые значения							
2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
оптимистичный прогноз (экспоненциальная модель)							
1,99	2,11	2,23	2,37	2,51	2,65	2,81	2,97
1,90	2,01	2,13	2,26	2,39	2,53	2,68	2,83
1,81	1,91	2,03	2,15	2,27	2,41	2,55	2,69
вероятный сценарий (логарифмическая модель)							
1,98	2,06	2,14	2,24	2,32	2,40	2,48	2,57
1,91	1,99	2,07	2,16	2,24	2,32	2,40	2,48
1,84	1,92	2,00	2,08	2,16	2,24	2,32	2,39
пессимистичный прогноз (полиномиальная модель)							
1,75	1,74	1,72	1,67	1,61	1,52	1,42	1,30
1,73	1,72	1,70	1,65	1,59	1,50	1,40	1,28
1,71	1,70	1,68	1,63	1,57	1,48	1,38	1,26

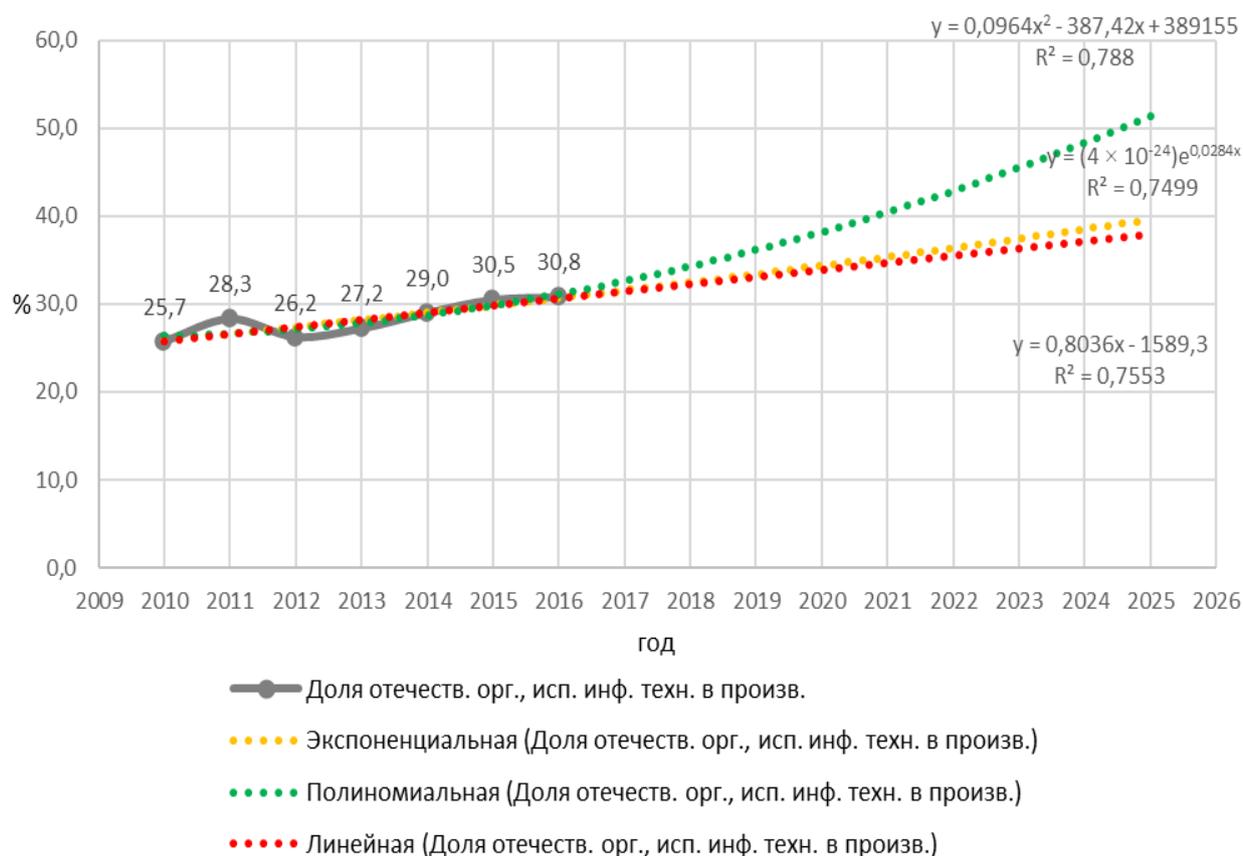


Рис. 3. Моделирование статистического прогноза величины удельного веса отечественных компаний, использовавших в процессе производства информационно-аналитические системы принятия решений  
 Fig. 3. Simulation of the statistical forecast of the specific gravity of domestic companies that used information-analytical decision-making systems in the production process

Таблица 3  
 Table 3

Доля отечественных организаций, использовавших информационные технологии на производстве, %

The share of domestic organizations that used information technologies in production, %

1. Статистические данные								
2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.		
25,7	28,3	26,2	27,2	29,0	30,5	30,8		
2. Прогнозируемые значения								
2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
оптимистичный прогноз (полиномиальная модель)								
36,1	37,9	40,0	42,2	44,8	47,4	50,3	53,5	56,8
32,6	34,3	36,2	38,2	40,5	42,9	45,5	48,4	51,4
29,1	30,7	32,4	34,2	36,2	38,4	40,7	43,3	46,0
вероятный сценарий (экспоненциальная модель)								
35,6	36,6	37,6	38,7	39,8	41,0	42,1	43,3	44,6
31,6	32,5	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,5	39,6
27,6	28,4	29,2	30,1	31,0	31,8	32,7	33,7	34,6
пессимистичный прогноз (линейная модель)								
35,5	36,4	37,3	38,2	39,1	40,0	40,9	41,8	42,6
31,6	32,4	33,2	34,0	34,8	35,6	36,4	37,2	38,0
27,7	28,4	29,1	29,8	30,5	31,2	31,9	32,6	33,4

