

**МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФУНКЦИЯ
КОББА – ДУГЛАСА КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
НА ЭКОНОМИКУ РЕГИОНА**

БУРГАНОВ Рафис Тимерханович, кандидат экономических наук, ректор Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, адрес: 420010, Республика Татарстан, г.Казань, Деревня Универсиады, д. 35, e-mail: info@sportacadem.ru
Author ID (РИНЦ): 282225

Аннотация. Целью исследования является разработка на основе модернизированной производственной функции Кобба – Дугласа инструментария диагностики экономической динамики региональных социально-экономических систем в условиях цифровизации экономических отношений. В качестве предмета исследования выступают методические подходы к формализованной оценке влияния цифровой трансформации региона на параметры и перспективы его экономического роста (на примере регионов Приволжского федерального округа). По итогам проведенного исследования построены модели, определяющие степень влияния основных производственных факторов (труд, капитал, цифровая трансформация) на динамику прироста валового регионального продукта исследуемой группы регионов. В результате выявлены ключевые закономерности влияния цифровизации региональных социоэкономических систем ПФО на региональную экономическую динамику. Полученные результаты формируют основу для разработки наиболее эффективных и адаптивных направлений интенсификации экономического роста в регионах в соответствии с концепцией диффузии цифровых технологий в хозяйственную среду. Разработанный подход целесообразно использовать при проведении исследований в области оценки текущих и перспективных параметров развития региональных социально-экономических систем в новых условиях глобализации и цифровизации.

Ключевые слова: производственные функции, цифровая трансформация, технологические уклады, цифровая экономика, регион, экономический рост, устойчивое развитие, конкурентоспособность региона, модели экономической динамики.

Для цит.: Бурганов Р.Т. Модернизированная производственная функция Кобба – Дугласа как инструмент исследования влияния цифровой трансформации на экономику региона // Среднерусский вестник общественных наук. – 2022. – Том 17. – №3. С.161–183.

**THE COBB-DOUGLAS PRODUCTION FUNCTION AS A TOOL FOR
STUDYING THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION
ON THE ECONOMY OF THE REGION**

BURGANOV R.T., Candidate of Economic Sciences, Rector of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism" (Russian Federation, Kazan), e-mail: info@sportacadem.ru

Abstract. The purpose of the article is to develop tools for diagnosing the economic dynamics of regional socio-economic systems in the conditions of digitalization of economic relations on the basis of the modernized Cobb-Douglas production function.

Much attention is given to methodological approaches to the formalized assessment of the impact of the digital transformation of the region on the parameters and prospects of its economic growth. The author draws attention to models determining the degree of influence of the main production factors (labor, capital, digital transformation) on the dynamics of gross regional product growth of the studied group of regions. Key patterns of the influence of digitalization of regional socio-economic systems of Volga Federal District on regional economic dynamics are revealed. It is stressed that the obtained results form the basis for the development of the most effective and adaptive directions of intensification of economic growth in the regions in accordance with the concept of diffusion of digital technologies into the economic environment.

As a result, the author draws conclusions that the developed approach is advisable to use when conducting research in the field of assessing current and prospective parameters of the development of regional socio-economic systems in the new conditions of globalization and digitalization.

Keywords: production functions, digital transformation, technological structures, digital economy, region, economic growth, sustainable development, competitiveness of the region, models of economic dynamics.

For citations: Burganov, R. T. (2022) *The Cobb-Douglas production function as a tool for studying the impact of digital transformation on the economy of the region // Central Russian Journal of Social Sciences. – Volume 17, Issue 3. – P.161– 183.*

ВВЕДЕНИЕ

По мнению ряда ведущих российских и зарубежных экономистов [1–7], цифровизация социоэкономической среды является сегодня и будет являться в будущем важнейшим фактором конкурентоспособности на региональном и национальном уровнях. И это не случайно, поскольку она способствует решению важнейших задач социально-экономического роста территории: рост качества жизни населения, социальный прогресс, развитие человеческого капитала, оптимизация и совершенствование бизнес-моделей, сбалансированное и устойчивое развитие, интеграция экономических агентов в единую коммуникационную среду в рамках развития цифровых интеллектуальных пространств и т. п. Не случайно стратегический вектор развития российской экономики ориентирован сегодня на укрепление потенциала и конфигурирование системы производительных факторов, обеспечивающих стимулирование цифровизации хозяйственных процессов. Ярким свидетельством этого является изданный Указ Президента РФ от 2 марта 2022 г. «О мерах по обеспечению ускоренного развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации»¹.

Усиливает аргументацию в пользу наращивания и активизации процессов цифровой трансформации в современной действительности и то, что новая реальность, выраженная в санкционном давлении на российскую экономику, ограниченных возможностях для импорта технологий, предопределяет перестройку и адаптацию хозяйственных процессов, систему территориального разделения труда.

Санкции формируют серию рисков для воспроизводственного потенциала и интенсивного экономического роста как на уровне отдельных секторов национальной экономики, так и на региональном уровне. Данные риски проявляются в первую очередь в ограничении экспортно-импортных операций и, как следствие, в локализации доступа к прогрессивным технологическим инновациям и встраивания регионов России в мировые цепочки добавленной стоимости. Преодоление формирующихся в этой связи структурных и воспроизводственных перекосов лежит в русле активизации политики импортозамещения. Вместе с тем эффективная реализация данного стратегического направления находится в прямой зависимости от дальнейшего развития научно-технологического потенциала и интенсивности разворачивания процессов цифровой трансформации,

¹ Указ Президента Российской Федерации «О мерах по обеспечению ускоренного развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203020001?index=0&rangeSize=1> (дата обращения: 05.03.2022).

обеспечивающей не только возможность импортозамещения и создания собственных технологических решений и их производственного освоения, но и интеграцию российской экономики в мировую экономическую и технологическую повестку.

