

## Влияние инвестиций в развитие цифровой экономики на объем валового внутреннего продукта России

С. П. Петров , М. П. Маслов , А. И. Карпович 

Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, Россия  
petrov.s.p@mail.ru

**Аннотация.** Целью данной работы является оценка эффективности достижения плановых инвестиционных показателей в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и достаточность инвестиций в цифровизацию экономики для формирования положительной динамики ВВП России. Проверяется гипотеза о наличии влияния, наряду с показателями функционирования традиционных секторов экономики, показателей цифровых секторов экономики и показателей вложений в цифровую трансформацию в России. Методика такого расчета основана на теории эластичности, которая может применяться для анализа эффективности ресурсов (инвестиций) в случае предполагаемого недофинансирования некоего экономического субъекта, что имело место в случае с указанной программой. Данная методика предполагает построение производственной функции Кобба – Дугласа. В качестве информационной базы для проведения расчетов и построения производственной функции использовались данные российских статистических сборников в региональном разрезе за период с 2015 по 2018 г. В рамках принятой спецификации модели кросс-секционной регрессии для каждого года в рамках указанного периода были определены параметры производственной функции. Также методом линейной регрессии были определены прогнозные значения показателей используемой информационной базы для 2019 и 2020 гг., и по ним были определены параметры производственной функции. Из-за несовместимости данных по показателю внутренних затрат на развитие цифровой экономики в программе «Цифровая экономика Российской Федерации» и статистическим показателем затрат на информационно-коммуникационные технологии возникла необходимость расчета соотношения между этими показателями. Решение данной задачи показало, что данные показатели хорошо согласуются между собой с отличием всего в несколько процентов. Итоговым результатом исследования является оценка потерь ВВП при сохранении динамики затрат на цифровизацию, наблюдавшейся в 2015–2018 гг., предполагающей продолжение тенденции на недофинансирование программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в 2019 и 2020 гг.

**Ключевые слова:** цифровая экономика; производственная функция; затраты на развитие цифровой экономики; эффективность затрат.

### 1. Введение

В современном обществе все сильнее развиваются процессы внедрения цифровых технологий в различные сферы жизни. Такая трансформация предполагает изменение технологического уклада, совмещение биологического

и цифрового миров, изменение институциональной среды, формирование новых и изменение традиционных рынков и т. п. По оценкам Мирового экономического форума, внедрение цифровых технологий и создание на их основе новых бизнес-моделей позволит получить

чистые выгоды как самим предприятиям, так и обществу в целом в размере свыше 100 трлн долл. США к 2025 г.<sup>1</sup>

С другой стороны, процесс цифровизации требует крупных вложений, которые включают в себя как инвестиции в технологический капитал, так и в человеческий капитал. Все это в итоге должно привести к формированию экономики, основанной на умных технологиях, Индустрии 4.0, возможности персонализированных благ. Страны, которые успешно справятся с формированием цифровой экономики, получают преимущества и положение лидера.

Важным становится изучить феномен цифровой трансформации экономики, что, в частности, подтверждается ростом публикаций по данной тематике. Не менее важно дать оценку влияния такой трансформации на общество и разработать методы, позволяющие выявить достаточность инвестиций для повышения обеспеченности благами страны.

Целью данной работы является оценить эффективность достижения плановых инвестиционных показателей в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и достаточность инвестиций в цифровизацию экономики для формирования положительной динамики ВВП России.

В рамках исследования поставлена и проверяется гипотеза о наличии влияния наряду с показателями функционирования традиционных секторов экономики показателей цифровых секторов экономики и показателей вложений в цифровую трансформацию в России.

<sup>1</sup>Digital Transformation Initiative // The World Economic Forum. – 2017 [Electronic resource]. URL: [https://www.accenture.com/t20170411T120304Z\\_\\_w\\_\\_us-en/\\_acnmedia/-Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-DTExecutive-summary.pdf](https://www.accenture.com/t20170411T120304Z__w__us-en/_acnmedia/-Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-DTExecutive-summary.pdf) (date of access: 01.04.2018).

Структура работы следующая. Во втором разделе представлен обзор литературы, в третьем – методика оценки анализа эффективности ресурсов (инвестиций) в случае предполагаемого недофинансирования на основе эластичности производственной функции. В четвертом разделе приведена оценка влияния вложений в цифровизацию на экономику России на основе предложенной методики. В заключении представлены основные выводы, выделены проблемные места исследования и предлагаются дальнейшие пути его развития.

## 2. Обзор литературы

Социально-экономическое воздействие процесса цифровизации достаточно широко исследуется как в целом, так и по отдельным аспектам.

В ряде работ рассматривается общее влияние цифровизации на экономику. Например, в работе [1] исследуется взаимосвязь инвестиций в информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) и величины ВВП на душу населения на примере европейских стран, указывается на наличие тенденции, при которой более высокая доля инвестиций в ИКТ в ВВП страны сопутствует более высокому значению ВВП на душу населения. В статье [2] исследуется влияние инвестиций в ИКТ на производительность и рост ВВП для стран Азиатско-Тихоокеанского региона, авторами была выявлена существенная связь между этими показателями. Также стоит отметить работу [3], в которой применяется эконометрический подход к исследованию влияния ИКТ на основе производственной функции. Анализ статистических данных по экономике США с использованием данного подхода показал существенный вклад инвестиций в ИКТ в рост производительности.

В статье [4] рассматриваются условия готовности страны (на примере

Франции) к развитию цифровой экономики. Работа [5] исследует влияние степени развития высокоскоростных каналов передачи данных и Интернета на экономический рост стран ОЭСР.

Довольно значительное количество работ посвящено исследованию влияния цифровизации экономики на рынок труда и условия предпринимательской деятельности, на макроэкономическом уровне рассматривается Arntz M. и соавторами [6, 7], которые делают вывод, что основной проблемой на рынке труда в результате процессов цифровизации и автоматизации будет не массовая безработица, а структурные изменения в спросе на различные виды профессий и требованиях к квалификации работников. Fossen F. и Sorgner A. в целом подтверждают этот вывод и указывают на вероятный уход части работников в предпринимательскую деятельность и, таким образом, на рост предпринимательской активности [8]. Наконец, Goos M. с соавторами на примере европейских стран рассматривают соотношение высоко- и низкотехнологичных рабочих мест в различных странах, а также предлагают рекомендации, нацеленные на ускорение роста высокотехнологичной занятости в отстающих странах [9].

Одним из направлений исследований являются оценки степени цифровизации экономики с помощью различных индексов и иных показателей, агрегирующих данные по экономикам разных стран с последующим межстрановым сравнением. Например, предлагается<sup>2</sup> индекс цифровизации экономики страны, учитывающий развитие инфраструктуры, степень проникновения цифровых технологий в потребительскую, производственную сферы,

<sup>2</sup>Cámara N. DiGiX 2018: A Multidimensional Index of Digitization // BBVA Research, European Commission, 2019.

деятельность государства и т. д. Работа Европейской комиссии<sup>3</sup> описывает Индекс цифровой экономики и общества (DESI), в котором учитываются пять основных параметров – развитие систем связи, человеческий капитал, использование интернет-услуг, интеграция цифровых технологий и сфера госуслуг. В рамках индекса цифровизации<sup>4</sup> производится ранжирование различных стран мира по таким параметрам, как нормативно-правовая база, наука и образование, использование сети Интернет, инфраструктура и размер экономики.

Ряд работ посвящен иным аспектам процесса цифровизации. Так, анализируется экономическое влияние цифровых технологий в Европе с выделением различных этапов процесса цифровизации [10]. Набор показателей развития ИКТ используется для определения доступа к ИКТ, возможности их использования и расширения цифровых возможностей людей в различных общественно-экономических сферах. Статья посвящена Интернету вещей – новой технологии, позволяющей соединить несколько объектов (вещей) посредством сбора и обмена ими данными в реальном времени, что может затем использоваться для поддержки автоматизированного принятия решений такой системой и снизить издержки управления активами (например, складом предприятия) [11].

В России вопросы влияния цифровых технологий на экономическое развитие также активно рассматриваются как в целом, например, в работе [12], где предлагаются рекомендации

<sup>3</sup>Digital Economy and Society Index (DESI) – Fact Sheet. European Commission, Brussels, Hermes, 2018.