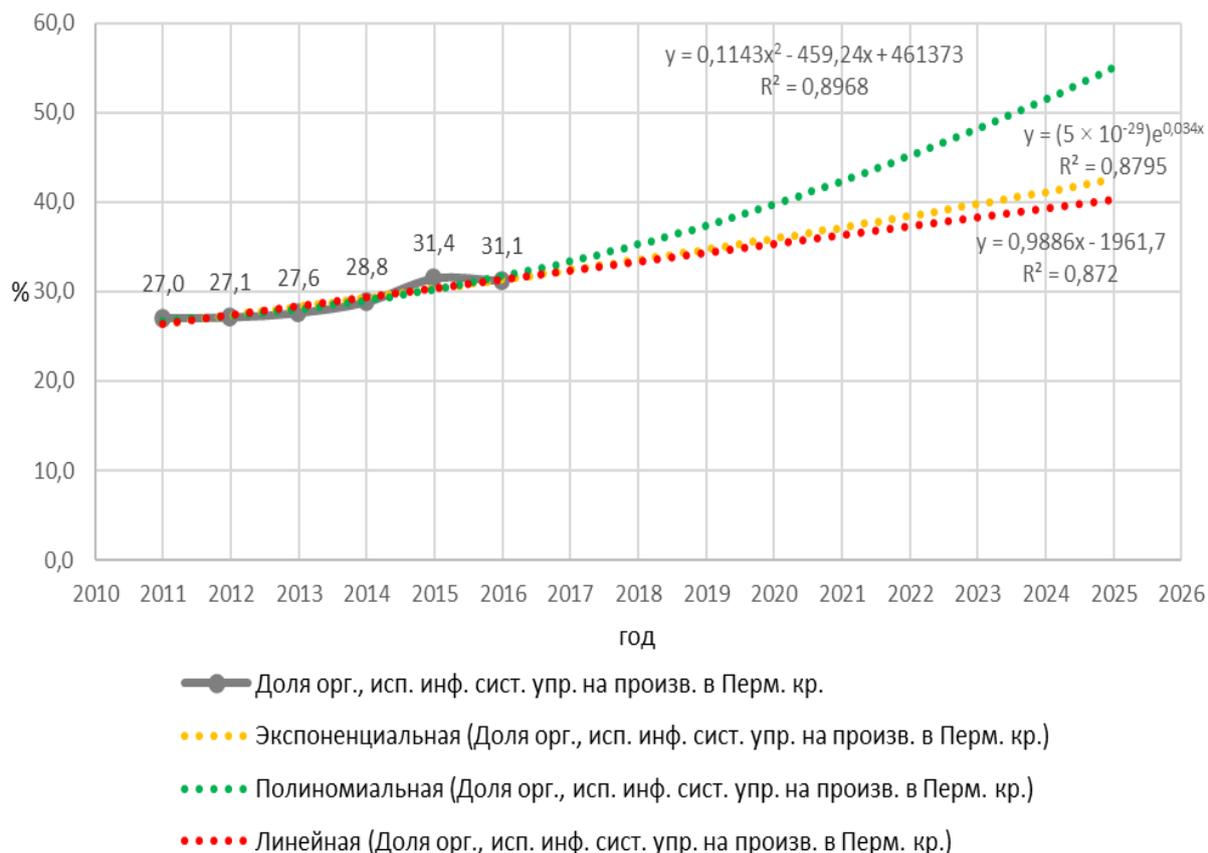


Рис. 4. Моделирование статистического прогноза величины удельного веса компаний Пермского края, использовавших в процессе производства информационно-аналитические системы принятия решений

Fig. 4. Modeling a statistical forecast of the proportion of Perm region companies that used information-analytical decision-making systems in the production process

Таблица 4

Table 4

Доля организаций Пермского края, использовавших информационные технологии на производстве, %

The share of organizations in the Perm region that used information technologies in production, %

1. Статистические данные								
2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.			
27,0	27,1	27,6	28,8	31,4	31,1			
2. Прогнозируемые значения								
2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
оптимистичный прогноз (полиномиальная модель)								
35,1	37,1	39,3	41,9	44,5	47,5	50,7	54,2	57,8
33,4	35,3	37,4	39,8	42,3	45,2	48,2	51,5	55,0
31,7	33,5	35,5	37,7	40,1	42,9	45,7	48,8	52,2
вероятный сценарий (экспоненциальная модель)								
34,4	35,5	36,8	38,1	39,3	40,7	42,2	43,6	45,2
32,4	33,5	34,7	35,9	37,1	38,4	39,8	41,1	42,6
30,4	31,5	32,6	33,7	34,9	36,1	37,4	38,6	40,0
пессимистичный прогноз (линейная модель)								
34,4	35,4	36,5	37,6	38,6	39,6	40,6	41,7	42,8
32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,2	38,2	39,2	40,2
30,2	31,2	32,1	33,0	34,0	34,8	35,8	36,7	37,6