Важно подчеркнуть, что уровень «цифрового» потенциала, обеспечивающего возможность создания и тиражирования перспективных технологических решений, во многом будет определять перспективы адаптации регионов к базовым технологическим сдвигам и формировать «окна возможностей» в рамках формирующихся вызовов в масштабах мировой и национальной социально-экономических систем.

В этой связи исследования, посвященные вопросам значимости и степени воздействия цифровой трансформации на процессы социо-экономической динамики, приобретают в последние годы высокий уровень востребованности со стороны научного и экспертного сообщества.

Учитывая, что мировая экономика находится на текущий момент на начальной фазе цифровой трансформации общественной жизни (в масштабе генерирующихся технологических волн), в экономической теории отсутствуют общепризнанные подходы к моделированию порождаемых ею эффектов. Несомненно, в научной литературе можно встретить весьма большое количество толкований и интерпретаций подобных эффектов и экстерналий [8, 9], а также методических подходов к построению зависимостей между экономической динамикой и агрегированным уровнем цифровизации как на макро-, так и на мезоуровне [10, 11, 26]. Между тем говорить о сформированном, целостном методологическом инструментарии пока еще не приходится. Справедливости ради необходимо отметить, что это может быть связано с высокой скоростью наблюдаемых преобразований в сфере технологического прогресса, что требует постоянного обновления парадигмы, осмыслиения и согласования сущности рассматриваемого явления и генерируемых в результате эффектов для социально-экономического развития.

В этой связи представляется актуальным дальнейшее развитие методических подходов к построению моделей экономического роста с использованием фактора, характеризующего процессы цифровой трансформации. Более того, развитие теоретико-методического инструментария, на наш взгляд, должно происходить в фарватере традиционных теорий и подходов. Это связано с тем, что данный исследовательский формат, во-первых, укладывается в рамки классических схем экономической теории, а во-вторых, формирует основу для

сопоставления модернизированных моделей с традиционными. Это, в свою очередь, позволит соотнести между собой силу воздействия традиционных производительных факторов с новыми, порождаемыми сменой технологических укладов и во многом определяющих в будущем перспективы, качество и интенсивность экономического роста.

Теория

Прежде чем перейти к вопросам обоснования влияния цифровой трансформации на перспективы социально-экономической динамики региона, крайне важно разобраться в сущности и содержании данных понятий. Это необходимо не только для обеспечения процесса более точного конструирования искомых взаимосвязей с точки зрения обеспечения экономической логики и их статистической значимости, но и для сущностного и содержательного понимания процессов, обуславливающих рассматриваемые эффекты.

Что касается вопросов цифровизации, то важно отметить, что расцветом процессов цифровой трансформации социоэкономических систем мезо- и макроуровня принято считать начало 1990-х годов. Именно в этот период времени происходит активное проникновение в хозяйственную среду персональных компьютеров, мощнейший импульс развития получает Интернет, отмечается распространение мобильных технологий и связи, происходит интеграция информационно-коммуникационных технологий в бизнес-процессы и промышленную среду. Диффузия ИКТ послужила формированию акселерационных эффектов, выраженных в наращивании темпов роста мировой экономики, что, в свою очередь, способствовало новому витку развития цифровых технологий и последующей активизации трансформационных процессов на уровне национальных экономических систем [12–15].

Солидаризируясь с данной позицией, а также опираясь на подходы российских ученых [12, 16–18], необходимо отметить, что распространение информационно-коммуникационных технологий повлияло не только на изменение сложившихся бизнес-моделей и способов организации управления, но и способствовала во многом изменению социальной и институциональной среды. Данного рода изменения предопределили появление и развитие такого направления в экономической науке, как цифровая экономика и, соответственно, появление и использование в научно-исследовательском обороте но-

вых терминов, категорий, понятий. Так, в профессиональной терминологии появилось такое понятие, как «цифровизация экономики».

Обзор и систематизация сложившихся в научной литературе подходов к определению рассматриваемого понятия «цифровизация экономики» позволяют выявить два ключевых подхода. В рамках первого – под данным понятием необходимо понимать процесс преобразования аналоговой информации в цифровую форму¹ [17, 19]. В рамках второго – под цифровизацией экономики следует понимать процесс проникновения в бизнес-, хозяйственную и социальную среду цифровых технологий, что приводит к росту производительности труда, снижению издержек, росту экономической эффективности экономических агентов, а следовательно, к укреплению их конкурентоспособности и, как результат, формированию синергетического эффекта в развитии региональных и национальной экономических систем [20–22].

Полагаясь на данные подходы, а также солидаризируясь с позицией российских и зарубежных ученых, под цифровизацией экономики предлагается понимать процесс повсеместного внедрения цифровых технологий в систему социально-экономических отношений в корпоративном, государственном и социальном секторах в результате естественной необходимости органического встраивания социально-экономической системы региона в «стандарты» шестого технологического уклада.

Данные и методы

Основополагающей моделью в теории неоклассической школы экономической теории является модель Кобба – Дугласа [23], оценивающая вклад основных производственных факторов (труд и капитал) в динамику прироста национального дохода. Построенная американскими учеными производственная функция экстенсивного экономического роста имеет вид:

$$Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^\beta, \quad (1)$$

где параметры K и L характеризуют, соответственно, вклад в прирост ВВП капитала и труда.

Научно-технический прогресс предопределил дальнейшие корректировки производственных функций. Так, к примеру, в своем исследовании Тинберген модернизировал модель Кобба – Дугласа, включив в нее фактор, характеризующий инновационную составляющую,

¹ Oxford Dictionaries . // Oxford – URL: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/american_english/scandinavia (дата обращения: 01.05.2021).

задающую импульс интенсивного типа экономической динамики [24].

К наиболее ярким неоклассическим моделям необходимо отнести, конечно же, и модель Солоу (построена в 1956 г.) [25], изучающую экономический рост в рамках построения производственной функции. В соответствии с ней устойчивое, сбалансированное экономическое развитие обеспечивается техническим прогрессом и обновлением основного капитала.

