

## АНАЛИЗ СИСТЕМНОГО ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ РЫНКА ТРУДА

© 2020 Д. Г. Родионов✉, Е. А. Конников, А. А. Грачева

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
ул. Политехническая, 29, 195251 Санкт-Петербург, Российская Федерация*

**Аннотация.** На сегодняшний день человечество находится на пороге четвертой промышленной революции. Результатом данного процесса может стать кардинальная трансформация всех аспектов жизни социума. Ядром четвертой промышленной революции являются информационные технологии. Многомерность и многоаспектность применения современных информационных технологий определяет бесконечность векторов их применения, что в конечном итоге привело к цифровизации подавляющего числа аспектов жизнедеятельности. Одной из определяющих компонент жизни человека является профессиональная деятельность, которая безусловно также трансформируется под влиянием развития информационных технологий. Однако, данный процесс трансформации является крайне неоднозначным. В связи с данной спецификой, целью данного исследования является системный анализ влияния динамики развития информационных технологий на трансформацию рынка труда. Гипотеза предполагает, что существует системная зависимость между развитием технологий, внедрением их в различные сферы и изменениями на рынке труда, уровнем безработицы, появлением новых профессий, постепенным вымиранием определенных других профессий. Математическая формализация предполагаемых связей, а также мета-анализ изменения статистических характеристик данных связей, позволила сформулировать вектора основные направления трансформации рынка труда под влиянием развития информационных технологий.

**Ключевые слова:** рынок труда, информационные технологии, индекс ИКТ, индекс готовности государства к применению ИКТ, индекс инноваций, расход на научные исследования и разработки, уровень безработицы, тональность информационной среды.

Рынок труда — это один из наиболее значимых экономических институтов. Как и любая другая сфера, рынок труда. Развитие информационных технологий имеет прямое к этому отношение. Рутинная, постоянная работа может быть автоматизирована. Существует множество профессий, которые постепенно вымирают. В качестве примера можно привести профессию кассира. Американская компания электронной коммерции Amazon с начала 2017 года открыла 26 продуктовых магазинов в Сиэтле, Чикаго, Сан-Франциско и Нью-Йорке полностью без кассиров [1].

Amazon Go — это магазин без очередей, без касс и без бумажных чеков. Перед входом через турникет покупатель открывает приложение Amazon, подносит QR-код к считывающему экрану и заходит в магазин. После этого он берет в магазине, все необходимое и выходит через те же турникеты. Средства автоматически снимаются с карты, которая привязана к аккаунту. Таким образом продуктовый магазин успешно функционирует и без кассиров. Следующая профессия, которую можно привести в пример, это работник конвейера. По данным бюро статистики труда США через 5 лет количество людей, работающих на конвейерном производстве, сократится на 32 %, и половина из них придется на заводы,

✉ Родионов Дмитрий Григорьевич  
e-mail: [rodion\\_dm@mail.ru](mailto:rodion_dm@mail.ru)



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

производящие процессоры. Следующая профессия — это турагент. По данным опроса, проведенным компанией Tradedoubler, 62 % людей планируют путешествия самостоятельно, через соответствующие сервисы по поиску авиабилетов, места, где остановиться и прочего. По данным бюро статистики труда США к 2022 году количество турарегентов США сократится на 12 %. Вымирающих профессий крайне много, но даже исходя из этого небольшого приведенного списка, можно сделать вывод, что рынок труда трансформируется. Специалисты ведущих экспертных агентств указывают, что уже в ближайшие годы 47 % рабочих мест будут «оцифрованы», а людей заменят компьютерные программы или роботы [2]. Например, по оценкам McKinsey Global Institute в 2013 году, примерно 140 млн штатных работников интеллектуального труда во всем мире будут заменены цифровыми устройствами [3]. Также эксперты прогнозируют, что только в ближайшие пять лет развитые страны потеряют до 5 млн рабочих мест из-за цифровых технологий и роботизации, в процессе их количество будет увеличиваться. Эксперты РАНХиГС утверждают, что 98 % водителей, 94 % бухгалтеров и экономистов, 72 % грузчиков будут заменены роботами [4].

Так же актуальность проблемы можно рассмотреть через изменение тенденции заинтересованности людей в развитии технологий. Через сервис google trends, который отслеживает поиск конкретных тем в поисковике google, и высчитывает интерес через балльную систему. Заинтересованность выражается в баллах от 0 до 100. На рис. 1–3 представлена заинтересованность пользователей интернета в поиске запросов, связанных с развитием технологий. В качестве первого запроса выбран «Robotic process automation», что обозначает форму технологии автоматизации бизнес-процессов, основанную на программном обеспечении роботов (ботов) или работников искусственного интеллекта.

На графике видна тенденция возрастания интереса в заданном промежутке времени. Дополнительным примером увеличения заинтересованности являются такой поисковый запрос, как «Роботы» и «Automation» (рис. 2 и рис. 3).



Рис. 1. Динамика запросов «Robotic Process Automation»  
[Fig. 1. Dynamics of «Robotic Process Automation» queries]

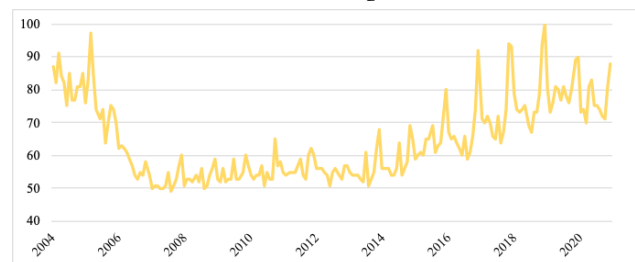


Рис. 2. Динамика запросов «Роботы»  
[Fig. Dynamics of «Robotic Process Automation» queries]

На графике видно, как интерес с течением времени начал возрастать. Примерно с 2016 года, пошло резкое увеличение поиска данного запроса. На следующем графике нет четкой тенденции постоянного роста или падения запроса. Пик 2004 года можно обосновать тем, что тренды в начале могут некорректно работать. Однако, на графике также видно, как с 2016 года интерес начал увеличиваться.

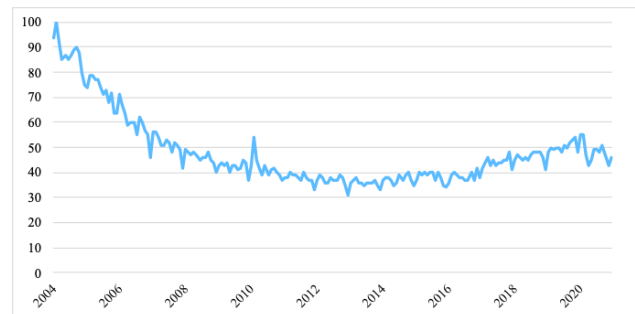


Рис. 3. Динамика запросов «Automation»  
[Fig. 3. Dynamics of requests «Automation»]

Большое количество запросов связано с отсутствием результатов поиска, это породило необходимость генерации, пошли актив-

ные разработки. Провал с 2008–2015 годов может быть обоснован тем, что тогда происходили активные разработки, а сейчас интерес снова возрастает, что говорит о циклической структуре поиска.