<sup>4</sup>MEASURING DIGITAGILITY – The enabling digitalization index (EDI): which countries are digital friendly? // Digitalization by Economic Research, Allianz, 2018.

относительно получения положительных результатов влияния мирового тренда цифровизации в России и [13] где делается вывод, что «традиционная экономика была основана на тиражировании однотипной продукции, которым было занято большинство работников, и лишь избранные создавали продукты. В новой экономике тиражирование уходит на второй план и появляется больше возможностей создавать новые продукты и рынки», так и по отдельным аспектам, например влияние на рынок труда, которое описывается в работе [14], в которой представлен «анализ актуальных глобальных экономических и технологических тенденций, влияющих на трансформацию рынка труда и формирование новых социально-экономических отношений в условиях становления цифровой экономики» и работе [15], предлагающей начать дискуссию о расширении понятия «трудоустройство» и «трудоустройство» из-за воздействия цифровой революции на правовое регулирование труда.

Исследуется роль государства в совершенствовании цифровой экономики в России, представлены рекомендации по развитию сектора государственных услуг [16]. Региональные аспекты развития цифровой экономики рассматриваются в работе [17], в которой «рассмотрены механизмы оценки влияния информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на ряд значимых показателей экономического и инновационного развития регионов, таких как показатель валового регионального продукта (в расчете на душу населения), инновационная активность предприятий, количество используемых инновационных технологий на уровне предприятий в регионе, объем реализованной инновационной продукции».

Таким образом, процесс цифровизации экономики исследуется достаточно

широко по различным аспектам, в том числе это касается и изучения влияния инвестиций в ИКТ на уровень ВВП, как показано в приведенном обзоре. В то же время использование эконометрического подхода к исследованию влияния ИКТ на основе производственной функции среди рассмотренных публикаций встречается в основном применительно к зарубежным странам. Публикаций по свежим российских статистическим данным на данную тему авторами не выявлено.

### 3. Методика

Происходящий в России процесс цифровизации экономики неизбежно связан с затратами, т. е. с инвестициями в цифровизацию. Вполне закономерным является вопрос об эффективности таких инвестиций. Существует достаточно большое количество методов оценки эффективности инвестиций. В данной статье рассматривается их общий экономический эффект, т. е. каково ожидаемое влияние этих инвестиций либо их отсутствия (недофинансирования) на объем валового внутреннего продукта.

В рамках имеющейся базы данных эффективность инвестиций (финансовых ресурсов) может быть проанализирована, например, по регионам или отраслям при наличии построенных соответствующих производственных функций.

Производственными функциями (в широком смысле) называют соотношения между используемыми производственными ресурсами (материальными, трудовыми, финансовыми, природными) и выпускаемой продукцией (неким конечным результатом) [18; 19]:

$$F(x, y, a) = 0, \quad (1)$$

где  $y$  – вектор продукции,  $x$  – вектор ресурсов,  $a$  – вектор параметров.

Такое описание связи между использованием ресурсов и результатами производства подразумевает, что не учитываются эффекты, связанные с продолжительностью производственного цикла. Это, в свою очередь, можно считать допустимым, предполагая, что единица времени, для которой строится производственная функция, значительно превосходит продолжительность производственного цикла. Вместо приведенного выше общего представления производственной функции часто используют ее частный случай – функцию выпуска:

$$y = \varphi(x, a), \quad (2)$$

С понятием производственной функции тесно связано понятие множества производственных возможностей, которое определяется как множество всех возможных сочетаний производственных затрат и выпусков:

$$\{x, y\} \in G(a), \quad (3)$$

где  $G(a)$  – некоторое множество в пространстве ресурсов и выпусков, зависящее от  $a$ . Переход от множества производственных возможностей к производственной функции (функции выпуска) требует построения подмножества всех эффективных (Парето-оптимальных) точек множества  $G(a)$  или его паретовой границы. Собственно, сама производственная функция и есть отображение границы Парето множества  $G(a)$ .

В современных международных исследованиях производственные функции применяются, например, для оценки влияния производственных ресурсов – факторов на экономический рост<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Digital globalization: The new era of global flows. Report McKinsey Global Institute. March 2016. Accessed at: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/digital-globalization-the-new-era-of-global-flows> (Last accessed 20.04.2020).

Определенный интерес представляет некая разновидность производственных функций, а именно – производственная функция знаний, отражающая связь инновационных усилий фирмы и результата в форме полученных полезных знаний. Анализ данной связи позволяет лучше понять характер инновационной активности фирмы для более эффективного управления ее ресурсами. Обзор значимых исследований по указанной теме содержится, например, в работах [20–22]. В них приведена эволюция подходов к описанию производственной функции знаний, выбору показателей для измерения инновационного входа и выхода.

Обратной к функции выпуска является функция затрат, описывающая соотношение между уровнем издержек на производство какого-либо продукта и произведенным его количеством. В отличие от функций выпуска, функции затрат чаще всего применяются для описания производства в относительно простых экономических системах. Разнообразие производственных объектов такого типа приводит к тому, что встречается большое число различных типов функций затрат. Данная тема нашла отражение, например, в [23; 24].

Рассмотрим наиболее часто используемую в экономико-математических исследованиях скалярную степенную производственную функцию:

$$\begin{aligned} p &= \pi(x) = \pi(x_1, x_2, \dots, x_n) = \\ &= a \prod_{j=1}^n x_j^{a_j} = ax_1^{a_1} x_2^{a_2} \dots x_n^{a_n}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $a$  – положительный параметр.

Предельная эффективность  $j$ -го ресурса имеет вид:

$$\frac{\partial p}{\partial x_j} = \frac{a_j}{x_j} \pi(x), \quad x_j > 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Средняя эффективность ресурса:

$$\frac{p}{x_j} = \frac{\pi(x)}{x_j} = ax_1^{a_1} x_2^{a_2} \dots x_j^{a_j-1} \dots x_n^{a_n}. \quad (6)$$

Существование неопределенных условий функционирования/развития экономических систем (а именно: наличие флуктуаций рыночной конъюнктуры, непредсказуемости поведения партнеров, производственно-технологических сбоев, ненадежности ресурсных поставок и других возможных возмущений) требует обеспечения для них экономической устойчивости, т. е. способности (свойства) при указанных возмущениях добиваться реализации своих целевых установок [25].

Оценка экономической устойчивости системы возможна на основе теории эластичности [26; 27]. При этом эластичность понимается как способность экономической системы нейтрализовать, демпфировать возмущения, испытывая при этом определенные «деформации» (потери) в достижении целевых установок, минуя, однако, полного их невыполнения. Величина потерь характеризует при прочих равных условиях и уровень эластичности – он тем выше, чем ниже потери, и наоборот. Последние являются своеобразной «платой» за неопределенность используемой в управлении информации. Свойство эластичности непосредственно «примыкает» к риск-устойчивости, ибо последняя определяется эластичностью и уровнем возможных возмущений, соответствующих оцениваемому варианту развития/функционирования экономической системы [28; 29].

Эластичность какого-либо объекта при заданной программе его развития/функционирования может быть описана с помощью некоей «платежной» вектор-функции или ее специального вида – функции эластичности  $f$ , аппроксимирующей связь между входными

возмущениями и отклонениями от плановых (программных) ориентиров. Определение и измерение эластичности в данном контексте представляется зеркальным переносом (распространением) этого понятия из разреза формирования продуктивности экономической системы (производственная функция) на разрез адаптации. Некоторые конкретные функции эластичности могут быть получены соответствующим преобразованием из известных типовых производственных функций.

Действительно, пусть для определенности  $p = \pi(x_1, x_2, \dots, x_N)$  – непрерывная, скалярная производственная функция;  $\pi(0) = 0$  и  $\pi(x_1^0, x_2^0, \dots, x_N^0) = p^0$  – условие первоначальной сбалансированности программы.