Впоследствии модели производственных функций модернизировались. К примеру, построенная Дж. Мидом [25] на основе синтеза подходов Кобба – Дугласа – Солоу модель предполагает возможность эмпирической оценки влияния прироста производственных факторов (труд, капитал, НТП) на динамику экономического роста.

Не вдаваясь в детальный обзор и анализ дальнейшего развития подходов к построению производственных моделей экономической динамики, следует заметить, что их основу составляют два фактора производства: труд (L) и капитал (K). Включение в модель иных производительных факторов, таких, например, как предпринимательская инициатива, научно-технический прогресс и т. п., продуцирует новые результаты и интерпретацию философии экономического роста как на макро-, так и на мезоуровне. Между тем обзор теоретических подходов демонстрирует то, что всё многообразие производственных функций сосредотачивается, как правило, на включении в число их аргументов трех ключевых факторов: труда, капитала и НТП. При этом в качестве научно-технического прогресса чаще всего используют макропараметр, оценивающий инновации. Учитывая, что категория «инновации» весьма широка с точки зрения интерпретации процессов и результатов, формирующихся в рамках НИОКР, в настоящем исследовании предлагается сосредоточиться на одной из ее составных частей – цифровой трансформации экосреды как нового института, регулирующего экономические отношения, а следовательно, запускающего процессы инновационной активности и интенсификации экономической динамики. Тем самым полученная таким образом производственная функция будет иметь более сосредоточенный характер и поможет определить самым непосредственным образом вклад цифрового фактора в развитие социально-экономических систем как макро-, так и мезоуровня.

Полагаясь на представленный подход, далее реализованы соответствующие расчеты и оценки (на примере регионов Приволжского федерального округа). Методически задача решена в рамках построения

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

многофакторных моделей на основе моделирования степенных и экспоненциальных производственных функций с использованием эконометрического инструментария.

Важно подчеркнуть, что предложенный методический подход позволяет в формализованной форме представления выявлять частные и общие закономерности влияния производственных факторов на динамику ВВП/ВРП. Это, в свою очередь, составляет основу для содержательного осознания и понимания сущности регионального экономического развития в современных, трансформирующихся с точки зрения логики шестого технологического уклада условиях.

Для достижения цели повышения статистической значимости всех анализируемых и включенных в модель факторов использовался анализ чувствительности (включение/удаление аргументов функции).

В качестве показателей, оценивающих изменение производственных факторов, использовались:

L (труд) – численность занятых (тыс. человек, значение показателя за год);

K (капитал) – наличие основных фондов на конец года по полной учетной стоимости по полному кругу организаций (млн рублей, значение показателя за год);

D (цифровая трансформация) – значения индикаторов, характеризующих эффективность цифровизации региональных экономических систем;

I – затраты организаций на технологические инновации (млн рублей, значение показателя за год).

Все показатели предварительно пронормированы с целью унификации шкалы измерения каждого фактора.

В обобщенном виде, исходя из систематизации и агрегирования подходов, производственную функцию экономического роста можно представить в виде следующей функции:

$$Y = A \cdot L^\alpha \cdot K^\beta \cdot D^\gamma \cdot I^\delta \quad (2)$$

где

Y – валовой внутренний продукт региона, млрд рублей;

L – вклад труда в прирост ВВП, млрд рублей;

K – вклад капитала в прирост ВВП, млрд рублей;

D – вклад цифровой трансформации в прирост ВВП, млрд рублей;

I – вклад НТП в прирост ВРП, млрд рублей.

Коэффициенты $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – параметры эластичности, демонстрирующие на сколько процентов вырастет ВВП при условии роста соответствующего фактора на 1 %.

Прежде чем перейти к моделированию исследуемых процессов, крайне важно определить предпосылки для проведения расчетов и выдвинуть соответствующие гипотезы:

1. Функция $Y\{L; K; D; I\}$ задана при условии соблюдения неотрицательности значений аргументов.

2. При увеличении значений производственных факторов ВВП не уменьшается, а также возрастает:

$$\frac{df}{dx_i} \geq 0 \quad (3)$$

3. При условии роста значения одного фактора и неизменности значений других факторов предельная эффективность данного фактора не возрастает:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} \Delta x_i \Delta x_j \leq 0 \quad (4)$$

Располагая достаточным количеством точек исследуемых временных рядов, можно выявить на основе построенной производственной функции закономерности влияния анализируемых факторов на экономический рост региона.

Важнейшим инструментом решения поставленной в настоящем исследовании задачи является интегральная оценка временного ряда, характеризующего в агрегированной форме уровень цифровой трансформации региона. Методически данная задача решена на основе предложенной и успешно прошедшей апробацию методики М. Р. Сафиуллина, Л. А. Ельшина [14]. В ее основе реализован формализованный анализ ключевых направлений цифровизации, закрепленных постановлением Правительства РФ от 28.07.2017 г.: нормативное регулирование; кадры для цифровой экономики; формирование исследовательских компетенций и технологических заделов; информационная инфраструктура; информационная безопасность.

На рис. 1 представлен алгоритм определения агрегированного индекса цифровой трансформации региона в соответствии с изложенным подходом. Результаты его апробации (на примере регионов Приволжского федерального округа) представлены в табл. 1.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