В рамках существующего теоретического базиса можно выделить исследования, описывающие влияние ИКТ на занятость на данный момент в мире, либо в рассмотренных странах: Россия, Германия, Япония. Так в работе Винсента Ван Роя, Даниэля Вертеси и Марко Виварелли [5] авторы, проанализировав изменения в 20 тысячах фирмах 22-х европейских стран за период с 2003–2012 год, и пришли к выводу, что положительное влияние инноваций происходит только в секторе высоко и средне технологических производствах, в то время как незначимо в низко технологическом производстве и в сфере услуг. К схожим выводам пришли авторы исследования рутинных профессий Германии, которые могли бы быть заменены компьютерами или управляемыми компьютерами машинами, К. Денглер и Б. Маттес [6]. Только выполнение определённых задач может быть заменено машинным трудом, а не весь процесс. Влияние цифровых трансформаций варьируется от рода деятельности, считают авторы. Почти любая профессия включает в себя задачи, которые не могут быть исполнены компьютером. Потенциал быть заменённым машиной у профессии, не требующей специальных навыков, высокий, в то время как у комплексных специалистов данный потенциал ниже. Также и в статье Дигилиной О. Б. и Тесленко И. Б. [7] авторы пришли к выводу, что влияние цифровой экономики на рынок труда неизбежно. Новые цифровые технологии заменяют человека на производстве, меняют характер его труда и досуга, по-иному распределяют рабочее время. Авторы приходят к выводу, что на рынок труда повлияют цифровые технологии, в большей части на в секторе высокотехнологичного производства. Тем не менее, М. Гарсия-Мурийо, Й. МакИннес и Д. М. Брауер [8] пришли к немногим другим результатам. Технологические изменения, по их мнению, необязательно способствуют трансформации на рынке

труда, потому как до сих пор неизвестно влияние развития технологий в долгосрочном периоде. Данное исследование также приводит к другим интересным выводам: ИКТ способствовали перемещению производства из стран с высокой стоимостью оплаты труда, в страны с низкой стоимостью, а развитие цифровых сетей способствует миграции трудовых ресурсов, оказывая давление на установленную заработную плату в средне и высоко доходных странах, и развивает неравенства в зарплате. Также авторы рассмотрели изменения в образовании: новые профессии требуют выше уровень образования, что влечет за собой повышение уровня оплаты труда. У профессий, связанных с наукой, инженерией, математикой и технических направлениях, ожидается прирост в специалистах. С выводами о неравенстве доходов, которое привлекли за собой изменения на рынке труда согласны Э. Аталэй, Ф. Фонгитенгтэм, С. Сотело и Д. Тенненбаум. В статье 2018 года [9] они проанализировали 4,2 млн объявлений в таких газетах как Boston Globe, New York Times, Wall Street Journal, о поиске работников с 1960–2000 год, чтобы понять, как развитие ИКТ повлияло на требования при найме. Авторы пришли к следующим выводам: технологии внедрялись, из-за этого возросли не рутинные аналитические задания, что привлекало за собой неравенство доходов. В статье Одегова Ю. Г. и Павловой В. В. [10] авторы анализировали российский рынок труда и то, как он проходит цифровизацию. Авторы утверждают, что в основном люди в России склонны к механическому труду. В 2025 году прогнозируется востребованность высококвалифицированных работников, потребность будет около 10 млн. человек. Это преподаватели, экономисты-аналитики, юристы, врачи, научные работники, представители творческих профессий, IT-специалисты, инженеры, физики, химики, руководители. Отличительной характеристикой данной категории работников является аналитическая работа, работа в условиях неопределённости, самостоятельность и импровизация. Главная проблема при внедрении новых технологий — сотрудники, не желаю-

щие перемен, и дефицит кадров с digital-компетенциями. В другой статье, где также был проанализирован российский рынок труда, Абрамовой Н. и Грищенко Н. [11] было выдвинуто две гипотезы. Первая гипотеза, технологическая безработица не связана с влиянием ИКТ, отчасти подтвердилась. Вторая гипотеза о положительном влиянии ИКТ на производительность труда в производстве не подтвердилась, так как нет достаточного эффекта ИКТ на производительность труда. Не было найдено постоянного влияния и изменения количества занятых, можно говорить о экономической и социальной стабильности на российском рынке. Это говорит, во-первых, о том, что Россия не занимает высокого места в рейтинге развития ИКТ, в 2017 году Россия занимала 45 место, а, во-вторых, для ИКТ требуются длительный период, чтобы влиять на рынок труда. В статье Р. Декле [12] анализируется противоположная России в плане автоматизации и внедрения технологий страна — Япония. В Японии не переживают по поводу того, что роботы послужат причиной массовой безработицы, так как считают, что роботы, наоборот, помогают из-за хронической нехватки работников. На 2012 год в Японии на одного работника приходилось 10 роботов, что в 5 раз выше, чем в США или в Европе. Изучив занятость за последние 35 лет, авторы пришли к выводу, что роботы положительно влияют на занятость Японии. Положительных эффект оказывает влияние роботов на совокупный спрос. Таким образом, можно сформулировать следующие ключевой вывод — только рутинная работа может быть заменена машинным трудом. В связи с возрастанием автоматизации, увеличивается неравенство в ставках заработных плат, а развитие технологий способствовало перемещению производства из стран с высокой стоимостью оплаты труда, в страны с низкой стоимостью.

Отдельно следует рассмотреть исследования, утверждающие, что за внедрением и распространением автоматизированных процессов, последует исключительно проблематика, в основном безработица. Так, в статье М. Гарсия-Мурийо, Й. МакИннес и Д. М. Бра-

уер [8] авторы пришли к выводу, что текущее состояние трансформации и автоматизации будет ускоряться в будущем. Выход из ситуации, на которую сложно повлиять, состоит в том, чтобы не сопротивляться этим изменениям, а быть к ним готовым и смягчить негативные последствия, которые они могут за собой привести. В статье Дигилиной О. Б. и Тесленко И. Б. [7] авторы также пришли к выводу, что характер рынка труда будет постепенно меняться, из-за этого на административном уровне важно вовремя осознать эту новую реальность и с помощью принятия соответствующих управленческих решений нейтрализовать негативное влияние. В статье Земцова С., Бариновой В. и Семеновской Р. [13] был проанализирован российский рынок труда и был сделан вывод, на какие регионы страны сильнее отразится переход к цифровой экономике. Регионы России, которые с высокой вероятностью могут столкнуться с автоматизацией, должны заранее разработать соответствующие механизмы для адаптации. Есть несколько регионов России с высоким потенциалом автоматизации, но при этом у них отсутствуют возможности для плавного, «безболезненного» перехода. Это Северный Кавказ, южные регионы азиатской части страны и старые индустриальные центры северо-западной части страны. Некоторые подходы, способные смягчить переход к цифровизации экономики:

- налог на роботов: доход от налога может выплачиваться сокращенным из-за автоматизации;
- защита прав работника: четырехдневная рабочая неделя или шестичасовой рабочий день;
- всемирный основной доход: мог бы уравновесить доходное неравенство, но может привести за собой инфляцию.

В статье Берберова А. Б. [14] подробно описана труднореализуемость решения введения налога на роботов. Во-первых, появляется противоречие ключевой концепции макроэкономики и деятельности компаний, у которых приоритет — «увеличение прибыли», а не забота о социальном благополучии населения. Во-вторых, неясен механизм дей-

ствия «налога на роботов», как будет определяться налоговая база, не приведет ли это решение к замедлению развития российских компаний. Таким образом, переход экономики к цифровизации необходимо сделать наименее болезненным с помощью внедрения различных инструментов для регулирования изменений.