Предположим, нужно найти функцию эластичности  $\Theta = f(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_N)$ , где  $\Theta = (P^0 - \pi(x_1, x_2, \dots, x_N)) / P^0$ ,

$$\text{а } \Delta_j = (x_j^0 - x_j) / x_j^0.$$

Выражая  $x_j$  через  $\Delta_j$  и подставляя это выражение вместо  $x_j$ , имеем:

$$f(\Delta) = \Theta = 1 - \frac{1}{P^0} \times \pi[x_1^0 \times (1 - \Delta_1), x_2^0 \times (1 - \Delta_2), \dots, x_N^0 \times (1 - \Delta_N)]. \quad (7)$$

С позиции вышесказанного для степенной производственной функции (4) функция эластичности будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \Theta = f(\Delta) &= 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \Delta_j)^{a_j} = \\ &= 1 - (1 - \Delta_1)^{a_1} (1 - \Delta_2)^{a_2} \dots (1 - \Delta_n)^{a_n}, \quad (8) \end{aligned}$$

где

$$\Theta = \frac{P^0 - P}{P^0}; \Delta_j = \frac{x_j^0 - x_j}{x_j^0}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

Функция эластичности может применяться для анализа эффективности ресурсов (инвестиций) в случае

предполагаемого недофинансирования некоего экономического субъекта.

В самом деле, из (9) имеем:

$$\frac{p}{x_j} = \frac{p^0(1-\Theta)}{x_j^0(1-\Delta_j)}, \text{ если } \Theta < \Delta_j,$$

т. е. субъект обладает по отношению к недопоставкам  $j$ -го ресурса адаптивной (компенсирующей) способностью, то эффективность использования данного ресурса в этом случае возрастает по сравнению с нормативной (плановой, программной); если  $\Theta > \Delta_j$ , то эффективность уменьшается; при равенстве данных параметров последняя остается неизменной.

Отметим, что формальная связь между производственной функцией и функцией  $f$  не должна скрывать их принципиального различия, заключающегося в том, что они представляют разные разрезы программы (плана) развития/функционирования экономической системы: первая моделирует механизм формирования плановых (программных) заданий, вторая – механизм их стабилизации, а точнее (и в более широкой интерпретации) механизм адаптации, заложенный в данной программе. Последний проявляет свое действие лишь в случае нарушения предполагаемых условий реализации программы и значит, вообще говоря, при нарушении условий формирования производственной функции выбранного программного варианта. Таким образом, преобразование (4) фиксирует в  $f$  как бы общую часть или «пересечение» указанных разрезов. Так, взаимозаменяемость ресурсов-факторов является одной из характеристик производственного процесса, процесса формирования результатов и одновременно предпосылкой маневрирования. Но, например, резервы по своему принципиальному назначению есть атрибут лишь адаптивного

разреза плана, ибо производственная функция всегда описывает предельные возможности производства.

#### 4. Влияние вложений в цифровизацию российской экономики

При рассмотрении проблемы анализа эффективности инвестиций в цифровой (информационно-коммуникационный) сектор российской экономики встает вопрос построения функции, определяющей связь результирующего показателя, в качестве которого было выбрано значение ВРП на душу населения в различных регионах России, и показателей-аргументов, в качестве которых рассматривались величины основных фондов в традиционном секторе экономики, а также в области ИКТ и связи, доля занятых в этих же секторах, затраты на ИКТ и т. д. В качестве исходных данных использовались статистические показатели из сборников<sup>6</sup>. Проведен регрессионный анализ и расчеты параметров функции Кобба–Дугласа, которая в данной ситуации выглядит наиболее подходящей для описания подобного рода зависимости, для различных спецификаций модели кросс-секционной регрессии [30]. Эти результаты получены для фактических данных по 85 регионам России, для периода 2015–2018 гг., причем для каждого года были определены параметры функции Кобба–Дугласа.

<sup>6</sup> Информационное общество в Российской Федерации. 2019 : стат. сб. [Электронный ресурс] / М. А. Сабельникова, Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, О. Ю. Дудорова и др. ; Росстат ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – Электрон. текст дан. – М., 2019. – 195 с. ; Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019 : стат. сб. / Росстат. – М., 2019. – 1204 с. ; Индикаторы цифровой экономики: 2019 : стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневецкий, Л. М. Гохберг и др. ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М., 2019. – 248 с.

В данной работе авторы опираются на эти результаты и развивают их с целью проверки ожидаемого воздействия национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», ее планируемых показателей социально-экономического развития и планового уровня внутренних затрат на развитие цифровой экономики в ближайшие годы.

Формальный срок действия данной национальной программы – с 1 октября 2018 г. по 31 декабря 2024 г. В то же время имеющиеся фактические данные по регионам заканчиваются 2018 г. Поэтому оценить фактическое воздействие национальной программы в настоящий момент не представляется возможным. Однако есть возможность осуществить прогноз воздействия некоторых ее индикаторов, в частности внутренних затрат на развитие цифровой экономики через построение производственной функции Кобба–Дугласа на основе прогнозных значений ряда показателей, выступающих в качестве аргументов в функции Кобба–Дугласа, значения которых определяются на основании имеющейся статистической информации по российским регионам. Для предварительного анализа выполнения программы на основе имеющейся статистики за 2015–2018 гг. были определены для 2019–2020 гг. прогнозные значения следующих показателей цифровизации экономики России:

1.  $\frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}}$  – величина основных фондов в традиционном секторе в расчете на одного занятого в традиционном секторе в  $i$ -м регионе РФ, тыс. руб./чел.

на одного занятого в традиционном секторе в  $i$ -м регионе РФ, тыс. руб./чел.

2.  $\frac{K_{dig,i}}{L_{dig,i}}$  – величина основных фондов в области информационной и коммуникационной деятельности в расчете на одного занятого в области информационной и коммуникационной

деятельности в  $i$ -м регионе РФ, тыс. руб./чел.

деятельности в  $i$ -м регионе РФ, тыс. руб./чел.

3.  $\frac{C_{dig,i}}{N_i}$  – реальные затраты на ин-

формационные и коммуникационные технологии в расчете на душу населения в ценах 2015 г. в  $i$ -м регионе РФ, тыс. руб./чел.

4.  $l_{tr,i}$  – доля занятых в традиционных видах экономической деятельности в  $i$ -м регионе РФ.

В качестве функционального показателя выступает валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения, руб./чел. Денежные показатели среди вышеприведенных взяты в реальном выражении в ценах 2015 г. Гипотеза о значимом влиянии показателей-аргументов на значение функционального показателя была частично подтверждена в работе [31].

Для расчета прогнозных значений по показателям  $\frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}}$  и  $\frac{C_{dig,i}}{N_i}$  получены

уравнения парной регрессии зависимости показателей от периода времени:

$$\left( \frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}} \right)_t = \theta_0 + \theta_1 t + \varepsilon_t$$

$$\left( \frac{C_{dig,i}}{N_i} \right)_t = \theta_0 + \theta_1 t + \varepsilon_t. \quad (10)$$

Для прогнозирования значений этих показателей использовалась линейная регрессия для каждого отдельного региона по имеющимся 4 точкам данных (2015, 2016, 2017 и 2018 гг.). Поскольку точность такого прогнозирования невысока, оно осуществлялось только на 2019 и 2020 гг. Следует, однако, отметить, что низкая точность прогнозирования для отдельного региона в известной степени компенсируется большим количеством самих регионов, для которых выполнялось такое прогнозирование.



По показателям  $\frac{K_{dig,i}}{L_{dig,i}}$  и  $l_{tr,i}$  в 2015–2016 гг. Росстатом представлены значения для отрасли «Связь», а в 2017–2018 гг. – «Информация и связь», т. е. в эти показатели были включены дополнительные работники. Это нарушает тренд и делает бессмысленным построение линейной регрессии на основе периода 2015–2018 гг. Поэтому для расчета прогнозных значений был использован метод экстраполяции на основе среднего темпа роста показателей за два промежутка времени, а именно темпов роста в 2015–2016 гг. и 2017–2018 гг.:

$$\left(\frac{K_{dig,i}}{L_{dig,i}}\right)'_t = \sqrt{\Delta\left(\frac{K_{dig,i}}{L_{dig,i}}\right)_{2015-2016} \Delta\left(\frac{K_{dig,i}}{L_{dig,i}}\right)_{2017-2018} \left(\frac{K_{dig,i}}{L_{dig,i}}\right)_{t-1}}, \quad (11)$$

$$\left(l_{tr,i}\right)'_t = \sqrt{\Delta\left(l_{tr,i}\right)_{2015-2016} \Delta\left(l_{tr,i}\right)_{2017-2018} \left(l_{tr,i}\right)_{t-1}}, \quad (12)$$

где  $(...)'_t$  – прогнозное значение соответствующего показателя в период  $t$ ;  $\Delta(...)_{2015-2016}$  – темп роста соответствующего показателя в 2015–2016 гг.;  $\Delta(...)_{2017-2018}$  – темп роста соответствующего показателя в 2017–2018 гг.