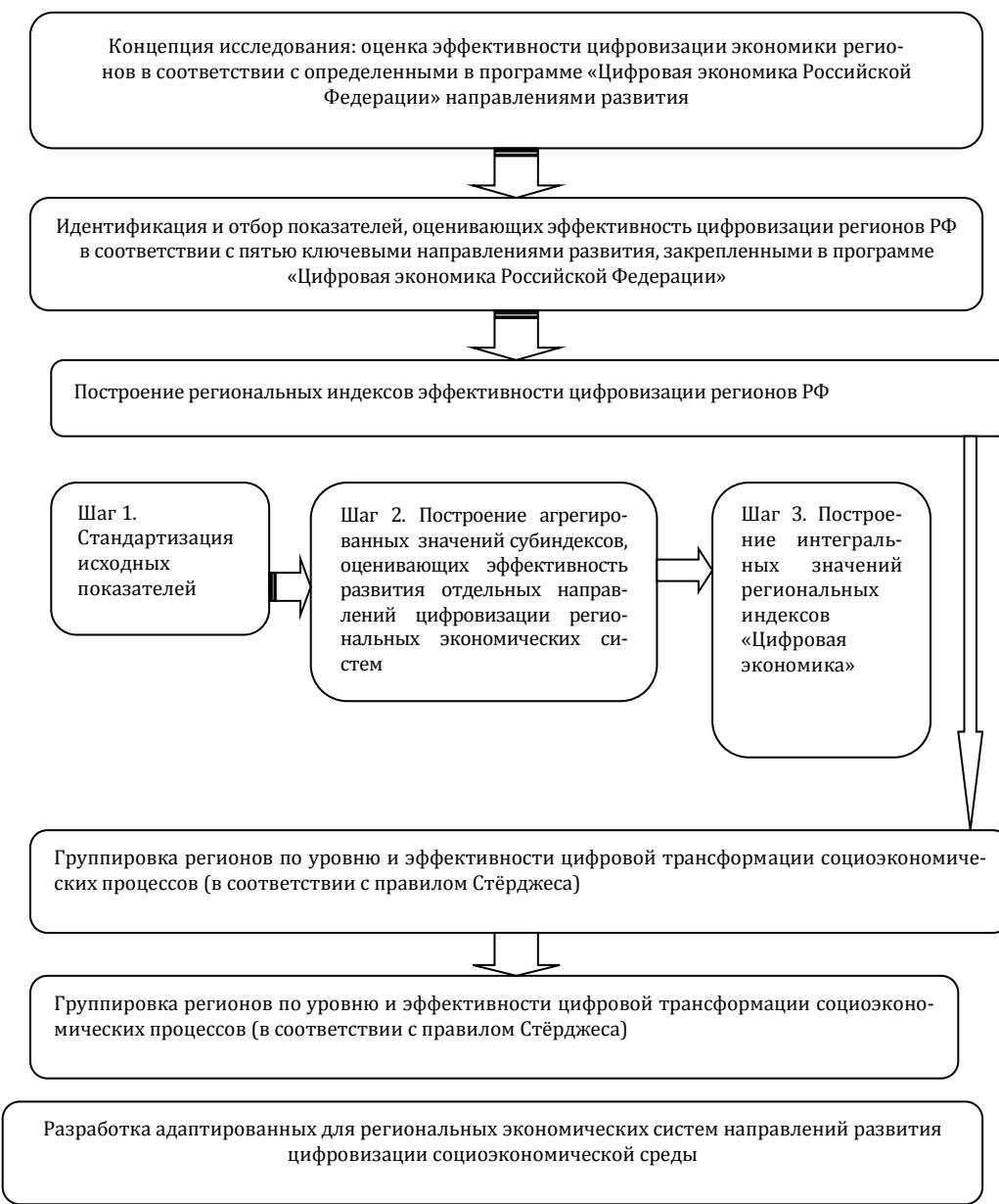


Рисунок 1 – Алгоритм оценки эффективности цифровизации региональных экономических систем

Figure 1 – Algorithm for evaluating the effectiveness of digitalization of regional economic systems

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Таблица 1 – Значения индикаторов, характеризующих эффективность цифровизации региональных экономических систем

Table 1 – Values of indicators characterizing the effectiveness of digitalization of regional economic systems

Регион	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Республика Башкортостан	0,74	0,74	0,73	0,74	0,735	0,75	0,76	0,79	0,83	0,8	0,81
Кировская область	0,61	0,63	0,66	0,62	0,65	0,62	0,59	0,65	0,63	0,64	0,67
Республика Марий Эл	0,6	0,62	0,67	0,58	0,65	0,61	0,55	0,63	0,6	0,67	1,16
Республика Мордовия	0,61	0,66	0,69	0,62	0,67	0,63	0,65	0,66	0,62	0,61	0,67
Нижегородская область	0,79	0,84	0,9	0,85	0,8	0,86	0,91	0,9	0,92	0,94	1,63
Оренбургская область	0,68	0,72	0,65	0,7	0,75	0,78	0,8	0,81	0,77	0,76	0,79
Пензенская область	0,5	0,56	0,5	0,47	0,53	0,44	0,45	0,46	0,51	0,56	0,97
Пермский край	0,72	0,75	0,76	0,74	0,78	0,82	0,76	0,79	0,76	0,8	0,79
Самарская область	0,8	0,81	0,79	0,81	0,84	0,82	0,85	0,8	0,86	0,84	0,84
Саратовская область	0,65	0,68	0,65	0,66	0,68	0,62	0,63	0,65	0,66	0,71	0,74
Республика Татарстан	0,86	0,9	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,91	0,9	0,93	0,91
Удмуртская Республика	0,65	0,66	0,64	0,66	0,69	0,66	0,71	0,67	0,71	0,69	0,67
Ульяновская область	0,69	0,72	0,7	0,72	0,68	0,72	0,78	0,77	0,68	0,72	0,69
Чувашская Республика	0,6	0,63	0,64	0,6	0,6	0,61	0,63	0,63	0,68	0,69	0,74

Полученные оценки, характеризующие интегральное значение индекса цифровизации социально-экономической среды, сформировали необходимые и достаточные условия для построения производственных функций применительно к исследуемой региональной группе.

Результаты

Полагаясь на полученные оценки индекса цифровой трансформации региона (фактор D производственной функции), а также опираясь на полученные нормированные оценки факторов K; L; I (по данным органов статистического наблюдения), далее реализована попытка по-

строения производственной функции. В качестве данных, применительно к данным факторам, использовались статистические показатели Росстата. Для сопоставимости параметров проведена стандартизация исходных показателей (нормирование).

В рамках реализации первого этапа построения производственной функции полученные стандартизованные данные были прологарифмированы с целью перехода к линейной форме моделируемой функции. В целях устранения мультиколлинеарности фактор I был исключен из регрессионной модели. Далее на примере регионов Приволжского федерального округа продемонстрируем результаты воспроизводимых итераций.