Далее следует рассмотреть исследования авторов, анализирующих различные государственные программы, направленные на поддержку и развитие ИКТ в различных странах. Так в статье Берберова А. Б. [16] автор упоминает государственную программу «Цифровая экономика», направленную на подготовку 1 млн человек по второму высшему образованию, связанному с цифровой экономикой. На реализацию данного проекта предполагается ежегодное выделение 5 млрд. руб. «Это один из реальных, и что особенно важно, финансово подкрепленных и гуманистически оправданных путей социальной поддержки граждан, пострадавших от технологической безработицы» — говорит автор. В статье Быцук С.В. [15] были исследованы программы развития ИКТ в сфере образования Сингапура, автор описывает воздействие программ на образование. Концепции, лежащие в основе трех шестилетних сингапурских программ: образование должно отвечать требованиям будущего, готовить подходящих специалистов, развивать у учеников подходящих навыков для работы в рамках высокотехнологичной экономике. Как результат проведения первых двух программ: обеспечение компьютерами в классах увеличилось, появилось свободное использование технологий в учебном процессе. По данным индекса развития ИКТ в 2002 году (начало проведения второй программы) Сингапур занимал 16 место, [16] за 18 лет страна поднялась до 4 места и за последние 5 лет входила в топ-5.

Также следует рассмотреть статьи с примерами использования благ технологий на рынке труда в наше время. П. Тедеев, Р. Камолов, З. Сабирзянова рассказывают про систему «Да Винчи» [17]. Данную систему в России начали использовать в 2007 году, за последние 10 лет было проведено около 10 тысяч опе-

раций. Но только в декабре 2017 года была впервые проведена операция двухгодичного ребенка с использованием данной системы. Преимущества данной системы состоят в том, что она эффективна в операциях и способна справляться с мелкими сосудами, тканями детей, также человеческий фактор сводится к нулю. Несмотря на высокую цену, робота-ассистента в России обещают распространять по разным городам. Еще один пример внедрения роботов в медицину описан в статье Богомолова А. И., Невежина В. П., Жданова Г. А. [18]. IBM Watson — суперкомпьютер, который умеет отвечать на вопросы. У него есть доступ к таким источникам данных, как энциклопедии, базы научных статей. С помощью вычислительных мощностей он выдает максимально точный ответ на заданный вопрос. IBM Watson for Oncology — программа применения возможностей IBM Watson для определения оптимальной стратегии лечения рака. С 2013 года программа используется в Мемориальном онкологическом центре им. Слоуна-Кеттеринга в Нью-Йорке для помощи в принятии решений при лечении больных раком легких и уходе за ними. До конца 2016 г. IBM Watson for Oncology сможет помочь лечению еще 9 типов рака, покрыв потенциально 80 % заболеваемости раком в мире.

В заключении следует рассмотреть социологические исследования, в которых анализируется отношение людей к работе с роботами. Исследование [19] Н. Савела, М. Каатинена, Н. Йонер, А. Оксанен направлено на изучение последствий от внедрения роботов в рабочую среду. Участников исследования попросили представить гипотетическую ситуацию, в которой им нужно было выполнять командную работу. Количество роботов изменялось в разных группах, а контрольная группа включала в себя только людей. Результат исследования говорит о том, что когда людей меньшинство, они чувствуют себя менее комфортно, что влечет за собой неблагоприятные последствия в общении, производительности и продуктивности. В следующей статье С. Иванова, К. Вебстера, А. Гаренко [20] приводится исследование российских покупателей с 2016 по 2017 года для опреде-

ления отношения к использованию роботов в гостиничной индустрии. Результаты говорят о том, что в основном поддерживают эти нововведения мужчины москвичи. Так же было выявлена разница в понимании женщин и мужчин того, какие именно задачи будут выполняться роботами. Выводы относительно того, что молодые россияне поддерживают такие нововведения, исходят из того, что миллениалы характеризуются вовлеченностью в цифровые технологии. Городское население высказывалось более одобрительно в стороне технологий, чем сельское. Нет явного принятия или отторжения, но тенденция идет к принятию, так как результаты зависят от благосостояния, образования, места проживания и пола опрошенных. Помимо этого, результаты исследования говорят о том, что для гостиничных компаний было бы проще адаптировать роботов к доставке чего-либо в номер гостям, к предоставлению информации об отеле, пункте назначения, процессе оплаты и так далее.

## **1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Целью данной работы является системный анализ влияния динамики развития информационных технологий на трансформацию рынка труда. Гипотеза предполагает, что существует системная зависимость между развитием технологий, внедрением их в различные сферы и изменениями на рынке труда, уровнем безработицы, появлением новых профессий, постепенным вымиранием определенных других профессий.

## **2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

На основе результатов теоретического исследования может быть составлен перечень системно связанных переменных. Предполагается, что развитие технологий должно влиять на изменения на рынке труда. В первую очередь следует использовать индекс развития ИКТ, как некий центроид, на который влияют факторы, и который сам влияет на что-либо. В качестве индикаторов развития ИКТ взяты такие показатели, как индекс ин-

новаций, индекс готовности государства к внедрению ИКТ, государственный расход на исследования и разработки, плотность роботов, возможность внедрения ИКТ. Также, помимо индикаторов развития ИКТ, следует рассмотреть информационную среду, ее негативную тональность. Предполагается, что при изменении индекса ИКТ, индекс рынка труда также будет подвержен изменениям. На рис. 4 представлена концептуальная модель данного исследования.

Наиболее эффективным инструментом проверки данной модели является регрессионный анализ. Для целей анализа сформирована выборка, состоящая из 15 стран — лидеров по индексу ИКТ: Япония, Германия, США, Южная Корея, Исландия, Швейцария, Дания, Великобритания, Нидерланды, Гонконг, Новая Зеландия, Австралия, Сингапур, Швеция и Россия. Рассмотрим компоненты концептуальной модели более детально. Данные по показателю плотности роботов, рассчитанного на 10 тыс. рабочих, агрегированы в рамках ресурса International Federation of Robotics. Источников данных относительно индекса ИКТ является International Telecommunication Union. Данный индекс характеризует уровень распространения, применения ИКТ в стране среди населения. Данный индекс состоит из нескольких компонент: доступность ИКТ, имеет 40 % доли в формировании индекса, использование ИКТ, 40 %, и навыки использования ИКТ, 20 %. В доступность входят такие факторы, как: фиксированная телефонная подписка на 100 жителей, фиксированная подписка мобильной связи на 100 жителей, диапазон частот (бит в секунду) на каждого пользователя, доля семей с компьютером, доля семей с проведенным интернетом.