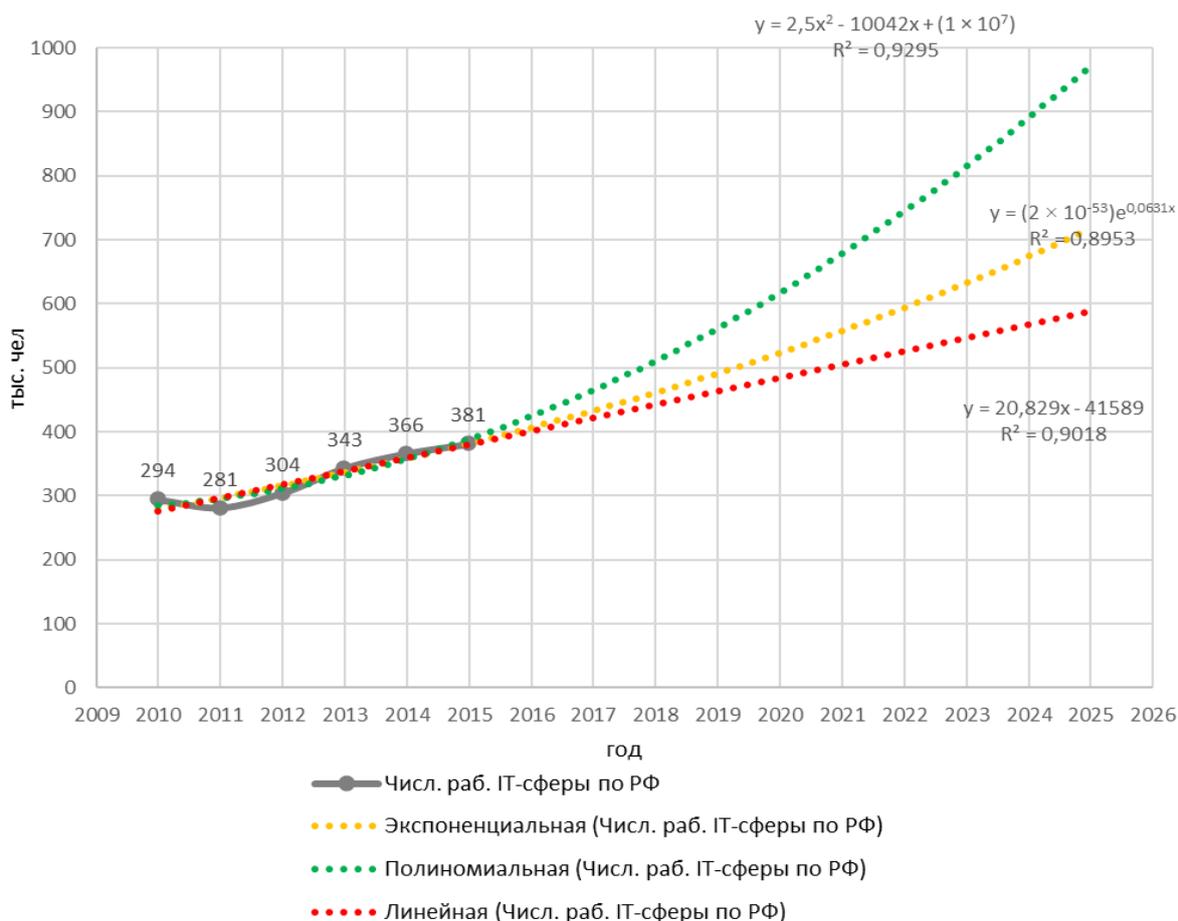


Рис. 5. Моделирование статистического прогноза численности работников ИТ-сферы в РФ  
Fig. 5. Modeling a statistical forecast of the number of IT workers in the Russian Federation

Таблица 5  
Table 5

Численность работников организаций ИТ-сферы в РФ, тыс. чел.  
Number of employees of IT organizations in the Russian Federation, thousand people

1. Статистические данные									
2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.				
294	281	304	343	366	381				
2. Прогнозируемые значения									
2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
оптимистичный прогноз (полиномиальная модель)									
439	481	529	582	640	703	770	844	922	1006
424	465	511	562	618	679	744	815	891	972
409	449	493	542	596	655	718	786	860	938
вероятный сценарий (экспоненциальная модель)									
428	456	485	517	550	587	625	666	709	756
407	433	461	491	523	558	594	633	674	718
386	410	437	465	496	529	563	600	639	680
пессимистичный прогноз (линейная модель)									
422	444	466	488	510	531	553	575	597	619
402	423	444	465	486	506	527	548	569	590
382	402	422	442	462	481	501	521	541	561