Прежде чем перейти к основным итогам исследования, целесообразно продемонстрировать последовательность расчетов на примере одного из регионов. В качестве такового выбрана Республика Татарстан. В табл. 2 представлены первичные расчеты в рамках анализируемой совокупности факторов.

Таблица 2 – Логарифмированные значения факторов производственной функции

Table 2 – Logarithmic values of the factors of the production function

Годы	LnY	LnL	LnK	LnI	LnD
2005	-3,65	-4,53	-2,29	-3,08	-0,23
2006	-3,37	-4,14	-2,16	-2,85	-0,22
2007	-3,08	-3,76	-2,03	-2,61	-0,21
2008	-2,79	-3,37	-1,91	-2,37	-0,20
2009	-2,50	-2,99	-1,78	-2,14	-0,19
2010	-2,66	-5,23	-1,78	-2,67	-0,20
2011	-1,77	-1,57	-1,24	-1,28	-0,15
2012	-1,45	-0,47	-1,43	-1,51	-0,16
2013	-1,21	-0,61	-1,30	-0,67	-0,15
2014	-1,00	-0,27	-1,25	-0,18	-0,14
2015	-0,68	-0,20	-1,02	-0,97	-0,14
2016	-0,45	-0,19	-0,87	-0,85	-0,13
2017	-0,28	-0,42	-0,72	-0,40	-0,09
2018	-0,10	-0,55	-0,59	-0,03	-0,11
2019	-0,05	-0,52	-0,03	0,23	-0,07

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Результаты регрессионного анализа полученных данных представлены в таблицах 3, 4. Полученные параметры статистической модели позволяют сделать вывод об ее адекватности. Это, в свою очередь, позволяет сделать вывод о том, что ее можно использовать в дальнейшем для аналитических целей и построения прогностических оценок.

Таблица 3 – Регрессионная статистика
Table 3 – Regression statistics

Множественный R	0,98531
R-квадрат	0,970836
Нормированный R-квадрат	0,962882
Стандартная ошибка	0,24113
Наблюдения	15

Таблица 4 – Коэффициенты регрессионной модели
Table 4 – Regression model coefficients

Показатель	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение
Y-пересечение	0,688375	0,591663	1,163457	0,269261
Переменная X 1	0,254934	0,069271	3,680241	0,003624
Переменная X 2	1,091217	0,60203	1,812561	0,097254
Переменная X 3	2,409044	8,893753	0,270869	0,791507

Полученное уравнение имеет вид:

$$\ln Y = 0,688 + 0,255 \ln L + 1,091 \ln K + 2,409 \ln D \quad (5)$$

После преобразования полученного уравнения из логарифмического вида в степенную функцию построено следующее уравнение:

$$Y = 2,18 * L^{0,255} * K^{1,091} * D^{2,409}. \quad (6)$$

Аналогичные оценки были осуществлены и для других субъектов Приволжского федерального округа. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Параметры эластичности ВРП регионов Приволжского федерального округа к исследуемой совокупности производительных факторов

Table 5 – Parameters of the GRP elasticity of the Volga Federal District regions to the studied set of productive factors

Регион	Фактор L	Фактор K	Фактор D
Республика Башкортостан	0,292	0,875	0,411
Республика Марий Эл	0,327	0,516	-0,479
Республика Мордовия	0,217	0,742	0,403
Республика Татарстан (Татарстан)	0,255	1,091	2,409
Удмуртская Республика	0,317	-0,054	0,319
Чувашская Республика – Чувашия	0,158	0,711	0,607
Пермский край	0,241	0,526	0,683
Кировская область	0,844	0,275	0,410
Нижегородская область	0,199	0,942	0,614
Оренбургская область	0,500	0,702	-0,148
Пензенская область	-0,051	0,595	0,047
Самарская область	0,541	0,846	0,712
Саратовская область	0,197	0,941	-0,077
Ульяновская область	0,218	0,841	0,009

Полученные оценки свидетельствуют о значительном уровне дифференциации эластичности ВРП регионов к анализируемым производительным факторам. При этом, несмотря на данный предсказуемый во многом результат, стоит отметить, что фактор цифровой трансформации не является одинаково значимым для всех субъектов ПФО. К примеру, значение коэффициентов эластичности при факторе D для таких регионов, как Республика Марий Эл, Оренбургская и Саратовская области имеет отрицательный знак. Это означает, что диффузия цифровых технологий в данной региональной

группе приводит к снижению уровня ВРП. Несомненно, данный вывод противоречит нашей гипотезе. Наблюдаемая флюктуация коэффициентов эластичности для данных регионов является допустимой в рамках проведения регрессионного анализа. Вместе с тем это требует проведения дополнительных исследований.

Между тем параметры значимости фактора «цифровая трансформация» для исследуемой совокупности субъектов ПФО всё же находятся в весьма широком диапазоне и преимущественно характеризуются положительным вкладом в прирост ВРП. Во многом выявленная дифференциация может быть связана с уровнем адаптации региональной институциональной инфраструктуры, характеризующейся различным уровнем восприимчивости к инновациям, к которым необходимо отнести и процессы цифровизации. Кроме того, наблюдаемые различия процессов цифровой трансформации могут быть связаны со структурными особенностями и характеристиками экономики изучаемых регионов. Однако, учитывая всё же существенный уровень влияния данного фактора на экономический рост, крайне важно преодолевать барьеры, ограничивающие диффузию цифровой трансформации на региональном уровне.

Модели, полученные на основе конструирования производственных функций региональных экономических систем, открывают новый потенциал построения прогнозов формирования экономической динамики в зависимости от сценарного проектирования процессов интеграции в хозяйственную среду цифровых технологий.