Далее на основе имеющейся статистики и полученных прогнозных значений была проведена оценка параметров производственной функции Кобба–Дугласа в интенсивной форме для каждого из 2015–2020 гг. В качестве параметров функции выступают указанные выше денежные факторы, которые включены в форме степенной функции, и натуральный показатель, включенный в форме экспоненциальной

функции. В качестве показателя выпуска выступает реальный валовой региональный продукт в расчете на душу населения в ценах 2015 г. в  $i$ -м регионе РФ:

$$\frac{Y_i}{N_i} = A_i \left(\frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}}\right)^{\alpha_1} \left(\frac{K_{dig,i}}{L_{dig,i}}\right)^{\alpha_2} \left(\frac{C_{dig,i}}{N_i}\right)^{\alpha_3} e^{\gamma l_{tr,i}}, \quad (13)$$

где  $\frac{Y_i}{N_i}$  – реальный валовой региональный продукт в расчете на душу населения в ценах 2015-го г. в  $i$ -м регионе РФ, руб./чел.;  $A_i$  – общая факторная производительность в  $i$ -м регионе РФ;  $\alpha_1$  – коэффициент эластичности ВРП на душу населения в  $i$ -м регионе РФ по фондовооруженности традиционными основными фондами;  $\alpha_2$  – коэффициент эластичности ВРП на душу населения в  $i$ -м регионе РФ по фондовооруженности цифровыми основными фондами;  $\alpha_3$  – коэффициент эластичности ВРП на душу населения в  $i$ -м регионе РФ по затратам на информационные и коммуникационные технологии на душу населения;  $\gamma$  – коэффициент, который показывает рост реального ВРП на душу населения при увеличении занятости в традиционном секторе на 1 процент.

Оценка параметров произведена на основе данных за каждый из 2015–2020 гг. по 85 субъектам Федерации путем применения МНК к логарифмированной производственной функции:

$$\ln\left(\frac{Y_i}{N_i}\right) = \ln(A_i) + \alpha_1 \ln\left(\frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}}\right) + \alpha_2 \ln\left(\frac{K_{dig,i}}{L_{dig,i}}\right) + \alpha_3 \ln\left(\frac{C_{dig,i}}{N_i}\right) + \gamma l_{tr,i} + \varepsilon_i, \quad (14)$$

где  $\varepsilon_i$  – случайная ошибка измерения в  $i$ -м регионе.

Расчеты выполнены с помощью языка программирования  $R$ . В результате получены оценки эластичностей параметров производственной функции Кобба – Дугласа, представленные в табл. 1. В скобках указаны стандартные отклонения полученных оценок. Уровень значимости задан как: \*\*\*= $p < 0,001$ ; \*\*= $p < 0,01$ ; \*= $p < 0,05$ .

Из данных табл. 1 видно, что на протяжении 2015–2020 гг. не значим коэффициент эластичности ВРП на душу населения в  $i$ -м регионе РФ по фондовооруженности цифровыми основными фондами ( $\alpha_2$ ), т. е. на ВРП на душу населения не оказывает влияние изменение фондовооруженности цифровыми основными фондами. Такой результат можно объяснить накоплением необходимого на текущем этапе развития экономики

России уровня фондовооруженности в сфере информационно-коммуникационных технологий, поэтому не оказывается воздействие именно изменения данного показателя на ВРП на душу населения. При этом сама фондовооруженность цифровыми основными фондами должна оказывать положительное влияние. Проведем оценку производственной функции без параметра величины основных фондов в расчете на одного занятого в области информационной и коммуникационной деятельности в  $i$ -м регионе РФ (табл. 2). Отметим, что после исключения параметра из модели скорректированный коэффициент детерминации практически не изменился, а в прогнозные годы даже увеличился, что подтверждает крайне низкое влияние исключенного показателя.

Полученные результаты демонстрируют возрастающую роль

Таблица 1. Оценки эластичностей параметров производственной функции Кобба – Дугласа для ВРП субъектов РФ в 2015–2020 гг.

Table 1. Evaluation of elasticity parameters of the Cobb-Douglas production function for the Russian regions GRP in 2015–2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
$\ln(A_i)$	9,966*** (0,569)	9,699*** (0,633)	9,704*** (0,554)	8,666*** (0,571)	9,160*** (0,596)	8,795*** (0,605)
$\alpha_1$	0,482*** (0,050)	0,475*** (0,051)	0,510*** (0,054)	0,586*** (0,055)	0,636*** (0,055)	0,672*** (0,058)
$\alpha_2$	0,064 (0,055)	0,091 (0,053)	0,057 (0,054)	0,106 (0,061)	0,008 (0,068)	0,022 (0,062)
$\alpha_3$	0,094* (0,036)	0,105* (0,043)	0,116* (0,044)	0,134** (0,045)	0,087** (0,031)	0,076* (0,031)
$\gamma$	1,925*** (0,248)	1,812*** (0,263)	1,760*** (0,253)	1,649*** (0,254)	1,674*** (0,244)	1,653*** (0,233)
$R^2$	0,920	0,926	0,927	0,930	0,920	0,917
скор. $R^2$	0,916	0,923	0,924	0,926	0,916	0,912
$F$	236,817	257,081	261,727	270,735	221,499	206,395
$p$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Источник: оценка авторов.

фондовооруженности в традиционных секторах экономики. Параметры цифровой же составляющей не имеют столь существенного влияния. Так, влияние изменения затрат на информационно-коммуникационные технологии возрастает до 2018 г., но далее снижается, что может так же быть объяснено достижением насыщенности экономики цифровыми технологиями. Это, в свою очередь, приводит к снижающейся предельной производственной отдаче каждой последующей единицы информационно-коммуникационных технологий, что и объясняет затухающее влияние таких затрат на ВРП на душу населения. Снижающийся коэффициент роста реального ВРП на душу населения при увеличении занятости в традиционном секторе на 1% свидетельствует об исчерпании роста экономики за счет привлечения большего количества труда. В совокупности с возрастающим

коэффициентом эластичности ВРП на душу населения по фондовооруженности в традиционных секторах экономики это свидетельствует о необходимости увеличения инвестиций в основной капитал, которые на текущем этапе не достаточны для обеспечения устойчивого роста экономики России, но которые оказывают первоепенное воздействие через повышение производительности рабочей силы [32].

Полученные оценки позволяют записать производственные функции Кобба–Дугласа для экономики России в региональном аспекте без выделения влияния специфики регионов по годам:

2015:

$$\frac{Y_i}{N_i} = 30454,83 \left( \frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}} \right)^{0,502} \left( \frac{C_{dig,i}}{N_i} \right)^{0,094} e^{1,911I_{tr,i}};$$

2016:

$$\frac{Y_i}{N_i} = 32048,32 \left( \frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}} \right)^{0,488} \left( \frac{C_{dig,i}}{N_i} \right)^{0,109} e^{1,853I_{tr,i}};$$

Таблица 2. Оценки эластичностей параметров производственной функции Кобба – Дугласа для ВРП субъектов РФ в 2015–2020 гг. без  $\alpha_2$ .

Table 2. Evaluation of elasticity parameters of the Cobb-Douglas production function for the Russian regions GRP in 2015–2020 without  $\alpha_2$ .