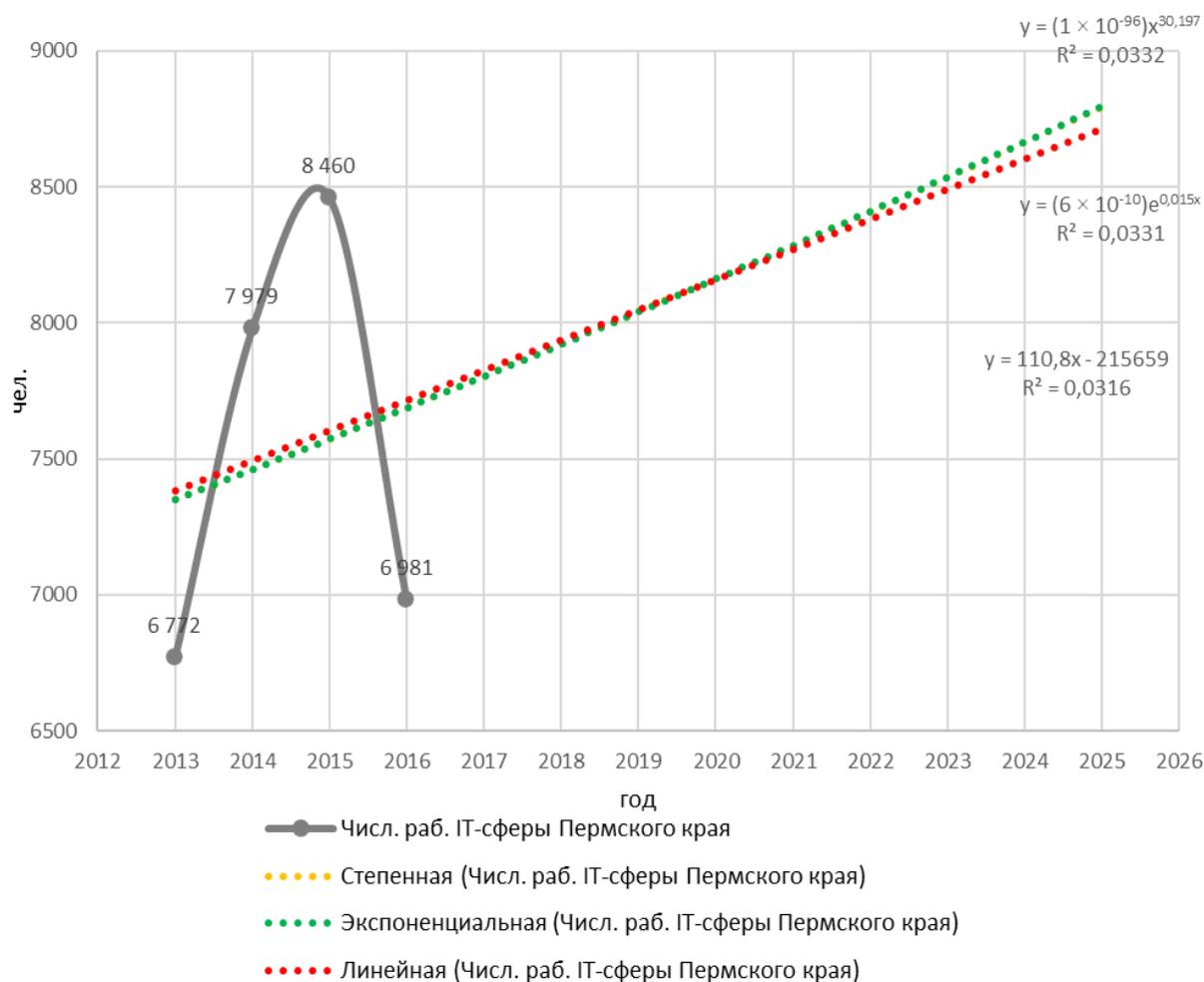


Рис. 6. Моделирование статистического прогноза численности работников ИТ-сферы Пермского края  
 Fig. 6. Modeling the statistical forecast of the number of employees in the IT sector of the Perm region

Таблица 6  
 Table 6

Численность работников организаций ИТ-сферы Пермского края, чел.  
 The number of employees of IT organizations in the Perm region, people

1. Статистические данные								
2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.		
6772		7979		8460		6981		
2. Прогнозируемые значения								
2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
оптимистичный прогноз (экспоненциальная модель)								
11575	11749	11927	12106	12288	12474	12662	12854	13048
7803	7920	8040	8161	8284	8409	8536	8665	8796
4031	4091	4153	4216	4280	4344	4410	4476	4544
вероятный сценарий (степенная модель)								
11575	11750	11927	12106	12289	12474	12661	12851	13045
7803	7921	8040	8161	8284	8409	8535	8663	8794
4031	4092	4153	4216	4279	4344	4409	4475	4543
пессимистичный прогноз (линейная модель)								
11614	11779	11943	12107	12271	12435	12599	12763	12927
7825	7936	8047	8157	8268	8378	8489	8599	8710
4036	4093	4151	4207	4265	4321	4379	4435	4493