Необходимо признать, что в ряде случаев построение производственных функций привело к результатам, статистическая значимость которых может попасть в разряд дискуссионной (к примеру, Кировская область, Саратовская область, Оренбургский край). Это отчасти связано с проблемой формирования статистической информации, ограничивающей исследовательский потенциал, и наличия доступа к ней. В целях проведения дополнительных оценок, усиливающих или, наоборот, опровергающих полученные выводы о значимости фактора цифровой трансформации в вопросе изучения региональной экономической динамики, далее реализован так называемый вертикальный анализ. В его основе лежит принцип агрегирования и анализа данных не в отдельности по каждому региону, а в совокупности по округу. Другими словами, в качестве данных исследуемого ряда, оценивающего, к примеру, уровень ВРП, берутся данные не в динамике применительно к конкретному региону, а в разрезе набора информации ко всем регионам ПФО. Полученные ряды, являющиеся

основой для построения производственной обобщенной функции, представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Исходные данные для построения вертикально-интегрированной трехфакторной производственной функции регионов ПФО (по данным за 2019 год)

Table 6 – Initial data for the construction of a vertically integrated three-factor production function of the regions of the Volga Federal District (according to data for 2019)

Регион	Y, ВРП, млн. руб.	L, численность занятых, тыс. чел.	K, ОПФ, млн. руб.
Республика Башкортостан	1810091	1810,2	6522045
Республика Марий Эл	204080,8	317,6	929979
Республика Мордовия	263349,2	418,7	1068465
Республика Татарстан (Татарстан)	2795850,6	1964,6	9066898
Удмуртская Республика	721345,1	728,7	2269461
Чувашская Республика – Чувашия	339766,5	578,5	1500573
Пермский край	1495011,8	1160	5873286
Кировская область	370255,9	605,8	1514275
Нижегородская область	1621913,1	1680,1	5632296
Оренбургская область	1107155,3	885,1	3207320
Пензенская область	448975,5	625	1903098
Самарская область	1687924,3	1615,3	6032634
Саратовская область	811772,2	1149,7	3428386
Ульяновская область	420318,4	587,9	1256128

Упрощающие предпосылки и гипотезы для построения производственной функции рассматриваемого здесь типа соответствуют вышеприведенным допущениям, используемым при построении производственных функций применительно к конкретному региону.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Результаты осуществленных оценок, полученных на основе пролонгированных данных, представлены в табл. 7, 8.

Таблица 7 – Регрессионная статистика

Table 7 – Regression statistics

Множественный R	0,98673
R-квадрат	0,973636
Нормированный R-квадрат	0,965727
Стандартная ошибка	0,127182
Наблюдения	14

Таблица 8 – Коэффициенты регрессионной модели

Table 8 – Regression model coefficients

Показатель	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение
Y-пересечение	-0,01805	0,113523	-0,15904	0,876805
Переменная X 1	0,042972	0,244164	1,175999	0,063808
Переменная X 2	0,924363	0,260932	3,542538	0,005334
Переменная X 3	0,121697	0,272248	1,079695	0,038052

Полученное уравнение имеет вид:

$$\ln Y = -0,018 + 0,043 \ln L + 0,924 \ln K + 0,122 \ln D \quad (7)$$

После преобразования полученного уравнения из логарифмического вида в степенную функцию построено следующее уравнение:

$$Y = 0,982 * L^{0,043} * K^{0,924} * D^{0,122}. \quad (8)$$

Полученные оценки также в обобщенной форме демонстрируют высокий уровень значимости фактора «цифровая трансформация» в процессе генерирования экономической динамики. При этом важно отметить, что полученный показатель эластичности при нем имеет уровень даже выше, чем аналогичный показатель при факторе L. Это соответствующим образом характеризует актуальность меро-

приятий, направленных на активную интеграцию в хозяйственную среду регионов цифровых технологий, развивая тем самым основные принципы цифровой экономики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении необходимо констатировать, что реализованные оценки в полной мере не только демонстрируют высокий уровень значимости для современных экономических систем фактора цифровой трансформации, но и эмпирически доказывают необходимость интенсификации механизмов стимулирования внедрения в систему хозяйственных отношений цифровых технологий. Это, как показывают расчеты, существенным образом будет способствовать ускоренному экономическому росту. Учитывая, что цифровая экономика сегодня, в условиях набирающего обороты шестого технологического уклада, приобретает особую значимость с точки зрения обеспечения устойчивого, конкурентоспособного развития выдвигаемый постулат приобретает особый уровень актуальности.

Модели, полученные на основе конструирования производственных функций региональных экономических систем, формируют новый потенциал построения прогнозов формирования экономической динамики в зависимости от сценарного проектирования процессов интеграции в хозяйственную среду цифровых технологий. Важно при этом подчеркнуть, что выявленная дифференциация в чувствительности экономического роста регионов к интеграции в хозяйственную среду цифровых технологий формирует возможность адаптированного управления и государственного регулирования в сфере воздействия на различные составляющие цифровой экономики региона с целью наиболее эффективного социально-экономического развития.

Библиография/ References:

1. Hospers G.J., Benneworth P.S. (2012) Innovation in an old industrial region: the case of Twente. International journal of learning and intellectual capital, 2012, vol. 9 (1/2), pp. 6-21.
2. Brennen S., Kreiss, D. (2014). Digitalization and digitization. Culture Digitally, 8. – URL: <http://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitization/>.
3. Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2017. – Т. 10. – № 3. – С. 9-25.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