Использование ИКТ состоит из: доли людей, использующих интернет, фиксированная подписка высокоскоростного интернета на 100 жителей, активная подписка мобильного интернета со скоростью 256 кбит в секунду на 100 жителей. В навыки использования ИКТ входят: уровень грамотности, коэффициент зачисления на второй и третий уровень образования. Индекс готовности государства к применению искусственного интеллекта



Рис. 4. Концептуальная модель исследования  
 [Fig. 4. Dynamics of requests «Automation»]

(англ. the government AI readiness index) начал рассчитываться Oxford Insights только с 2017 года. Рассчитывался показатель на основе следующих факторов: индекс цифровизации, наличие стартапов, связанных с искусственным интеллектом, индекс эффективности правительства. Индекс инноваций (англ. global innovation index) рассчитывается ежегодно. Ежегодные публикации доступны только с 2011 года. Индекс включает в себя множество факторов, в том числе политическую обстановку в стране, наличие благоприятной среды для бизнеса, различные показатели образования, доступность к ИКТ, степень развитость рынка, бизнеса и государственный вклад в развитие науки. Расход на научные исследования и разработки (англ. gross expenditure on research and development) включает в себя количество исследователей, расход на исследования и разработки в доле от ВВП и качество исследовательских институтов. Данный индекс выступает в роли индикатора заинтересованности государства в развитии технологий в стране. Возможность внедрения ИКТ характеризует наличие возможностей для применения информационных технологий во всех сферах производства товаров и услуг в стране. Заинтересованность

населения в профессиях с высоким уровнем автоматизации выражается динамикой поиска в google вакансий данных профессий. Пять профессий были отобраны на основе индекса автоматизации за 2018 год разработанного Гавайским университетом [21]. Это такие профессии как: электрик, фермер, мойщик посуды, садовник и лесоруб. Поиск производился с помощью google trends с 2005 по 2019 года по данным пяти профессиям по каждой рассматриваемой стране. Для каждой страны поиск производился на официальном языке страны. Динамика популярности каждой профессии рассчитывалась как уровень интереса к теме по отношению к наиболее высокому показателю в таблице для определенного региона и периода времени. 100 баллов означают наивысший уровень популярности запроса, 50 — уровень популярности запроса, вдвое меньший по сравнению с первым случаем. 0 баллов означает местоположение, по которому недостаточно данных о рассматриваемом запросе. После сбора было взято среднее значение по годам, и сформированы данные по пятнадцати странам по пяти профессиям за период с 2005 по 2019 года, далее было взято среднее значение по всем профессиям, то есть сформирована заинтересо-

ванность, выраженная через поиск в google вакансий профессий с высоким уровнем автоматизации по выбранным странам с 2005 по 2019 года. Уровень безработицы — это отношение числа безработных к числу рабочей силы (сумма занятых и безработных), определенное в процентах. Более подробно рассмотрим негативную/ тональность информационной среды в новостях при упоминании слова «Автоматизация». Анализ информационной среды позволил оценить, как со временем изменялась тональность новостей. Алгоритм поиска данных можно разделить на 2 этапа. Первый этап — формирование первичного массива данных. На данном этапе проводится сбор новостного массива в соответствии с анализируемым временными периодом, с 2005 по 2020 год. В роли источника первичной информации использованы новости от google, так как данная платформа широко распространена по миру, и в том числе в России. Для парсинга данной информации может быть использован язык программирования Python 3 и библиотека GoogleNews.

С помощью данной библиотеки можно охватить массу новостных заголовков в интересующем периоде, на интересующем языке. Второй этап — анализ тональности полученной информации. На данном этапе собранные новостные заголовки тонально анализируются по трем компонентам: негативный, позитивный, нейтральный с помощью библиотеки Dostoevsky [22]. Также было посчитано среднее значение для каждого года. Индекс рынка труда — коэффициент, рассчитанный на основе изменения показателей, характеризующих рынок труда по странам, рассчитывается Организацией экономического сотрудничества и развития (англ. OECD — Organization for Economic Co-operation and Development). Приведенная совокупность показателей агрегирована в рамках единой сводной таблицы (табл. 1).

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведения регрессионного анализа из модели ушли такие показате-

Таблица 1. Сводная таблица показателей  
[Table 1. Summary table of indicators]

№	Наименование показателей	Условное обозначение	Единицы измерения	Тип	Источники
1	Количество роботов на 10 тыс. рабочих — плотность роботов	$x_1$	Коэффициент	Экзогенный	[23]
2	Индекс ИКТ	$x_2$	Коэффициент	Эндогенно-экзогенный	[16]
3	Индекс готовности государства к применению ИКТ	$v_1$	Коэффициент	Экзогенный	[24]
4	Индекс инноваций	$v_2$	Коэффициент	Экзогенный	[25]
5	Расход на научные исследования и разработки	$v_3$	Коэффициент	Экзогенный	[25]
6	Возможность внедрения ИКТ	$x_3$	Коэффициент	Экзогенный	[25]
7	Заинтересованность населения в профессиях с высоким уровнем автоматизации	$y_1$	Уровень интереса (баллы)	Эндогенно-экзогенный	[26, 27]
8	Уровень безработицы	$y_2$	%	Экзогенный	[28]
9	Тональность информационной среды в google news	$f_1$	Коэффициент	Эндогенный	[29]
10	Индекс рынка труда	$z$	Коэффициент	Эндогенный	[30]



ли, как плотность роботов на производстве, возможность внедрения ИКТ в сферу деятельности. В рассмотренные периоды, в рассмотренных странах и моделях данные показатели не оказывают значимого влияния на результат. Подтвержденная концептуальная модель представлена на рис. 5.

При возрастании индекса инноваций индекс ИКТ также растет. Индекс инноваций представляет собой комбинацию факторов, определяющих положение страны в развитости технологий. Данный индекс включает в себя в том числе политическую обстановку в стране, наличие благоприятной среды для бизнеса, различные показатели образования, доступность населения к интернету, обеспеченность электроникой, степень развития рынка, бизнеса и государственный вклад в развитие науки. Значит, при наличии благоприятной политической обстановки, которая мотивирует и способствует распространению информационных технологий во всех сферах человеческой жизни, уровень использования данных технологий, который отражен индексом ИКТ, увеличивается.

Влияние заинтересованности государства, которое выражается в расходах на исследования и разработки, на индекс ИКТ, имеет отрицательный коэффициент регрессии, но это не значит, что при увеличении расходов, индекс сокращается. В данном случае коэффициент отрицательный, потому что влияние имеет временной лаг больше одного года. Это доказывает положительное значение показателя в периоде (t-2).

$$x_2 = 5,68 + 0,043v_{2(t-2)} - 0,037v_{3(t-1)} + 0,05v_{3(t-2)} \quad (1)$$

$$y_2 = 16,58 - 0,0065x_1 - 0,16x_2 \quad (2)$$

$$f = 0,025 - 4,12x_1 + 0,023x_2 \quad (3)$$

$$z = -3,82 + 0,12x_2 \quad (4)$$

Влияние индекса инноваций и расходы на научные исследования и разработки на индекс ИКТ было рассмотрено на метоуровне. Явного развития и зависимости аналитических критериев в рассматриваемом периоде в анализируемых странах не было обнаружено. Присутствуют стабильные колебания вокруг центрального значения. Связано это может быть с тем, что на результат, помимо рассмотренных, влияет множество других факторов,