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
$\ln(A_i)$	10,324*** (0,480)	10,375*** (0,502)	9,972*** (0,491)	9,139*** (0,507)	9,200*** (0,497)	8,901*** (0,523)
$\alpha_1$	0,502*** (0,047)	0,488*** (0,051)	0,527*** (0,051)	0,621*** (0,051)	0,639*** (0,049)	0,680*** (0,053)
$\alpha_3$	0,094* (0,036)	0,109* (0,043)	0,121** (0,044)	0,143** (0,045)	0,088** (0,030)	0,076* (0,030)
$\gamma$	1,911*** (0,248)	1,853*** (0,265)	1,695*** (0,245)	1,528*** (0,247)	1,667*** (0,236)	1,637*** (0,228)
$R^2$	0,919	0,923	0,926	0,927	0,920	0,917
скор. $R^2$	0,916	0,921	0,924	0,924	0,917	0,913
$F$	313,988	333,847	348,176	351,669	299,104	278,354
$p$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Источник: оценка авторов.

2017:

$$\frac{Y_i}{N_i} = 21418,28 \left( \frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}} \right)^{0,527} \left( \frac{C_{dig,i}}{N_i} \right)^{0,121} e^{1,695l_{tr,i}};$$

2018:

$$\frac{Y_i}{N_i} = 9311,495 \left( \frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}} \right)^{0,621} \left( \frac{C_{dig,i}}{N_i} \right)^{0,143} e^{1,528l_{tr,i}};$$

2019:

$$\frac{Y_i}{N_i} = 9897,129 \left( \frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}} \right)^{0,639} \left( \frac{C_{dig,i}}{N_i} \right)^{0,088} e^{1,667l_{tr,i}};$$

2015:

$$\frac{Y_i}{N_i} = 7339,31 \left( \frac{K_{tr,i}}{L_{tr,i}} \right)^{0,680} \left( \frac{C_{dig,i}}{N_i} \right)^{0,076} e^{1,637l_{tr,i}}.$$

Следующим этапом является применение полученных прогнозных производственных функций к показателям национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»<sup>7</sup>. В частности, в полученной производственной функции одним из аргументов выступают затраты на информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) в расчете на душу населения, причем к этим затратам нами были отнесены статистические данные по затратам на информатизацию и связь в абсолютном (денежном) выражении. Таким образом, используя подобный показатель из программы «Цифровая экономика Российской Федерации» можно определить ожидаемое воздействие этих затрат на валовой внутренний продукт. Проблемой тут являются несовместимость данных по плановым затратам, приводимым в указанной программе, в которой используется показатель «внутренние затраты на развитие цифровой экономики за счет всех источников», представленный как доля

<sup>7</sup>Направления реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 11.03.2020).

от ВВП, что не эквивалентно затратам на ИКТ, используемым в производственной функции.

Переход от внутренних затрат на развитие цифровой экономики к затратам на ИКТ, по нашему мнению, может быть произведен следующим образом.

Определим абсолютные значения внутренних затрат на развитие цифровой экономики. В программе эти затраты даны для периода 2017–2024 гг., однако нас интересует период 2017–2020 гг., далее 2020 г. нами прогноз в данной статье не строится. Для определения значений реального ВВП в ценах 2017 г. нами используется Среднесрочный прогноз социально-экономического развития Российской Федерации до 2024 г. (базовый вариант)<sup>8</sup>, который был представлен Минэкономразвития в 2018 г., т. е. данный прогноз был разработан примерно в то же время, что и прогнозные индикаторы программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Он содержит, в частности, следующие прогнозные значения по ВВП и связанным с ним параметрам (табл. 3).

Используя эти данные, можно определить значения реального ВВП в ценах 2017 г. за период 2017–2020 гг. и после этого абсолютные значения внутренних затрат на развитие цифровой экономики (табл. 4).

Далее в табл. 5 определяется соотношение между внутренними затратами на развитие цифровой экономики к затратам на ИКТ для 2017 и 2018 гг., по которым имеются фактические данные по затратам на ИКТ.

<sup>8</sup>Приложение 6 к Среднесрочному прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации до 2024 года (базовый вариант). Режим доступа: <https://www.economy.gov.ru/material/file/baa3709f2a33facdd290d13136287470/Prognoz.zip> (дата обращения: 15.04.2020).

Таблица 3. Данные макроэкономического прогноза на 2018–2024 гг. (базовый вариант)

Table 3. Macroeconomic forecast data for 2018–2024 (basic variant)

Валовой внутренний продукт	Единица измерения	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Номинальный объем	млрд руб.	103876	108414	112863
Темп роста	% г/г	102,3	101,3	101,7
Индекс-дефлятор ВВП	% г/г	110,3	103,1	102,4

*Источник:* Составлено авторами на основе Приложение 6 к Среднесрочному прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации до 2024 г. (базовый вариант). Режим доступа: <https://www.economy.gov.ru/material/file/baa3709f2a33facdd290d13136287470/Prognoz.zip> (дата обращения: 15.04.2020).

Таблица 4. Расчет внутренних затрат на развитие цифровой экономики в абсолютном выражении

Table 4. Computation of internal expenditures on development of digital economy in absolute terms

Годы	2017	2018	2019	2020
Реальный ВВП в ценах 2017 г., млрд руб.	92099	94176	95356	96976
Внутренние затраты на развитие цифровой экономики, % от ВВП (взято из программы «Цифровая экономика Российской Федерации»)	1,7	1,9	2,2	2,5
Внутренние затраты на развитие цифровой экономики, млрд руб.	1566	1789	2098	2424

*Источник:* составлено авторами.

Таблица 5. Расчет соотношения между внутренними затратами на развитие цифровой экономики и затратами на ИКТ

Table 5. Computation of interrelation between internal expenditures on development of digital economy and expenditures on the ICT

Годы	2017	2018	2019	2020
Затраты на ИКТ на душу населения, тыс. руб./чел.	10,128	11,4194	–	–
Численность населения РФ, тыс. чел.	146674,5	146842,4	–	–
Затраты на ИКТ, млрд руб.	1487	1676	–	–
Отношение внутренних затрат на развитие цифровой экономики к затратам на ИКТ	1,053	1,067	–	–
Прогнозные значения затрат на ИКТ (последняя строчка табл. 2 умноженная на 1/1,06)	–	–	1979	2287

*Источник:* оценка авторов.

Таким образом, можно говорить о хорошем согласии расчетных данных по внутренним затратам на развитие цифровой экономики и затратам на ИКТ, первый показатель превышает второй в среднем всего на 6,0% в период 2017–2018 гг. Поэтому прогнозные значения внутренних затрат на развитие цифровой экономики на 2019 и 2020 гг. могут быть скорректированы до прогнозных значений затрат на ИКТ путем умножения первых на коэффициент 1/1,06 (см. последнюю строчку табл. 5).

Для возвращения к используемому в производственной функции показателю «затраты на ИКТ на душу населения, тыс. руб./чел.» используем данные Росстата по населению России в 2019 и 2020 гг., которая составила соответственно 146,8 и 146,7 млн чел.<sup>9</sup> Таким образом, плановое значение данного показателя в 2019 г. составило 13,479 и в 2020 г. 15,587 тыс. руб./чел.

Наконец, нам необходимо привести полученные результаты в реальном выражении для 2017 г. к 2015 г., поскольку все остальные денежные показатели, использованные в расчетах производственной функции, приведены к 2015 г. Для этого данные показатели необходимо разделить на индекс-дефлятор ВВП за 2017 г. к 2015 г., который составляет 1,026. Таким образом, в ценах 2015 г. плановые прогнозные значения реальных затрат на ИКТ составляют 13,136 и 15,190 тыс. руб./чел. в 2019 и 2020 гг., соответственно.

Поскольку представленные выше производственные функции по годам были определены на основе регионального среза, а национальная программа представлена на федеральном уровне, необходимо определить фактические значения реальных затрат на ИКТ

<sup>9</sup>Росстат: численность населения. Режим доступа: <https://www.gks.ru/storage/mediabank/demo11.xls> (дата обращения: 15.05.2020).

по России. В нашем случае данный показатель измеряется в тыс. руб. на 1 человека, поэтому для определения показателя по России усредним прогнозные значения показателей в 2019 и 2020 гг., взвесив их значения по населению соответствующего региона. Для определения прогнозных значений населения построены уравнения парной регрессии зависимости показателей от периода времени  $(N_i)_t = \theta_0 + \theta_1 t + \varepsilon_t$ . Прогнозные фактические значения реальных затрат на ИКТ в России получены путем расчета взвешенных средних:

$$\frac{C_{dig}}{N} = \frac{\sum_i \left( \frac{C_{dig,i}}{N_i} \cdot N_i \right)}{\sum_i N_i}.$$

В результате получено, что в ценах 2015 г. фактические прогнозные значения реальных затрат на ИКТ составляют 11,83 и 13,18 тыс. руб./чел. в 2019 и 2020 гг., соответственно.