4. Муминов Н.Г., Захирова Г.М. Роль государственных закупок в цифровизации экономики и внедрении электронной торговли // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2020. – Т. 13. – № 2. – С. 30-39. – DOI: 10.18721/JE.13203.
5. Абдрахманова Г.И., Васильковский С.А., Вишневский К.О. [и др.]. Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности: Аналитический доклад // Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – 2022. – 228 с. – ISBN 978-5-7598-2602-6. – DOI 10.17323/978-5-7598-2602-6. – EDN TDSMIF.
6. Вишневский К.О., Гохберг Л.М., Дементьев В.В. [и др.]. Цифровые технологии в российской экономике: Аналитический доклад // Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – 2021. – 116 с. – ISBN 978-5-7598-2199-1. – DOI 10.17323/978-5-7598-2199-1.
7. Гавриш С.А., Гохберг Л.М., Грибкова Д.Е. [и др.]. Прорывные инновации: человек 2.0: Доклад к XXIII Ясинской (Апрельской) международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 4–8 апреля 2022 г. // Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – 2022. – 56 с. – ISBN 978-5-7598-2649-1. – DOI 10.17323/978-5-7598-2649-1. – EDN QGGDTQ.
8. Турко Л.В. Сущность феномена цифровой экономики, анализ определений понятия «цифровая экономика» / Л.В. Турко // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 2. – С. 88. – EDN WJPZSV.
9. Петrikova E.M. Цифровая трансформация экономики и финансирование национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» / Е. М. Петрикова // Финансовый менеджмент. – 2021. – № 2. – С. 94-105. – EDN IRYNYS.
10. Yudina, T. N. (2019) Digital segment of the real economy: digital economy in the context of analog economy. T. N. Yudina // St.Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, Vol. 12, № 2, pp. 7-18. DOI 10.18721/JE.12201. EDN EKNICK.
11. Bondarenko, V. M. (2020) Digital Economy: A Vision From The Future. V. M. Bondarenko // Journal of Economic Science Research, Vol. 3, №1, pp. 16-23. DOI 10.30564/jesr.v3i1.1402. EDN SSYHVT.
12. Ревенко Л.С., Ревенко Н.С. Международная практика реализации программ развития цифровой экономики: примеры США, Индии, Китая и ЕС // Международные процессы. – 2017. – Т. 15. – № 4 (51). – С. 20-39.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- 13.Istomina A.I. (2020) Leadership in the digital age: a new strategy for the competitiveness of countries and macro regions. *Revista Espacios*, Vol. 41, Issue 7, pp. 219–235.
14. Ельшин Л.А., Сафиуллин М.Р., Абдукаева А.А. Оценка эффективности цифровой трансформации экономики регионов России // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2019. – № 3. – С. 5-12.
- 15.Усков В.С. Проблемы формирования государственной промышленной политики в условиях цифровизации экономики // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2020. – Т. 13. – № 6. – С. 134-151.
- 16.Кошевенко С.В. Цифровая трансформация мировой экономики // Экономический журнал. – 2018. – № 3 (51). – С. 77-90.
17. 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.
- 18.Федоренко В.И. Обоснование факторов, формирующих потребительское поведение в социальных сетях на этапе цифровизации российской экономики // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 11. – С. 158-163.
- 19.Gray K. (2015) Models for digitalization. *Soft & Systems Modeling*, vol. 14, issue 4, pp. 1319-1320.
- 20.Birch K., MacKinnon D. and Cumbers, A. (2010) Old Industrial Regions in Europe: A Comparative Assessment of Economic Performance. *Regional Studies*, vol. 44, issue 1, pp. 35-53.
- 21.Сопина Н.В., Кан Е.Н. Зависимость уровня конкурентоспособности России от степени развития сектора информационно-коммуникационных технологий // Экономические отношения. – 2020. – Т. 10. – № 2 – С. 395-408.
- 22.Pfohl E, Yahsi B., Kurnaz T. (2015) The impact of Industry 4 on the supply chain. HICLConference proceedings, pp. 31-58.
- 23.Баркалов С.А., Демченко К.С., Руссман И.Б. Модели анализа деятельности производственных объединений на базе функций Кобба – Дугласа // Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова. – М.: Препринт. – 2000.
- 24.Кляйн, Лоуренс. Вклад Яна Тинбергена в экономическую науку // Экономист. – 2004. – № 152 (2). – С. 155-157.
- 25.Асемоглу, Д. Введение в теорию современного экономического роста: в 2 кн. Кн. 1 / Д. Асемоглу; пер. с англ. под науч. ред. К. Сосунова // Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС. – 2018. — 928 с.

26. Шеве Г., Хюзиг С., Гумерова Г.И., Шаймиева Э.Ш. Менеджмент 4.0. цифровой экономики Германии: опыт и инструменты для цифровой экономики России. - Казань: Издательство «Познание». – 2020. – 75 с.

1. Abdrahmanova G.I., Vasil'kovskij S.A., Vishnevskij K.O. [i dr.]. (2022) Tendencii razvitiya interneta: ot cifrovyh vozmozhnostej k cifrovoj real'nosti: Analiticheskij doklad [Trends in the development of the Internet: from digital capabilities to digital reality: Analytical report] // Moskva: Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaya shkola ekonomiki» [Moscow: National Research University Higher School of Economics]. – 228 p. – ISBN 978-5-7598-2602-6. – DOI 10.17323/978-5-7598-2602-6. – EDN TDSMIF. (In Russ.)
2. Asemoglu, D. (2018) Vvedenie v teoriyu sovremenennogo ekonomicheskogo rosta: v 2 kn. Kn. 1 [Introduction to the theory of modern economic growth: in 2 books. Book 1] / D. Asemoglu; per. s angl. pod nauch. red. K. Sosunova // Moskva: Izdatel'skij dom «Delo» RANHiGS [Moscow: Publishing House "Delo" RANEPA]. — 928 p. — ISBN 978-5-7749-1262-9. (In Russ.)
3. Babkin A.V., Burkal'ceva D.D., Kosten' D.G., Vorob'ev YU.N. (2017) Formirovanie cifrovoj ekonomiki v Rossii: sushchnost', osobennosti, tekhnicheskaya normalizaciya, problemy razvitiya [Formation of the digital economy in Russia: essence, features, technical normalization, development problems] // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki [Scientific and technical bulletin of SPbGPU. Economic sciences]. – T. 10. – № 3 – P. 9-25. (In Russ.)
4. Barkalov S.A., Demchenko K.S., Russman I.B. (2000) Modeli analiza deyatel'nosti proizvodstvennyh ob"edinenij na baze funkciij Cobba – Duglasa [Models for analyzing the activities of industrial associations based on Cobb-Douglas functions] // Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova [Trapeznikov Institute of Management Problems]. – Moskva: Preprint. (In Russ.)
5. Vishnevskij K.O., Gohberg L.M., Dement'ev V.V. [i dr.] (2021). Cifrovye tekhnologii v rossijskoj ekonomike: Analiticheskij doklad [Digital technologies in the Russian economy: Analytical report] // Moskva: Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaya shkola ekonomiki» [Moscow: National Research University Higher School of Economics]. – 116 p.– DOI 10.17323/978-5-7598-2199-1. – EDN ZJQWHB. (In Russ.)
6. Gavrish S.A., Gohberg L.M., Gribkova D.E. [i dr.]. (2022) Proryvnye innovacii: chelovek 2.0: Doklad k XXIII YAsinskoj (Aprel'skoj) mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moskva, 4–8 aprelya 2022 g. [Breakthrough innovations: Man 2.0: Report to