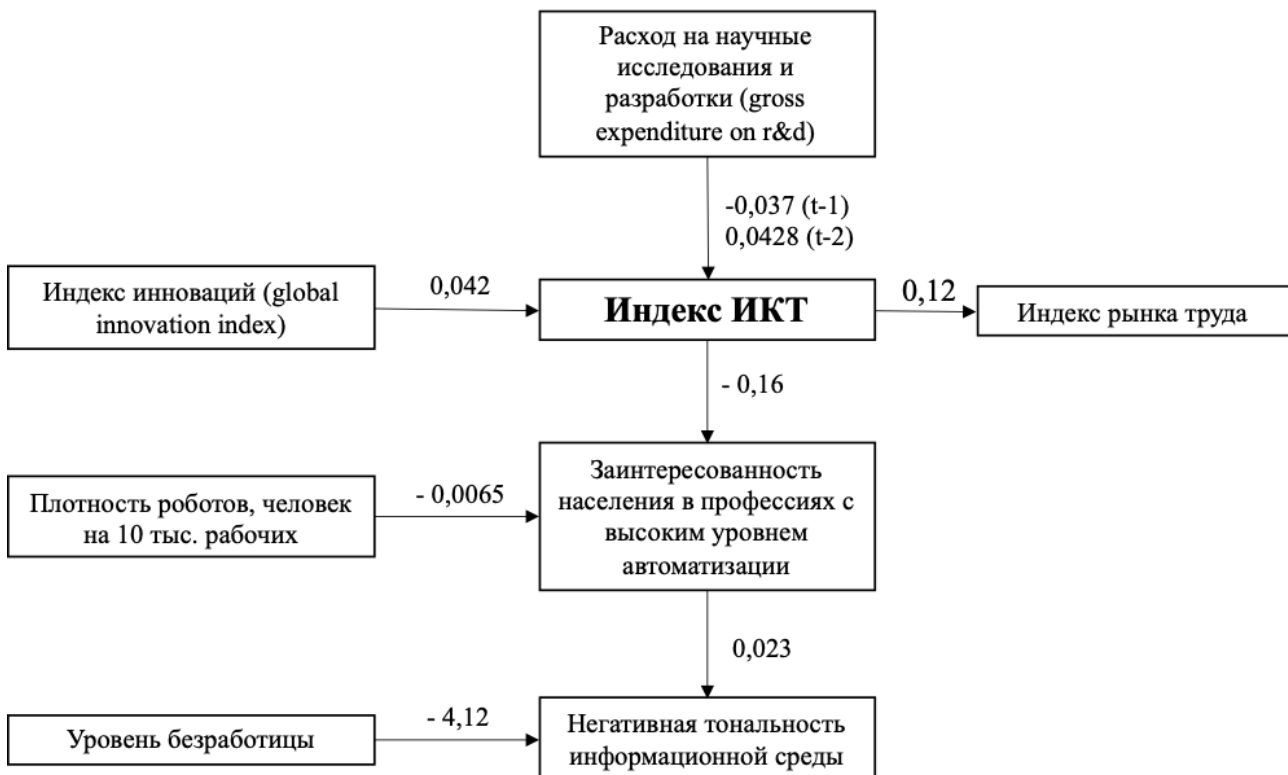


Рис. 5. Подтвержденная концептуальная модель исследования  
[Fig. 5. Validated conceptual research model]

которые не были проанализированы. Для дальнейшего исследования рекомендовано взять большую выборку стран. Так как связь довольно слабая, изменять данные факторы для управления результатом, индексом ИКТ, бесполезно. Необходимо подробнее проанализировать признак-результат, его составляющие, для составления более надежной модели с более сильными связями. Также необходимо помнить про то, что между выделением средств на научные разработки и индексом ИКТ существует большой временной лаг, который стоит учитывать.

Влияние индекса ИКТ на заинтересованность населения в профессиях с высоким уровнем автоматизации имеет отрицательный коэффициент регрессии. При увеличении индекса ИКТ, заинтересованность снижается, что логично. Значение коэффициента меньше единицы, то есть сила влияния невысокая. Это может быть связано со спецификой признака-результата. Заинтересованность населения выражена через google trends, в баллах. Неточности, которые могли возникнуть в связи со спецификой каждого языка и поиска, могли повлиять на значение коэффициента регрессии. Но тем не менее, связь отрицательная, и наличие подтверждено.

Плотность роботов, которая рассчитана количеством роботов на 10 тыс. рабочих влияет на заинтересованность обратно пропорционально. При увеличении роботов заинтересованность снижается. Наличие не самой сильной связи, также, как и с индексом ИКТ, логически обосновано спецификой признака-результата. Данная связь самая слабая, но с удивительно низкой ошибкой аппроксимации. Наличие слабой связи можно обосновать косвенным воздействием плотности роботов на заинтересованность в высокоавтоматизированных профессиях.

Положительная связь между заинтересованностью населения в профессиях с предельным значением уровня автоматизации на негативную тональность информационной среды. При уменьшении поиска вакансий по профессиям с высоким уровнем автоматизации, негативная тональность информационной среды, которая выражена долей негатив-

ности в новостях при упоминании слова «Автоматизация» в заголовке, возрастает. Предположенное наличие обратной связи данных показателей подтвердилось. При развитии ИКТ в сферах, которые подвержены замене человеческого труда на машинный, отношение населения становится более негативным, особенно для тех, на ком это отразилось. Примеры таких профессий, где, либо больше не востребован человеческий труд, либо есть к этому тенденция, приведены во введении. Оставшиеся без работы люди, начинают проявлять негативные эмоции по отношению к причине их безработицы. К замене человеческого труда на машинный, как было сказано в теоретическом обосновании проблемы, склонны рутинные профессии. Зачастую для того, чтобы устроиться на такую должность, наличие высшего образования не является необходимостью. Для людей, потерявших работу, найти новую в той же сфере непросто, а для поиска в других сферах необходима переквалификация, что затруднительно. Но значение коэффициента регрессии меньше единицы. Данное уравнение было рассмотрено на примере России. В страну еще не так широко пришли информационные технологии, как, например, в странах лидерах по индексу развития ИКТ. Но даже несмотря на это, связь между показателями присутствует, хоть и не сильная.

При возрастании уровня безработицы негативная тональность при упоминании слова «Автоматизация» сокращается. Нелогичное наличие отрицательного, относительно сильного коэффициента регрессии может быть обосновано тем, что данная зависимость была рассмотрена только на российском рынке. Во-первых, автоматизация недостаточно широко пришла на российский рынок труда, и нет массовой безработицы, связанной с ней. Во-вторых, на безработицу влияет множество факторов, несвязанных с развитием технологий: сезонность, кризисы, негативная политическая обстановка, пандемии, высокая рождаемость и так далее. Со временем связь между уровнем безработицы и негативным отношением к автоматизации может увели-

чиваться, но для этого нужен более подробный анализ данной проблемы.

Влияние индекса ИКТ на индекс рынка труда имеет положительный коэффициент регрессии, так как при увеличении индекса ИКТ, индекс рынка труда также увеличивается. Связь несильная, но все же присутствует. Это говорит о том, что развитие информационно-коммуникационных технологий действительно влияет на изменения на рынке труда, которые выражаются в индексе рынка труда. Наличие несильной связи, может быть обосновано тем, что на рынок труда влияет множество других факторов, развитие информационных технологий — один из них. В общем и целом, наличие связи подтверждает воздействие фактора на результат. Для более подробного анализа, возможно стоит рассмотреть не парную, а множественную регрессию, где на рынок труда влияет множество факторов, связанных с развитием технологий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для более значимого изменения результата необходимо подробнее проанализировать связи, которые не были учтены в работе и в модели. В рамках анализа связи между индексом инновация и индексом ИКТ была обнаружена новая зависимость: между степенью развития ИКТ и политической повесткой, которая не была в полной мере рассмотрена в данной работе. Рассмотрим это подробнее. Информационные технологии и политический процесс — показатели, которые влияют друг на друга. Бесспорно, благодаря ИТ-технологиям облегчилось распространение любой информации, в том числе политической. С развитием интернета почти все интегрировалось в онлайн. Для более успешной популяризации распространение политических мнений перешло и в интернет: у каждой политической партии есть свой сайт, есть группы единомышленников, где они всячески расширяют свою аудиторию, рекламируя свои идеи. В интересах государственной власти распространять свою политическую повестку, в том числе через интернет-сеть. Для этого необходимо развивать цифровую грамотность на-