Полученные плановые и фактические прогнозные значения реальных затрат на ИКТ в России позволяют провести анализ эффективности инвестиций в цифровизацию экономики. Эластичность производственной функции по реальным затратам на информационные и коммуникационные технологии в расчете на душу населения в ценах 2015 г. в 2019 гг. составляет 0,088, а в 2020 г. снизилась до 0,076. При этом отклонение самих затрат фактических от нормативных  $\Delta \frac{C_{dig,i}}{N_i}$ , в нашем

случае плановых, составляет 0,099 в 2019 г. и 0,132 в 2020 г. Следовательно, сохранение динамики затрат на цифровизацию на уровне темпов роста 2015–2018 гг. приведет к фактическим значениям ниже плановых в 2019–2020 гг. Это означает, что в 2019 г. фактическое недофинансирование приведет

к потере 0,87% ВВП на душу населения, а в 2020 г. потери составят 1,004% ВВП на душу населения. Отметим, что в связи с мерами по борьбе с распространением коронавирусной инфекции, принятыми в 2020 г., величина данных потерь окажется еще больше. Однако оценить их сейчас не представляется возможным, поэтому для простоты рассматривается ситуация без учета влияния на экономику изменения в 2020 г. эпидемиологической ситуации. Превышение отклонения фактических затрат от плановых над эластичностью производственной функции по реальным затратам на информационные и коммуникационные технологии в расчете на душу населения говорит о том, что экономика обладает по отношению к недофинансированию цифрового развития адаптивной способностью. Увеличение финансирования обладает высокой отдачей, что приведет к росту ВВП на душу населения и, следовательно, свидетельствует о необходимости стимулирования инвестиций в цифровое развитие.

## 5. Заключение

Цифровая трансформация является общим трендом развития экономик стран на текущий момент времени. Можно сказать, что представленные оценки показали необходимость достижения определенного уровня развития для получения больших выгод от цифровизации. В России проявляется возрастающая роль фондовооруженности в традиционных секторах экономики. Параметры цифровой же составляющей не имеют столь существенного влияния. При этом возможности экстенсивного роста в традиционных секторах экономики уже не столь ярко выражены. Требуется увеличение инвестиций в основной капитал, которые на текущем этапе не достаточны для обеспечения

устойчивого роста экономики России. В первую же очередь необходимо внедрение новых производственных технологий и общая модернизация экономики России. В данный процесс органично включится и рост ее цифровой обеспеченности.

Анализ эффективности инвестиций в цифровизацию экономики показал, что по факту проявляется недостаточное вложение в цифровые технологии по сравнению с плановыми значениями. Такое недофинансирование приводит к потерям ВВП на душу населения, которые в дальнейшем, как ожидается, будут возрастать. Негативным фактором, который только усилит потери ВВП на душу населения, станет и сложная эпидемиологическая ситуация, сложившаяся в стране и во всем мире, обусловленная распространением коронавирусной инфекции. При этом полученные оценки свидетельствуют о превышении отклонения фактических затрат от плановых над эластичностью, оцененной в работе с помощью производственной функции по реальным затратам на информационные и коммуникационные технологии в расчете на душу населения. Следовательно, экономика России обладает адаптивной способностью и увеличение фактического финансирования по национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» даст положительный прирост ВВП на душу населения.

В целом предложенный подход может быть применен как на этапе разработки программ и проектов развития экономических систем, так и на стадии реализации в процессе выявления возможных возмущений и корректировки целей и путей их достижения. Применение модели эластичности дает оценку отклонений целевых показателей в условиях различных изменений внешней среды по сравнению

с прогнозными. Далее могут быть рассчитаны показатели риск-устойчивости (надежности) для разных уровней возмущений. Результаты расчетов предполагается использовать для научного обоснования совершенствования механизма управления программой с целью повышения ее экономической надежности, результативности, а значит, адаптивности и устойчивости соответствующей экономической системы.

Применение предлагаемой методики оценки влияния инвестиций в цифровизацию на экономику России связано с некоторыми сложностями. Во-первых, существует достаточно большой лаг публикуемой статистики, что не дает провести своевременную оценку как влияния инвестиций на ВВП России или ВРП субъектов на душу населения, так и оценить устойчивость экономической системы на основе фактических показателей. Во-вторых, существует расхождение показателей плановых, представленных в национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации», и фактических, представленных в статистических сборниках. В-третьих, из-за малого горизонта реализации национальной программы, а именно с 2018 г. по 2024 г., для адекватной оценки ее последствий необходимы показатели в региональном

разрезе. Если фактические данные доступны по регионам, плановые показатели даны на федеральном уровне. Частично представленные проблемы решаются путем прогнозирования ряда показателей для применения методики. Однако такой подход, хотя и дает определенные результаты, вместе с тем приводит к снижению точности полученных оценок.

В дальнейшем развитие работы видится в следующих направлениях. Расширение количества учитываемых показателей позволит дать более точную оценку национальной программы в плане инвестиций в цифровую трансформацию экономики России. Также требуется уточнение производственной функции как минимум двумя способами. Первое – это уточнение факторов, влияющих на ВРП регионов, например, проверка для каждого года влияния показателей цифровизации. Второе – выявление наличия влияния индивидуальных эффектов регионов на производственную функцию, например на основе построения моделей панельных данных. Если проверка панельных моделей даст положительные результаты, то это будет свидетельствовать о наличии индивидуальной траектории развития экономик регионов при цифровой трансформации.

#### Список использованных источников

1. *Mićić L.* Digital transformation and its influence on GDP // *ECONOMICS*. 2017. Vol. 5, No. 2. Pp. 135–147. DOI: 10.1515/eoik-2017–0028.
2. *Kraemer K. L., Dedrick J.* Payoffs from Investment in Information Technology: Lessons from the Asia-Pacific Region. Irvine: Center for Research on Information Technology and Organizations University of California, 1994. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://escholarship.org/content/qt5dk833z0/qt5dk833z0.pdf?t=lnpavz>.
3. *Jorgenson D., Stiroh K.* Raising the Speed Limit: U. S. Economic Growth in the Information Age // *Brookings Papers on Economic Activity*. Brookings Institution Press, 2000, Issue 1. Pp. 125–210. DOI: 10.1353/eca.2000.0008.
4. *Colin N.* Économie numérique // *Notes du Conseil d'Analyse économique*. 2015. Vol. 7, No. 26. Pp. 1–12. DOI: 10.3917/naec.026.0001.
5. *Czernich N., Falck O., Kretschmer T., Woessmann L.* Broadband infrastructure and economic growth // *Economic Journal*. 2011. Vol. 121, Issue 552. Pp. 505–532. DOI: 10.1111/j.1468–0297.2011.02420.x.