the XXIII Yasin (April) International Scientific Conference on Problems of Economic and Social Development, Moscow, April 4-8, 2022] // Moskva: Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaya shkola ekonomiki» [Moscow: National Research University "Higher School of Economics"]. – 56 p. – ISBN 978-5-7598-2649-1. – DOI 10.17323/978-5-7598-2649-1. – EDN QGGDTQ. (In Russ.)

7. El'shin L.A., Safiullin M.R., Abdukaeva A.A. (2019) Ocenka effektivnosti cifrovoj transformacii ekonomiki regionov Rossii [Evaluation of the effectiveness of the digital transformation of the economy of the regions of Russia] // Ekonomicheskij vestnik Respubliki Tatarstan [The Economic Journal of the Republic of Tatarstan]. – № 3. – P. 5-12. (In Russ.)

8. Klyajn, Lourens. (2004) Vklad YAna Tinbergena v ekonomiceskuyu nauku [Jan Tinbergen's contribution to economics] // Ekonomist [The Economist]. – № 152 (2). – P. 155-157. (In Russ.)

9. Koshevenko S.V. (2018) Cifrovaya transformaciya mirovoj ekonomiki [Digital transformation of the world economy] // Ekonomicheskij zhurnal [The Economic Journal]. – № 3 (51). – P. 77-90. (In Russ.)

10. Muminov N.G., Zahirova G.M. (2020) Rol' gosudarstvennyh zakupok v cifrovizacii ekonomiki i vnedrenii elektronnoj torgovli [The role of public procurement in the digitalization of the economy and the introduction of electronic commerce] // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki [The Scientific and Technical journal of SPbPU. Economic sciences]. – T. 13. – № 2 – P. 30-39. – DOI: 10.18721/JE.13203. (In Russ.)

11. Petrikova E.M. (2021) Cifrovaya transformaciya ekonomiki i finansirovaniye nacional'nogo proekta «Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii» [Digital transformation of the economy and financing of the national project "Digital economy of the Russian Federation"] / E. M. Petrikova // Finansovyj menedzhment [Financial Management]. – № 2. – P. 94-105. – EDN IRYNYS. (In Russ.)

12. Revenko L.S., Revenko N.S. (2017) Mezhdunarodnaya praktika realizacii programm razvitiya cifrovoj ekonomiki: primery SSHA, Indii, Kitaya i ES [International practice of implementing digital economy development programs: examples of the USA, India, China and the EU] // Mezhdunarodnye processy [International processes]. – T. 15. – № 4 (51). – P. 20-39. (In Russ.)

13. Sopina N.V., Kan E.N. (2020) Zavisimost' urovnya konkurentosposobnosti Rossii ot stepeni razvitiya sektora informacionno-kommunikacionnyh tekhnologij [Dependence of the level of competitiveness of Russia on the degree of development of the information and communication technologies]

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

sector] // Ekonomicheskie otnosheniya [Economic relations]. – T. 10. – № 2. – P. 395-408. (In Russ.)

14.Turko L.V. (2019) Sushchnost' fenomena cifrovoj ekonomiki, analiz opredelenij ponyatiya «cifrovaya ekonomika» [The essence of the phenomenon of the digital economy, the analysis of definitions of the concept of "digital economy"] / L.V. Turko // Rossijskij ekonomicheskij internet-zhurnal [Russian Economic Online Journal]. – № 2. – P. 88. – EDN WJPZSV. (In Russ.)

15.Uskov V.S. (2020) Problemy formirovaniya gosudarstvennoj promyshlennoj politiki v usloviyah cifrovizacii ekonomiki [Problems of formation of the state industrial policy in the conditions of digitalization of the economy] // Ekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz [Economic and social changes: facts, trends, forecast]. – T. 13. – № 6. – P. 134-151. (In Russ.)

16.Fedorenko V.I. (2020) Obosnovanie faktorov, formiruyushchih potrebitel'skoe povedenie v social'nyh setyah na etape cifrovizacii rossijskoj ekonomiki [Substantiation of factors shaping consumer behavior in social networks at the stage of digitalization of the Russian economy] // Innovacii i investicii [Innovations and Investments]. – № 11. – P. 158-163. (In Russ.)

17.Halin V.G., Chernova G.V. (2018) Cifrovizaciya i ee vliyanie na rossijskuyu ekonomiku i obshchestvo: preimushchestva, vyzovy, ugrozy i riski [Digitalization and its impact on the Russian economy and society: advantages, challenges, threats and risks] // Upravlencheskoe konsul'tirovanie [Managerial consulting]. – № 10. – P. 46-63. (In Russ.)

18.SHeve G., Hyuzig S., Gumerova G.I., SHajmiev E.SH. (2020) Menedzhment 4 cifrovoj ekonomiki Germanii: opyt i instrumenty dlya cifrovoj ekonomiki Rossii [Management 4 of the Digital Economy of Germany: experience and tools for the digital economy of Russia]. – Kazan': Izdatel'stvo «Poznanie» [Kazan: The Publishing House "Cognition"]. – 75 p. – EDN CEJDQK. (In Russ.)