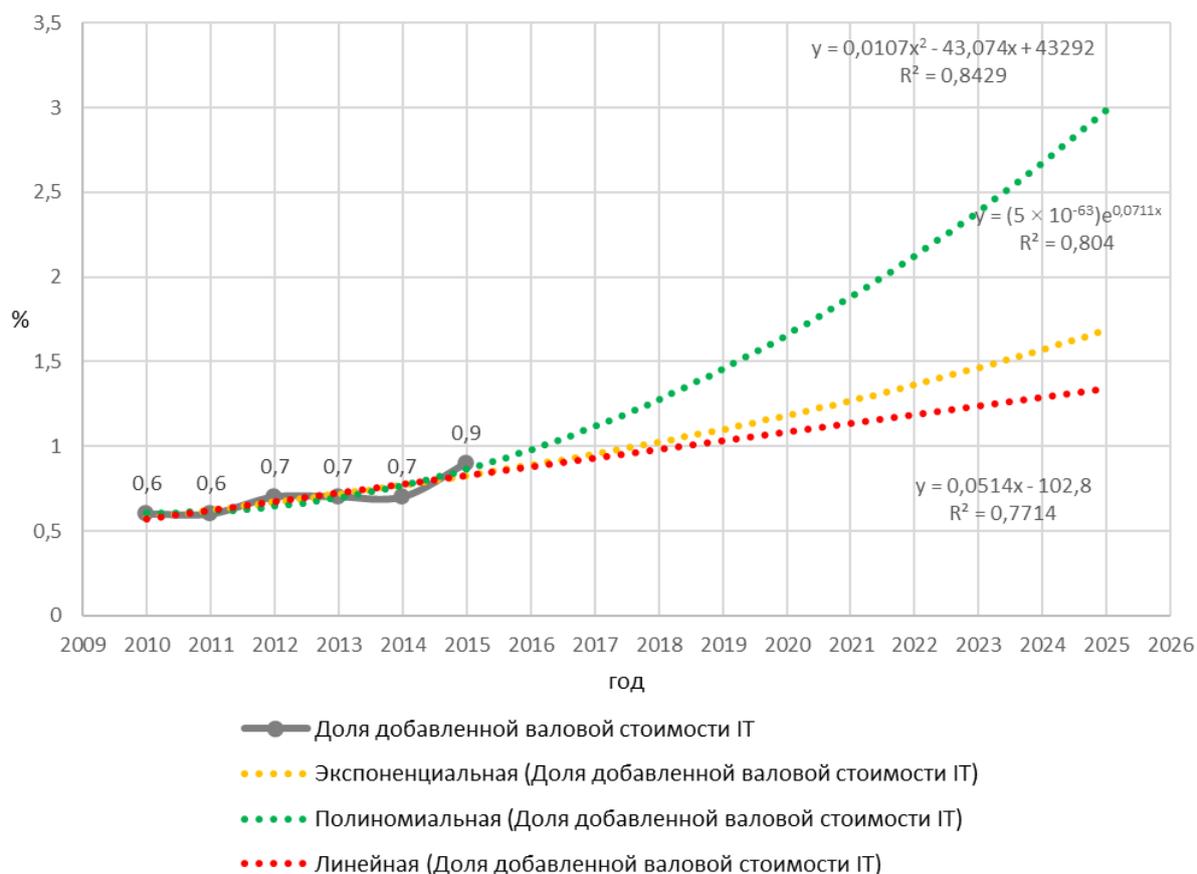


Рис. 7. Моделирование статистического прогноза развития доли сектора ИТ в экономике РФ  
 Fig. 7. Modeling a statistical forecast for the development of the share of the IT sector in the economy of the Russian Federation

Таблица 7  
 Table 7

Валовая добавленная стоимость ИТ, в % от ВВП  
 Gross value added of IT, % of GDP

1. Статистические данные									
2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.				
0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9				
2. Прогнозируемые значения									
2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
оптимистичный прогноз (полиномиальная модель)									
1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2
1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0
0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5	2,8
вероятный сценарий (экспоненциальная модель)									
1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5
пессимистичный прогноз (линейная модель)									
1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4
0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2

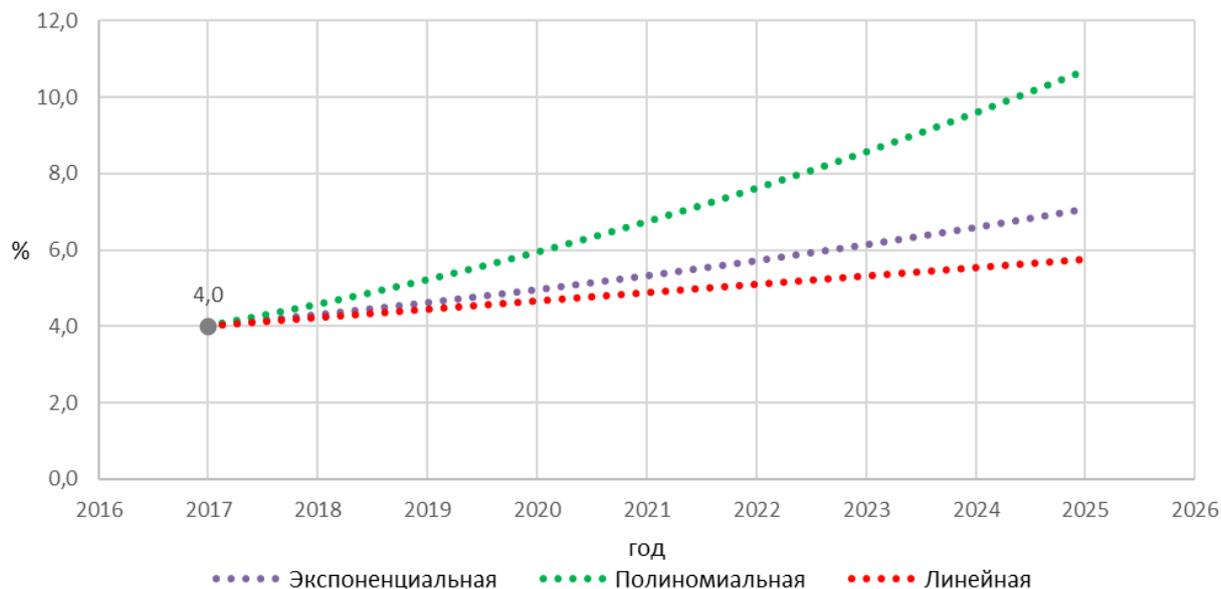


Рис. 8. Моделирование статистического прогноза развития доли сектора ИТ в экономике Пермского края

Fig. 8. Modeling a statistical forecast for the development of the share of the IT sector in the economy of the Perm region

$$X_i = \frac{4F_i}{F_{2017}}, \quad i = \overline{2018, 2025},$$

где  $i$  – прогнозируемый период времени;

4 – значение доли сектора ИТ в экономике Пермского края в 2017 г.;

$F_{2017}$  – спрогнозированное значение доли сектора ИТ в экономике России на 2017 г.;

$F_i$  – спрогнозированное значение доли сектора ИТ в экономике России на  $i$ -ый момент времени;

$X_i$  – прогнозируемое значение доли сектора ИТ в экономике Пермского края на  $i$ -ый момент времени.