6. *Arntz M., Gregory T., Zierahn U.* Digitalization and the future of work: macroeconomic consequences // Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics / Edited by K. F. Zimmermann. ZEW – Centre for European Economic Research Discussion Paper No. 19–024, 2019. DOI: 10.2139/ssrn.3413653.
7. *Arntz M., Gregory T., Zierahn U.* Technology and the future of work aggregate employment effects of digitization // IZA Conference Proceeding Paper. Institute of Labor Economics, 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ibs.org.pl/app/uploads/2017/11/C.-Ulrich-Zierahn.pdf>.
8. *Fossen F. M., Sorgner A.* The effects of digitalization on employment and entrepreneurship // Academy of Management Proceedings. Vol. 2019, No. 1 / Edited by G. Atinc. New York: Academy of Management, 2019. DOI: 10.5465/AMBPP.2019.11095abstract.
9. *Goos M., Konings J., Vandeweyer M.* Employment growth in Europe: the roles of innovation, local job multipliers and institutions // SSRN Electronic Journal. 2015. DOI: 10.2139/ssrn.2671765.
10. *Evangelista R., Guerrieri P., Meliciani V.* The economic impact of digital technologies in Europe // Economics of Innovation and New Technology. 2014. Vol. 23, No. 8. Pp. 802–824. DOI: 10.1080/10438599.2014.918438.
11. *Mostafa N., Hamdy W., Alawady H.* Impacts of Internet of Things on Supply Chains: A Framework for Warehousing // Social Sciences. 2019. Vol. 8, Issue 3. P. 84. DOI: 10.3390/socsci8030084.
12. *Халин В. Г., Чернова Г. В.* Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // Управленческое консультирование. 2018. № 10. С. 46–63. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63.
13. *Буанкина А. О.* Цифровые технологии и их роль в современной экономике // Экономика и социум: современные модели развития. 2017. Т. 7, № 2. С. 15–25.
14. *Головенчик Г. Г.* Трансформация рынка труда в цифровой экономике // Цифровая трансформация. 2018. № 4(5). С. 27–43.
15. *Люттов Н. Л.* Трансформация трудового правоотношения и новые формы занятости в условиях цифровой экономики // Журнал российского права. 2019. № 7. С. 115–130. DOI: 10.12737/jrl.2019.7.10.
16. *Благих И. А., Ващук А. Э., Громов И. А., Титов В. О.* Методологические проблемы развития государственных услуг в цифровой экономике // Проблемы современной экономики. 2018. № 3. С. 232–238.
17. *Попов Е. В., Семячков К. А., Симонова В. Л.* Оценка влияния информационно-коммуникационных технологий на инновационную активность регионов // Финансы и кредит. 2016. № 46 (718). С. 46–60.
18. *Долан Э. Дж., Линдсей Д. Е.* Рынок: микроэкономическая модель. СПб.: Питер, 2013. 321 с.
19. *Доугерти К.* Введение в эконометрику. М.: Финансы и статистика, 2001. 432 с.
20. *Aghion P., Van Reenen J., Zingales L.* Innovation and institutional ownership // American Economic Review. 2013. Vol. 103, Issue 1. P. 277–304. DOI: 10.1257/aer.103.1.277.
21. *Audretsch D., Acs Z., Braunerhjelm P., Carlsson B.* Growth and entrepreneurship // Small Business Economics. 2012. Vol. 39. Pp. 289–300. DOI: 10.1007/s11187-010-9307-2.
22. *Garcia-Vega M., Hoffmann P., Kneller R.* The internationalization of R&D and the knowledge production function // Nottingham University Business School Research Paper. No. 2012/02. Nottingham University, 2012. DOI: 10.2139/ssrn.2017560.
23. *Allen R. G. D.* Mathematical Economics. Second edition. London: Macmillan and Co LTD; New York: St. Martin's Press, 1960.
24. *Renshaw G.* Maths for Economics. New York: Oxford University Press, 2005.
25. *Карпович А. И., Литвинцева Г. П.* Характеристики устойчивости экономической системы и их взаимосвязь // Вестник НГУЭУ. 2018. № 1. С. 49–56.
26. *Lancaster K. J.* Mathematical Economics. New York: Macmillan, 1968.

27. *Bocken N. M. P., Short S. W., Rana P., Evans S.* A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes // *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 65. Pp. 42–56. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.039.

28. *Litvintseva G. P., Karpovich A. I.* Application of elasticity theory for assessment of social and economic system sustainability // *Advances in Economics, Business and Management Research*. 2020. Vol. 131: *New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED2019)*. Pp. 707–712. DOI: 10.2991/aebmr.k.200324.131.

29. *Badmaeva V. G., Litvintseva G. P., Karpovich A. I.* Grounds for changing the strategy of the international company based on the analysis of the production and elasticity functions // *14 International Forum on Strategic Technology (IFOST 2019)*. Tomsk: TPU Publ. House, 2019. Pp. 717–720.

30. *Karelin I. N.* Dependence of wages on the duration of training and length of service in the Russian economy sectors // *Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE-2018)*. Novosibirsk: Izd-vo NGTU. 2018. Vol. 1. Pp. 379–383. DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545941.

31. *Aletdinova A. A., Koritsky A. V.* Comparative Analysis of the Return on Human Capital in the European and Asian Regions of Russia // *Regional Research of Russia*. 2020. Vol. 10, No. 2. Pp. 213–219. DOI: 10.1134/S2079970520020033.

32. *Гильмундинов В. М.* Моделирование влияния макроэкономической политики на экономику России. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2019. 160 с.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### **Петров Сергей Павлович**

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и прикладной экономики Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск, Россия (630073, г. Новосибирск, пр-т Карла Маркса, 20); ORCID 0000-0002-6330-3602; e-mail: petrov.s.p@mail.ru.

### **Маслов Михаил Павлович**

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и прикладной экономики Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск, Россия (630073, г. Новосибирск, пр-т Карла Маркса, 20); ORCID 0000-0001-5410-7549; e-mail: feraj@mail.ru.

### **Карпович Алексей Иванович**

Доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории и прикладной экономики Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск, Россия (630073, г. Новосибирск, пр-т Карла Маркса, 20); ORCID 0000-0003-1451-2587; e-mail: karpovich383@gmail.com.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00195.

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Петров С. П., Маслов М. П., Карпович А. И. Влияние инвестиций в развитие цифровой экономики на объем валового внутреннего продукта России // *Journal of Applied Economic Research*. 2020. Т. 19, № 4. С. 419–440. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.4.020.

## ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 1 сентября 2020 г.; дата поступления после рецензирования 12 сентября 2020 г.; дата принятия к печати 25 сентября 2020 г.

# Influence of Expenditures in the Development of the Digital Economy on the Volume of Russia's GDP

S. P. Petrov ✉, M. P. Maslov , A. I. Karpovich 

Novosibirsk State Technical University,  
Novosibirsk, Russia  
petrov.s.p@mail.ru

**Abstract.** The purpose of this work is to assess the effectiveness of achieving planned investment indicators within the framework of the national program «Digital Economy of the Russian Federation» and the adequacy of investments in the digitalization of the economy to form positive dynamics of Russia's GDP. The hypothesis is tested about the presence of influence, along with the indicators of the functioning of traditional sectors of the economy, of indicators of digital sectors of the economy and indicators of investments in digital transformation in Russia. The methodology for such calculation is based on the theory of elasticity, which can be used to analyze the efficiency of resources (investments) in the case of alleged underfunding of a certain economic entity, that took place in the case of the specified program. This technique involves the construction of a Cobb-Douglas production function. The data of Russian statistical compilations in the regional context for the period from 2015 to 2018 were used as an information base for calculating and constructing a production function. Within the adopted specification of the cross-sectional regression model, the parameters of the production function were determined for each year within the specified period. Also, the predicted values of the indicators of the used information base for 2019 and 2020 were determined using the linear regression method, and, proceeding from them, parameters of the production function were determined. Due to the incompatibility of data on the indicator of internal costs for the development of the digital economy in the program «Digital Economy of the Russian Federation» and the statistical indicator of the cost of information and communication technologies, it was necessary to calculate the ratio between these indicators. The solution to this problem showed that these indicators are in good agreement with each other with a difference of only a few percent. The final result of the study is an assessment of GDP losses while maintaining the dynamics of digitalization costs observed in 2015–2018, suggesting continuation of the trend towards the Digital Economy of the Russian Federation program being underfunded in 2019 and 2020.

**Key words:** digital economy; production function; expenditures on digital economy development; expenditures effectiveness.

JEL E22, E27, O33

## References

1. Mičić, L. (2017). Digital transformation and its influence on GDP. *ECONOMICS*, Vol. 5, No. 2, 135–147. DOI: 10.1515/eoik-2017–0028.
2. Kraemer, K. L., Dedrick, J. (1994). *Payoffs from Investment in Information Technology: Lessons from the Asia-Pacific Region*. Irvine, Center for Research on Information Technology and Organizations University of California. Available at: <https://escholarship.org/content/qt5dk833z0/qt5dk833z0.pdf?t=Inpavz>.
3. Jorgenson, D., Stiroh, K. (2000). Raising the Speed Limit: U. S. Economic Growth in the Information Age. *Brookings Papers on Economic Activity*. Brookings Institution Press, Issue 1, 125–210. DOI: 10.1353/eca.2000.0008.