селения, проводить сеть в самые отдалённые части страны, обеспечивая малонаселенные города скоростным интернетом. Вкладывать в развитие и распространение ИКТ — одна из задач государства, желающего находиться в мировых лидерах. Но интернет это насколько объемная, свободная и плохо контролируемая часть современного мира, что создаются определенные законы, направленные на обеспечение безопасности, но, с другой стороны, ограничивающие свободу в интернете. Один из таких примеров — «пакет Яровой». В 2016 году в России был принят «антитеррористический пакет», два законопроекта, направленные на борьбу с терроризмом. Второй законопроект обязывает операторов связи хранить звонки и сообщения абонентов за период не более 6 месяцев, а с 1 октября 2018 года операторы связи обязаны хранить в течение 30 суток текстовые, голосовые, видео- и другие сообщения пользователей. Далее оператор обязан увеличивать объем хранения на 15 процентов в год. По прогнозам экспертов, цены на мобильную связь в России могут вырасти на 17–18 %, а качество интернета — сильно ухудшиться, так как мобильным операторам нужно будет хранить необходимую информацию. Предположительно, с удорожанием цены на мобильную связь при ухудшении ее качества, все индексы и показатели, связанные с данными факторами, несомненно ухудшатся, и страна в мировом рейтинге либо останется на месте, либо окажется ниже. Данный пример воздействия государственных решений на различные показатели развития ИКТ скорее предполагает отрицательное влияние. Только спустя более продолжительный период времени можно будет его в полной мере оценить. Тем не менее, помимо косвенного препятствия развитию ИТ-сфер, государство может и развивать данных сектор с помощью различных программ. Например, программа по поддержке ИКТ-экспорта Минкомсвязи России [31]. Помимо этого, во многих странах развито создание высокотехнологических и инновационных центров. «Кремниевая долина» в США, «Сколково» в России, Бангладор в Индии, Чжунгуаньцунь в Китае, «Кремниевые Вали»

в Израиле [32]. Рассмотрим пример «Сколково». В 2009 году действующий президент России Д. Медведев издал распоряжение «О рабочей группе по разработке проекта создания территориально обособленного комплекса для развития исследований и разработок и коммерциализации их результатов» [33]. Реализация проекта была направлена на создание альтернативы американской «Кремниевой долины». Финансирование инновационного центра производилось из федерального бюджета. Помимо этого, статус «Сколково» дает налоговые льготы: ставка равна 0 % для налога на прибыль, НДС, налога на имущество организаций и таможенные пошлины, ставка страховых взносов 14 % вместо 30 %. У центра есть множество успешных инновационных проектов. Например, компания MarvelMind Robotics, проект, созданный резидентами «Сколково», разработала и продает внутреннюю навигационную систему для автономных роботов, транспортных средств, вертолетов и виртуальной реальности. Среди клиентов компании числятся такие гиганты, как Lufthansa, Philips, Porshe [34].

Помимо инновационных центров существует множество государственных программ, направленных на развитие ИТ-сферы. Например, российская государственная программа «Информационное общество», инициированная в 2010 году, была нацелена на долгосрочное развитие впрямь 2024 года. Цель государственной программы — повышение качества жизни и работы граждан, улучшение условий деятельности организаций, развитие экономического потенциала страны на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий. Программа, инициированная в 2010 году, ставит цели на 2024, то есть временной лаг составляет около 14 лет. В основном такие программы долгосрочные и направлены на реализацию в будущем. Государственная поддержка играет важную роль в развитии ИКТ, при грамотном составлении целей и задач, можно достичь больших результатов.

Также, один из факторов, на который можно начать влиять — сфера образования. При грамотном распределении сил, времени, со-

ставлении целей и задач можно достичь успехов Сингапура. Во введении было упомянуто, что в сфере образования в России внедряются технологии. Как пример был приведен «Электронный дневник», электронные доски, планшеты вместо учебников. Но для значимых результатов этого недостаточно. Сама система образования должна поменяться. Такого же мнения придерживается автор статьи [14] Берберов А. Б. Российская система образования до сих пор основана на советских стандартах. Ситуация, когда человек в 17–18 лет должен определить довольно узкий спектр изучаемых наук, включает в себя много рисков: если человек поступает, основываясь на желании родителей или по баллам ЕГЭ на бюджет, спустя некоторое время он может разочароваться в выборе и придется либо готовиться и поступать заново, либо смириться. В этом плане очень успешна американская система высшего образования, где студент выбирает себе major (англ. основной) и minor (англ. второстепенный), которым уделяет 80 % и 20 % своего учебного времени. Это могут быть совершенно разные направления, поэтому часто на стыке наук рождаются новые. Биоинженерия, бионика, нейроэкономика, соноцитология — примеры слияния нескольких наук в что-то новое. При данном подходе к обучению система образования не стоит на месте и всегда развивается, что в свою очередь сказывается на различных показателях государства, его места на мировой арене. Предположительно, изменения в сфере образования могут повести за собой изменения в сфере развития ИКТ. Для этого необходимо внедрять технологии в школы, в вузы, обучать их грамотному применению. Необходимо повышение квалификации преподавателей, внедрение новых дисциплин и повышение качества ИТ-образования выпускаемых специалистов. Для получения ИТ-образования существует практика либо самообучения, либо обучения за границей, если образование в стране не устраивает человека.

Таким образом, в заключении можно сформулировать следующий перечень потенциальных направлений развития в рамках декларируемой проблемы: проведение программ по развитию ИКТ, переквалификация

преподавателей, потенциальное изменение системы образования, повышение уровня образования ИТ-сферы, открытие учебных заведений, способных конкурировать с топ-вузами других стран. Полное копирование и использование программ, как в Сингапуре, для других стран, желающих достичь таких же результатов, возможно, не будет правильным решением, так как все страны разные, но суть программ можно взять за основу.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Introducing Amazon Go and the world's most advanced shopping technology. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=N-rmMk1Mурхс> (дата обращения: 18.12.2020).
2. Исчезающие профессии: кого в России роботы оставят без работы. – Режим доступа: <https://www.bbc.com/russian/features-41687168> (дата обращения: 18.12.2020).
3. Трансформация рынка труда в условиях цифровизации. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42699558> (дата обращения: 18.12.2020).
4. Прощайте, продавцы и грузчики. – Режим доступа: <https://www.rosbalt.ru/moscow/2019/11/22/1814669.html> (дата обращения: 18.12.2020).
5. *Van Roya, V.* Technology and employment: Mass unemployment or job creation? Empirical evidence from European patenting firms [Электронный ресурс] / V. Van Roya, D. Vértesyb, M. Vivarell // *Research Policy*. – 2018. – № 9. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733318301537> (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/j.respol.2018.06.008.
6. *Dengler, K.* The impacts of digital transformation on the labour market: Substitution potentials of occupations in Germany [Электронный ресурс] / K. Dengler, B. Matthes // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2018. – № 137. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162517314580>. – (Дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/j.techfore.2018.09.024
7. *Дигилина, О. Б.* Трансформация рынка труда в условиях цифровизации / О. Б. Дигилина, И. Б. Телсенко // *Вестник РГГУ*. – 2019. – № 4. – С. 166–181. DOI: 10.28995/2073-6304-2019-4-166-180.
8. *Garcia-Murilloa, M.* Techno-unemployment: A framework for assessing the effects of information and communication technologies on work [Электронный ресурс] / M. Garcia-Murilloa, I. MacInnesb, J. M. Bauerc // *Telematics and Informatics*. – 2018. – № 7. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736585318301874> (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/j.tele.2018.05.013.
9. *Atalay, E.* New technologies and the labor market [Электронный ресурс] / E. Atalay, P. Phongthientham, S. Sotelo, D. Tannenbaum // *Journal of Monetary Economics*. – 2018. – № 97. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304393218301636> (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/j.jmoneco.2018.05.008.
10. *Одегов, Ю. Г.* Новые технологии и их влияние на рынок труда / Ю. Г. Одегов, В. В. Павлова // *Уровень жизни населения регионов России*. – 2018. – № 2. – С. 60–70. DOI: 10.24411/1999-9836-2018-10015.
11. *Abramova, N.* ICTs, Labour Productivity and Employment: Sustainability in Industries in Russia [Электронный ресурс] / N. Abramova, N. Grishchenko // *Procedia Manufacturing*. – 2020. – № 43. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920307411> (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.161.
12. *Dekle, R.* Robots and industrial labor: Evidence from Japan [Электронный ресурс] / R. Dekle // *Journal of the Japanese and International Economies*. – 2020. – № 58. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889158320300459> (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/j.jjie.2020.101108.
13. *Zemtsov, S.* The Risks of Digitalization