Таблица 8  
Table 8

Доля сектора ИТ в экономике Пермского края, %  
 The share of the IT sector in the economy of the Perm region, %

1. Статистические данные							
2017 г.							
4,0							
2. Прогнозируемые значения							
2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
<b>оптимистичный прогноз (полиномиальная модель)</b>							
5,0	5,6	6,4	7,2	8,2	9,3	10,4	11,5
4,6	5,2	5,9	6,7	7,6	8,6	9,6	10,7
4,2	4,8	5,4	6,2	7,0	7,9	8,8	9,9
<b>вероятный сценарий (экспоненциальная модель)</b>							
4,7	5,1	5,5	5,8	6,3	6,7	7,2	7,8
4,3	4,6	5,0	5,3	5,7	6,1	6,6	7,1
3,9	4,1	4,5	4,8	5,1	5,5	6,0	6,4
<b>пессимистичный прогноз (линейная модель)</b>							
4,7	4,9	5,2	5,5	5,7	5,9	6,1	6,5
4,2	4,4	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,8
3,7	3,9	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1

## Заключение

### 1) Пессимистичный сценарий

Согласно ему, как по России в целом, так и по Пермскому краю будет по-прежнему наблюдаться рост значений основных индикаторов ИТ. Однако он будет незначителен. Исключение составляет лишь удельный вес ИТ-компаний – здесь ожидается определенное снижение, вызванное более высокими темпами роста числа компаний в других сферах экономической деятельности. При подобном сценарии темпы роста индикаторов развития отрасли в Пермском крае ниже среднероссийских значений, а сокращение удельного веса ИТ-компаний будет проходить более высокими темпами.

### 2) Вероятный сценарий

Демонстрирует наиболее реальные темпы изменений основных индикаторов развития ИТ-отрасли. Представленные в его рамках результаты в целом соответствуют среднемировым темпам развития ИТ-сектора. При этом темпы роста индикаторов в Пермском крае в большинстве совпадают со среднероссийскими значениями. Исключение в данном случае составляет индикатор, отражающий численность занятых: его рост в Пермском крае к 2025 г. прогнозируется на уровне 10 %, в то время как по РФ – в пределах 40 %.

### 3) Оптимистичный сценарий

Согласно ему, предусмотрены темпы роста основных индикаторов ИТ как по РФ, так и по Пермскому краю на уровне стран с развитой экономикой, находящихся на стадии активного становления «Цифровой экономики». При этом темпы роста индикаторов в Пермском крае выше среднероссийских значений. В результате его реализации к 2025 г. ожидается фактически двукратный рост доли сектора ИТ в экономике края. Кроме того, прогнозируется, что более половины компаний будут использовать информационно-аналитические системы управления. Вероятность такого развития событий низкая, однако существующие условия и потенциал при правильном его использовании могут обеспечить достижение значений данных индикаторов к 2025 г. с учетом предусмотренных погрешностей.

Подводя итог по проведенному прогнозированию, можно сделать вывод о том, что темпы роста показателей развития ИТ-сферы в Пермском крае выше среднероссийских значений, что определяет перспективность данного сектора экономики на территории исследуемого региона. В то же время наименьшие темпы роста среди всех индикаторов ожидаются по показателю «Численность работников организаций ИТ-отрасли». Причем значения данного прироста ниже среднероссийских темпов по всем трем сценариям.

Исходя из этого, можно предположить, что одним из наиболее перспективных направлений деятельности государственной власти и органов местного самоуправления должно стать стимулирование развития ИТ-сферы. Это позволит как отдельно взятым территориям, так и стране в целом отвечать на имеющиеся в науке и на рынке вызовы, связанные с всеобщей цифровизацией различных процессов и явлений, развитием индустрии интернета-вещей и интернет-технологий.

Представленный в работе математический аппарат и алгоритм его реализации могут быть использованы по аналогичной схеме в контексте других показателей социально-экономического характера. В данной работе был представлен лишь пример его применения. Ещё раз отметим, что его следует использовать на динамических рядах, имеющих длительный промежуток фиксации последующего наблюдения. Для экономических наблюдений – условно год; но может быть и меньше. В первую очередь это зависит от степени равномерности наблюдений, включенных в выборку. Дальнейшими исследованиями по этой тематике может быть поиск алгоритмов, определяющих колебания динамического ряда, сезонность изучаемых процессов и явлений.