4. Colin, N. (2015). Économie numérique. *Notes du Conseil d'Analyse économique*, Vol. 7, No. 26, 1–12. DOI: 10.3917/ncae.026.0001.
5. Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *Economic Journal*, Vol. 121, Issue 552, 505–532. DOI: 10.1111/j.1468–0297.2011.02420.x.
6. Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U. (2019). Digitalization and the future of work: macroeconomic consequences. *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economic*. Edited by K. F. Zimmermann. ZEW – Centre for European Economic Research Discussion Paper No. 19–024. DOI: 10.2139/ssrn.3413653.
7. Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U. (2017). Technology and the future of work aggregate employment effects of digitization. *IZA Conference Proceeding Paper. Institute of Labor Economics*. Available at: <https://ibs.org.pl/app/uploads/2017/11/C.-Ulrich-Zierahn.pdf>.
8. Fossen, F. M., Sorgner, A. (2019). The effects of digitalization on employment and entrepreneurship. *Academy of Management Proceedings*, Vol. 2019, No. 1. Edited by G. Atinc. New York, Academy of Management. DOI: 10.5465/AMBPP.2019.11095abstract.
9. Goos, M., Konings, J., Vandeweyer, M. (2015). Employment growth in Europe: the roles of innovation, local job multipliers and institutions. *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.2671765.
10. Evangelista, R., Guerrieri, P., Melicani, V. (2014). The economic impact of digital technologies in Europe. *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 23, No. 8, 802–824. DOI: 10.1080/10438599.2014.918438.
11. Mostafa, N., Hamdy, W., Alawady, H. (2019). Impacts of Internet of Things on Supply Chains: A Framework for Warehousing. *Social Sciences*, Vol. 8, Issue 3, 84. DOI: 10.3390/socsci8030084.
12. Khalin, V. G., Chernova, G. V. (2018). Tsifrovizatsiia i ee vliianie na rossiiskuiu ekonomiku i obshchestvo: preimushchestva, vyzovy, ugrozy i riski (Digitalization and Its Impact on the Russian Economy and Society: Advantages, Challenges, Threats and Risks). *Upravlencheskoe konsultirovanie (Administrative Consulting)*, No. 10, 46–63. DOI: //doi.org/10.22394/1726-1139-2018-10-46-63. (In Russ.).
13. Biankina, A. O. (2017). Tsifrovye tekhnologii i ikh rol v sovremennoi ekonomike (Digital technologies and their role in the modern economy). *Ekonomika i sotsium: sovremennye modeli razvitiia (Economics and society: contemporary models of development)* (In Russ.). Vol. 7, No. 2, 15–25. (In Russ.).
14. Goloventchik, G. G. (2018). Transformatsiia rynka truda v tsifrovoi ekonomike (Transformation of the Labor Market in the Digital Economy). *Tsifrovaia transformatsiia (Digital Transformation)*, No. 4, 27–43. (In Russ.).
15. Lyutov, N. L. (2019). Transformatsiia trudovogo pravootnosheniia i novye formy zaniatosti v usloviakh tsifrovoi ekonomiki (The Transformation of Employment Relations and New Forms of Employment in Digital Economy). *Zhurnal rossiiskogo prava (Journal of Russian Law)*, No. 7, 115–130. DOI: 10.12737/jrl.2019.7.10. (In Russ.).
16. Blagikh, I. A., Vashchuk, A. E., Gromov, I. A., Titov, V. O. (2018). Metodologicheskie problemy razvitiia gosudarstvennykh uslug v tsifrovoi ekonomike (Methodological problems in the development of the state services in the digital economy (Russia, St. Petersburg)). *Problemy sovremennoi ekonomiki (Problems of Modern Economics)*, No. 3, 232–238. (In Russ.).
17. Popov, E. V., Semyachkov, K. A., Simonova, V. L. (2016). Otsenka vliianiia informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologii na innovatsionnuiu aktivnost' regionov (Assessing the impact of information and communication technologies on innovative activity of regions). *Finansy i kredit (Finance and Credit)*, No. 46 (718), 46–60. (In Russ.).
18. Dolan, E. G., Lindsey, D. L. (1980). *Macroeconomics*. Dryden Press.
19. Dougherty, C. (2016). *Introduction to Econometrics*. Oxford, Oxford University Press.
20. Aghion, P., Van Reenen, J., Zingales, L. (2013). Innovation and institutional ownership. *American Economic Review*, Vol. 103, Issue 1, 277–304. DOI: 10.1257/aer.103.1.277.

21. Audretsch, D., Acs, Z., Braunerhjelm, P., Carlsson, B. (2012). Growth and entrepreneurship. *Small Business Economics*, Vol. 39, 289–300. DOI: 10.1007/s11187-010-9307-2.
22. Garcia-Vega, M., Hoffmann, P., Kneller, R. (2012). The internationalization of R&D and the knowledge production function. *Nottingham University Business School Research Paper*, No. 2012/02. Nottingham University. DOI: 10.2139/ssrn.2017560.
23. Allen, R. G. D. (1960). *Mathematical Economics*. Second edition. London, Macmillan and Co LTD; New York, St. Martin's Press.
24. Renshaw, G. (2005). *Maths for Economics*. New York, Oxford University Press.
25. Karpovich, A. I., Litvintseva, G. P. (2018). Kharakteristiki ustoichivosti ekonomicheskoi sistemy i ikh vzaimosvaz (Characteristics of Sustainability of an Economic System and their Interrelation). *Vestnik NGUEU (Vestnik NSUEM)*, No. 1, 49–56. (In Russ.).
26. Lancaster, K. J. (1968). *Mathematical Economics*. New York, Macmillan.
27. Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 65, 42–56. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.039.
28. Litvintseva, G.P., Karpovich, A.I. (2020). Application of elasticity theory for assessment of social and economic system sustainability. *Advances in Economics, Business and Management Research*, Vol. 131: New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED2019), 707–712. DOI: 10.2991/aebmr.k.200324.131.
29. Badmaeva, V.G., Litvintseva, G.P., Karpovich, A.I. (2019). Grounds for changing the strategy of the international company based on the analysis of the production and elasticity functions. *14 International Forum on Strategic Technology (IFOST 2019)*. Tomsk, TPU Publ. House, 717–720.
30. Karelin, I. N. (2018). Dependence of wages on the duration of training and length of service in the Russian economy sectors. *Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE-2018)*. Novosibirsk, NSTU, Vol. 1, 379–383. DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545941.
31. Aletdinova, A. A., Koritsky, A. V. (2020). Comparative Analysis of the Return on Human Capital in the European and Asian Regions of Russia. *Regional Research of Russia*, Vol. 10, No. 2, 213–219. DOI: 10.1134/S2079970520020033.
32. Gilmundinov, V. M. (2019). *Modelirovanie vlianiia makroekonomicheskoi politiki na ekonomiku Rossii [Modelling of the influence of macroeconomic policy on Russia's economy]*. Novosibirsk, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian branch of RAS. (In Russ.).

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Petrov Sergey Pavlovich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Economic Theory and Applied Economics Department, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia (630073, Novosibirsk, Prospekt K. Marksa, 20); ORCID 0000-0002-6330-3602; e-mail: petrov.s.p@mail.ru.

### Maslov Mikhail Pavlovich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Economic Theory and Applied Economics Department, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia (630073, Novosibirsk, Prospekt K. Marksa, 20); ORCID 0000-0001-5410-7549; e-mail: feraj@mail.ru.

### Karpovich Aleksey Ivanovich

Doctor of Economics, Professor, Economic Theory and Applied Economics Department, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia (630073, Novosibirsk, Prospekt K. Marksa, 20); ORCID 0000-0003-1451-2587; e-mail: karpovich383@gmail.com.

## ACKNOWLEDGMENTS

The reported study was funded by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) according to the research project № 19-010-00195.

## FOR CITATION

Petrov S. P., Maslov M. P., Karpovich A. I. Influence of Expenditures in the Development of the Digital Economy on the Volume of Russia's GDP. *Journal of Applied Economic Research*, 2020, Vol. 19, No. 4, 419–440. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.4.020.

## ARTICLE INFO

Received September 1, 2020; Revised September 12, 2020; Accepted September 25, 2020.