- and the Adaptation of Regional Labor Markets in Russia [Электронный ресурс] / S. Zemtsov, V. Barinova // Foresight and STI Governance. – 2020. – № 13. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/334047253\\_The\\_Risks\\_of\\_Digitalization\\_and\\_the\\_Adaptation\\_of\\_Regional\\_Labor\\_Markets\\_in\\_Russia](https://www.researchgate.net/publication/334047253_The_Risks_of_Digitalization_and_the_Adaptation_of_Regional_Labor_Markets_in_Russia) (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.17323/2500-2597.2019.2.84.96.
14. Берберов, А. Б. На пути к цифровизации российской экономики: проблемы и перспективы / А. Б. Берберов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – № 7. – С. 30–40.
15. Быцук, С. В. Программы развития ИКТ в сфере образования Сингапура / С. В. Быцук // Открытое образование. – 2012. – № 1. – С. 78–84.
16. ICT Index. – Режим доступа: <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx> (дата обращения: 18.12.2020).
17. Monod, P. The PE73 — The beginning of pediatric robotic surgery in Russian Federation [Электронный ресурс] / P. Monod, R. Tedeev, V. Kamolov, Z. Sabirzyanova // European Urology Supplements. – 2018. – № 7. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1569905618327362> (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/S1569-9056(18)32736-2
18. Богомолов, А. И. Искусственный интеллект и экспертные системы в мобильной медицине / А. И. Богомолов, В. П. Небезин, Г. А. Жданов // Хроноэкономика. – 2018. – № 3. – С. 17–28.
19. Savela, N. The PE73 — Sharing a work team with robots: The negative effect of robot co-workers on in-group identification with the work team [Электронный ресурс] / N. Savela, M. Kaakinen, E. Noora, A. Oksanen // Computers in Human Behavior. – 2021. – № 115. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563220303320> (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/j.chb.2020.106585
20. Ivanov, S. Young Russian adults' attitudes towards the potential use of robots in hotels [Электронный ресурс] / S. Ivanov, C. Webster, A. Garenko // Technology in Society. – 2018. – № 55. – Режим доступа: [www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X17302981](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X17302981) (дата обращения: 18.12.2020). DOI: 10.1016/j.techsoc.2018.06.004.
21. Automation Index. – Режим доступа: [https://uhcc.hawaii.edu/career\\_explorer/automation/ai.php](https://uhcc.hawaii.edu/career_explorer/automation/ai.php) (дата обращения: 18.12.2020).
22. Dostoevsky. – Режим доступа: <https://github.com/bureaucratic-labs/dostoevsky> (дата обращения: 18.12.2020).
23. Robotic Density IFR. — Режим доступа: <https://ifr.org> (дата обращения: 18.12.2020).
24. Government AI Readiness Index. – Режим доступа: <https://www.oxfordinsights.com> (дата обращения: 18.12.2020).
25. Global Innovation Index. – Режим доступа: <https://www.globalinnovationindex.org/Home> (дата обращения: 18.12.2020).
26. Google trends. – Режим доступа: <https://trends.google.ru/trends> (дата обращения: 18.12.2020).
27. Automation Index. – Режим доступа: [https://uhcc.hawaii.edu/career\\_explorer/automation/ai.php](https://uhcc.hawaii.edu/career_explorer/automation/ai.php) (дата обращения: 18.12.2020).
28. Macrotrends. – Режим доступа: <https://www.macrotrends.net> (дата обращения: 18.12.2020).
29. Google news. – Режим доступа: <https://news.google.com/> (дата обращения: 18.12.2020)
30. OECD. – Режим доступа: <http://www.oecd.org/> (дата обращения: 18.12.2020)
31. Поддержка ИКТ-экспорта. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/769> (дата обращения: 18.12.2020).
32. Не только Калифорния. Вот 3 успешные «кремниевые долины» в разных странах. – Режим доступа: <https://rg.ru/2013/08/13/skolково.html> <https://quote.rbc.ru/news/article/5ae098a62ae5961b67a1c211> (дата обращения: 18.12.2020).
33. Сколково. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сколково\\_\(инновационный\\_центр\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сколково_(инновационный_центр)) (дата обращения: 18.12.2020).
34. 10 инновационных проектов из «Сколково», о которых вы могли не знать. – Режим доступа: <https://rb.ru/longread/10-proektov/> (дата обращения: 18.12.2020).

*Д. Г. Родионов, Е. А. Конников, А. А. Грачева*

**Родионов Дмитрий Григорьевич** — д-р. экон. наук, проф., директор высшей инженерно-экономической школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

E-mail: rodion\_dm@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1254-0464>

**Конников Евгений Александрович** — канд. экон. наук, доцент высшей инженерно-экономической школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

E-mail: konnikov.evgeniy@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4685-8569>

**Грачева Анастасия Антоновна** — соискатель высшей инженерно-экономической школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

E-mail: granast2012@mail.ru

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7741-8243>

DOI: <https://doi.org/>

Received 23.12.2020

Accepted 02.02.2021

ISSN 1995-5499

## ANALYSIS OF THE SYSTEMIC INFLUENCE OF THE INFORMATION TECHNOLOGIES DYNAMIC DEVELOPMENT ON THE LABOR MARKET TRANSFORMATION

© 2020 D. G. Rodionov✉, E. A. Konnikov, A. A. Gracheva

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
29, Polytechnicheskaya Street, 195251 St. Petersburg, Russian Federation*

**Annotation.** Today, humanity is on the verge of the fourth industrial revolution. The result of this process can be a radical transformation of all aspects of society's life. Information technology is the core of the fourth industrial revolution. The multidimensionality and multidimensionality of the application of modern information technologies determines the infinity of the vectors of their application, which ultimately led to the digitalization of the overwhelming number of aspects of life. One of the defining components of human life is professional activity, which, of course, is also being transformed under the influence of the development of information technologies. However, this transformation process is extremely ambiguous. In connection with this specificity, the purpose of this study is a systematic analysis of the influence of the dynamics of the development of information technology on the transformation of the labor market. The hypothesis assumes that there is a systemic relationship between the development of technologies, their introduction into various spheres and changes in the labor market, the level of unemployment, the emergence of new professions, and the gradual extinction of certain other professions. The mathematical formalization of the alleged links, as well as a meta-analysis of changes in the statistical characteristics of these links, made it possible to formulate the vectors of the main directions of transformation of the labor market under the influence of the development of information technologies.