## Список литературы

1. Айвазян С.А. 2010. Методы эконометрики. М., Магистр: ИНФРА-М, 512.
2. Алферьев Д.А. 2015. Прогноз развития инновационной активности в России. Проблемы развития территории, 6 (80): 201–213.
3. Алферьев Д.А. 2018. Теоретико-методические аспекты долгосрочного прогнозирования научно-технологического развития. Управление инвестициями и инновациями, 1: 5–16. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32582523> (дата обращения: апрель 2020).
4. Груздев А. 2016. Прогнозное моделирование в IBM SPSS Statistics и R. Метод деревьев решений. М., ДМК Пресс, 278.
5. Жерон О. 2018. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. СПб., ООО «Альфа-книга», 688.
6. Кремин А.Е. 2019. Проблемы использования ИТ-аутсорсинга для экономики России. Научный вестник южного института менеджмента, 3 (27): 5–13. <https://doi.org/10.31775/2305-3100-2019-3-5-13>
7. Малинецкий Г.Г. Курдюмов С.П. 2001. Нелинейная динамика и проблемы прогноза. Вестник РАН, 3: 210–232.
8. Сердюкова О.А. 2019. Цифровая экономика Пермского края: состояние и перспективы развития. Экономика и бизнес: теория и практика, 8: 138–144. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2019-11130>
9. Сигель Э. 2017. Просчитать будущее. Кто кликнет, купит, соврет или умрет. М., Альпина Паблишер, 374.
10. Ушакова Ю.О., Усков В.С. 2019. Проблемы подготовки научно-технических кадров (на примере Вологодской области). Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки, 4 (3): 346–353. <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2019-4-3-346-353>
11. Юдин Г. 2016. Репрезентативность в опросах. ПостНаука. <https://postnauka.ru/faq/58454> (дата обращения: апрель 2020).
12. Якушев Н.О. 2017. Особенности составляющей товарной структуры экспорта регионов. Дети и молодежь – будущее России: материалы IV Международной науч.-практ. конф., г. Вологда, 5–7 октября 2016 г.: в 2 частях. Вологда, ИСЭРТ РАН, Ч. I: 286–291.
13. Banko M., Brill E. 2001. Scaling to Very Very Large Corpora for Natural Language Disambiguation // Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Association for Computational Linguistics: 26–33. <https://doi.org/10.3115/1073012.1073017>
14. Maddox T. TechRepublic. Top tech trends for 2021: Gartner predicts hyperautomation, AI and more will dominate business technology. 2020, <https://www.techrepublic.com/article/top-tech-trends-for-2021-gartner-predicts-hyperautomation-ai-and-more-will-dominate-business-technology/> (дата обращения: ноябрь 2020).
15. Muller J.-M. 2016. Elementary Functions. Publisher: Birkhäuser Basel, 283. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7983-4>
16. Nielsen R.W. 2015. Mathematics of Predicting Growth. [https://www.researchgate.net/publication/283153443\\_Mathematics\\_of\\_Predicting\\_Growth](https://www.researchgate.net/publication/283153443_Mathematics_of_Predicting_Growth) (дата обращения: апрель 2020).
17. Norvig P., Halevy A., Pereira F. The Unreasonable Effectiveness of Data. <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/ru/pubs/archive/35179.pdf> (дата обращения: апрель 2020).
18. Rahman M.H., Salma U., Hossain M.M. et al. 2016. Revenue Forecasting using Holt–Winters Exponential Smoothing. Research & Reviews: Journal of Statistics, 5 (3). [https://www.researchgate.net/publication/311945797\\_Revenue\\_Forecasting\\_using\\_Holt-Winters\\_Exponential\\_Smoothing](https://www.researchgate.net/publication/311945797_Revenue_Forecasting_using_Holt-Winters_Exponential_Smoothing) (дата обращения: апрель 2020).
19. Shankar Iyer L., R S. 2017. Demand management and forecasting of seasonal products in a FMEG Company. Conference: National Conference on Operations Management, Analytics and Statistical Methods, [https://www.researchgate.net/publication/315186477\\_Demand\\_management\\_and\\_forecasting\\_of\\_seasonal\\_products\\_in\\_a\\_FMEG\\_Company](https://www.researchgate.net/publication/315186477_Demand_management_and_forecasting_of_seasonal_products_in_a_FMEG_Company) (дата обращения: апрель 2020).
20. Shuvaev A., Butova O., Lebedev V. et al. 2019. Modeling and forecasting socio-economic processes in the region. Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences (IAJPS), 6. (4): 7082–7086. [http://www.iajps.com/April-2019/issue\\_19april\\_16.php](http://www.iajps.com/April-2019/issue_19april_16.php) (дата обращения: апрель 2020).

21. Stryabkova E.A., Glotova A.S., Titova I.N. et al. 2018. Modeling and forecasting of socio-economic development of the region. *The Journal of Social Sciences Research*, 5: 404–410. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi5.404.410>