**Keywords:** labor market, information technology, ICT index, government readiness index for ICT use, Innovation index, expenditure on research and development, unemployment rate, tonality of the information environment.

---

✉ Rodionov Dmitry G.  
e-mail: rodion\_dm@mail.ru

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

## REFERENCES

1. Introducing Amazon Go and the world's most advanced shopping technology. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=NrmMk-1Myrxc> (accessed: 12/18/2020).
2. Disappearing professions: who in Russia will robots leave without work. Available at: <https://www.bbc.com/russian/features-41687168> (accessed: 12/18/2020).
3. Transformation of the labor market in the context of digitalization. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42699558> (accessed: 12/18/2020).
4. Goodbye salesmen and movers. Available at: <https://www.rosbalt.ru/moscow/2019/11/22/1814669.html> (accessed: 12/18/2020)
5. *Van Roya V., Vértesyb D., Vivarell M.* Technology and employment: Mass unemployment or job creation? Empirical evidence from European patenting firms [Electronic resource] // *Research Policy*. 2018. No 9. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733318301537> (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.1016 / j.respol.2018.06.008
6. *Dengler K., Matthes B.* The impacts of digital transformation on the labor market: Substitution potentials of occupations in Germany [Electronic resource] // *Technological Forecasting and Social Change* 2018. No 137. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162517314580> (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.1016 / j.techfore.2018.09.024
7. *Digilina O. B., Telsenko I. B.* Labor market transformation in the context of digitalization // *Bulletin of the Russian State Humanitarian University* 2019. No 4. P. 166–181. DOI: 10.28995 / 2073-6304-2019-4-166-180
8. *Garcia-Murilloa M., MacInnesb I., Bauserc J. M.* Techno-unemployment: A framework for assessing the effects of information and communication technologies on work [Electronic resource] // *Telematics and Informatics*. 2018. No. 7. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736585318301874> (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.1016 / j.tele.2018.05.013.
9. *Atalay E., Phongthiengtham P., Sotelo S., Tannenbaum D.* New technologies and the labor market [Electronic resource] // *Journal of Monetary Economics*. 2018. No 97. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304393218301636> (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.1016 / j.jmoneco.2018.05.008.
10. *Odegov Yu. G., Pavlova V. V.* New technologies and their impact on the labor market // *The standard of living of the population of the regions of Russia*. 2018. No 2. P. 60–70. DOI: 10.24411 / 1999-9836-2018-10015.
11. *Abramova N, Grishchenko N.* ICTs, Labor Productivity and Employment: Sustainability in Industries in Russia [Electronic resource] // *Procedia Manufacturing*. 2020. No 43. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920307411> (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.1016 / j.promfg.2020.02.161.
12. *Dekle R.* Robots and industrial labor: Evidence from Japan [Electronic resource] // *Journal of the Japanese and International Economies*. 2020. No 58. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889158320300459> (accessed: 12/18/2020). Doi: 10.1016 / j.jjie.2020.101108.
13. *Zemtsov S., Barinova V.* The Risks of Digitalization and the Adaptation of Regional Labor Markets in Russia [Electronic resource] // *Foresight and STI Governance*. 2020. No 13. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/334047253\\_The\\_Risks\\_of\\_Digitalization\\_and\\_the\\_Adaptation\\_of\\_Regional\\_Labor\\_Markets\\_in\\_Russia](https://www.researchgate.net/publication/334047253_The_Risks_of_Digitalization_and_the_Adaptation_of_Regional_Labor_Markets_in_Russia) (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.17323 / 2500-2597.2019.2.84.96
14. *Berberov A. B.* Towards digitalization of the Russian economy: problems and prospects // *Management of economic systems: electronic scientific journal*. 2017. No 7. P. 30–40.
15. *Bytsuk S. V.* ICT development programs in education in Singapore // *Open education*. 2012. No 1. P. 78–84.
16. ICT Index. Available at: <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx> (accessed: 12/18/2020).



17. *Monod P., Tedeev R., Kamolov B., Sa-birzyanova Z.* The PE73 — The beginning of pediatric robotic surgery in Russian Federation [Electronic resource] // *European Urology Supplements*. 2018. No 7. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1569905618327362> (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.1016 / S1569-9056 (18) 32736-2.
18. *Bogomolov A. I., Nevezhin V. P., Zhdanov G. A.* Artificial intelligence and expert systems in mobile medicine // *Chronoeconomics*. 2018. No 3. P. 17–28.
19. *Savela N., Kaakinen M., Noora E., Atte O.* The PE73 — Sharing a work team with robots: The negative effect of robot co-workers on in-group identification with the work team [Electronic resource] // *Computers in Human Behavior*. 2021. No 115. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563220303320> (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.1016 / j.chb.2020.106585.
20. *Ivanov S., Webster C., Garenko A.* Young Russian adults' attitudes towards the potential use of robots in hotels [Electronic resource] // *Technology in Society*. 2018. No 55. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X17302981> (accessed: 12/18/2020). DOI: 10.1016 / j.techsoc.2018.06.004
21. Automation Index. Available at: [https://uhcc.hawaii.edu/career\\_explorer/automation/ai.php](https://uhcc.hawaii.edu/career_explorer/automation/ai.php) (accessed: 12/18/2020).
22. Dostoevsky. Available at: <https://github.com/bureaucratic-labs/dostoevsky> (accessed: 12/18/2020).
23. Robotic Density IFR. Available at: <https://ifr.org> (accessed: 12/18/2020).
24. Government AI Readiness Index. Available at: <https://www.oxfordinsights.com> (accessed: 12/18/2020).
25. Global Innovation Index. Available at: <https://www.globalinnovationindex.org/Home> (accessed: 12/18/2020).
26. Google trends Available at: <https://trends.google.ru/trends> (accessed: 12/18/2020).
27. Automation Index. Available at: [https://uhcc.hawaii.edu/career\\_explorer/automation/ai.php](https://uhcc.hawaii.edu/career_explorer/automation/ai.php) (accessed: 12/18/2020).
28. Macrotrends. Available at: <https://www.macrotrends.net> (accessed: 12/18/2020).
29. Google news. Available at: <https://news.google.com/> (accessed: 12/18/2020).
30. OECD. Available at: <http://www.oecd.org/> (accessed: 12/18/2020).
31. Support for ICT exports. Available at: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/769> (accessed: 12/18/2020).
32. Not just California. Here are 3 successful Silicon Valleys in different countries. Available at: <https://rg.ru/2013/08/13/skolkovo.html> <https://quote.rbc.ru/news/article/5ae098a62ae5961b67a1c211> (accessed: 12/18/2020).
33. Skolkovo. Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Skolkovo\\_\(innovation\\_center\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Skolkovo_(innovation_center)) (accessed: 12/18/2020).
34. 10 innovative projects from Skolkovo that you might not know about. Available at: <https://rb.ru/longread/10-proektov/> (accessed: 12/18/2020).

**Rodionov Dmitry G.** — Doctor of Economic Sciences, Director, Graduate school of economics and technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

E-mail: [rodion\\_dm@mail.ru](mailto:rodion_dm@mail.ru)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1254-0464>

**Konnikov Evgenii A.** — PhD of Economic Sciences, Associate Professor, Graduate school of economics and technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

E-mail: [konnikov.evgeniy@gmail.com](mailto:konnikov.evgeniy@gmail.com)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4685-8569>

**Gracheva Anastasia A.** — postgraduate, Graduate school of economics and technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

E-mail: [granast2012@mail.ru](mailto:granast2012@mail.ru)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7741-8243>