## References

1. Ayzazyan S.A. 2010. *Methods of Econometrics*. M., Master: INFRA-M, 512. (in Russian).
2. Alfer'yev D.A. 2015. Forecast of the Development of Innovative Activity in Russia. *Problemy Razvitiya Territorii = Territory Development Problems*, 6 (80): 201–213. (in Russian).
3. Alfer'yev D.A. 2018. Theoretical and Methodological Aspects of Long-term Forecasting of Scientific and Technological Development. *Upravleniye Investitsiyami i Innovatsiyami = Investment and Innovation Management*, 1: 5–16. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32582523> (accessed April 2020). (in Russian).
4. Gruzdev A. 2016. *Predictive Modeling in IBM SPSS Statistics and R. Decision Tree Method*. M., DMK Press, 278. (In Russian).
5. Zheron O. 2018. *Applied Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques for Building Intelligent Systems*. SpB., OOO «Alpha-book», 688. (in Russian).
6. Kremin A.E. 2019. Problems of Using IT-outsourcing for the Russian Economy. *Nauchnyy Vestnik Yuzhnogo Instituta Menedzhmenta = Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management*, 3 (27): 5–13. <https://doi.org/10.31775/2305-3100-2019-3-5-13>
7. Malinetskiy G.G., Kurdyumov S.P. 2001. Nonlinear Dynamics and Forecasting Problems. *Vestnik RAN = Herald of the RAS*, 3: 210–232. (in Russian).
8. Serdyukova O.A. 2019. Digital Economy of the Perm Region: State and Development Prospects. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economics and business: theory and practice*, 8: 138–144. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2019-11130>
9. Sigel' E. 2017. *Calculate the Future. Who Clicks, Buys, Lies or Dies*. M., Alpina Publisher, 374. (in Russian).
10. Ushakova YU.O., Uskov V.S. 2019. Problems of Training Scientific and Technical Personnel (for Example, the Vologda Region). *Vestnik Kemerovskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Politicheskiye, Sotsiologicheskiye i Ekonomicheskkiye Nauki = Bulletin of the Kemerovo State University. Series: Political, Sociological, and Economic Sciences*, 3: 346–353. <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2019-4-3-346-353>
11. Yudin G. 2016. Survey Representativeness. *PostNauka = PostScience*, Available at: <https://postnauka.ru/faq/58454> (accessed April 2020).
12. Yakushev N.O. 2017. Features of the Component Product Structure of Export Regions. *Deti i Molodezh' – Budushcheye Rossii: Materialy IV Mezhdunarodnoy Nauch.-prakt. konf., g. Vologda, 5–7 Oktyabrya, 2016: v 2 Chastyakh = Children and Youth - the Future of Russia: Materials of the IV International Scientific-practical. conf., Vologda, October 5–7, 2016: in 2 Parts. Vologda, ISERT RAN, part I: 286–291.*
13. Banko M., Brill E. 2001. Scaling to Very Very Large Corpora for Natural Language Disambiguation. *Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Association for Computational Linguistics: 26–33.* <https://doi.org/10.3115/1073012.1073017>
14. Maddox T. TechRepublic. Top tech trends for 2021: Gartner predicts hyperautomation, AI and more will dominate business technology. 2020, <https://www.techrepublic.com/article/top-tech-trends-for-2021-gartner-predicts-hyperautomation-ai-and-more-will-dominate-business-technology/> (дата обращения: ноябрь 2020).
15. Muller J.-M. 2016. *Elementary Functions*. Publisher: Birkhäuser Basel, 283. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7983-4>
16. Nielsen R.W. 2015. *Mathematics of Predicting Growth*. [https://www.researchgate.net/publication/283153443\\_Mathematics\\_of\\_Predicting\\_Growth](https://www.researchgate.net/publication/283153443_Mathematics_of_Predicting_Growth) (accessed April 2020).
17. Norvig P., Halevy A., Pereira F. The Unreasonable Effectiveness of Data. <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/ru//pubs/archive/35179.pdf> (accessed April 2020).
18. Rahman M.H., Salma U., Hossain M.M. et al. 2016. Revenue Forecasting using Holt–Winters Exponential Smoothing. *Research & Reviews: Journal of Statistics*, 5(3). [https://www.researchgate.net/publication/311945797\\_Revenue\\_Forecasting\\_using\\_Holt-Winters\\_Exponential\\_Smoothing](https://www.researchgate.net/publication/311945797_Revenue_Forecasting_using_Holt-Winters_Exponential_Smoothing) (accessed April 2020).



19. Shankar Iyer L., R S. 2017. Demand Management and Forecasting of Seasonal Products in a FMEG Company. Conference: National Conference on Operations Management, Analytics and Statistical Methods, <https://www.researchgate.net/publication/315186477>  
Demand\_management\_and\_forecasting\_of\_seasonal\_products\_in\_a\_FMEG\_Company (accessed April 2020).
20. Shuvaev A., Butova O., Lebedev V. et al. 2019. Modeling and Forecasting Socio-economic Processes in the Region. Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences (IAJPS), 6(4): 7082–7086. [http://www.iajps.com/April-2019/issue\\_19april\\_16.php](http://www.iajps.com/April-2019/issue_19april_16.php) (accessed April 2020).
21. Stryabkova E.A., Glotova A.S., Titova I.N. et al. 2018. Modeling and Forecasting of Socio-economic Development of the Region. The Journal of Social Sciences Research, 5: 404–410. <https://doi.org/10.32861/jssr.spi5.404.410>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Алферьев Дмитрий Александрович**, ассистент Высшей инженерно-экономической школы Института промышленного менеджмента, экономики и торговли СПбПУ ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), научный сотрудник лаборатории интеллектуальных и программно-информационных систем ВолНЦ РАН

**Родионов Дмитрий Григорьевич**, доктор экономических наук, профессор, директор Высшей инженерно-экономической школы Института промышленного менеджмента, экономики и торговли СПбПУ ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Dmitry A. Alferev**, Assistant of Graduate School of Industrial Economics of Institute of Industrial Management, Economics and Trade of SPbPU, Researcher of of Laboratory for Intellectual and Software-Information Systems VolRC RAS Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU) Vologda Research Center (VolRC RAS)

**Dmitry G. Rodionov**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Director of Graduate School of Industrial Economics of Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU)