



Научная статья

УДК 332.1

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18604>

EDN: <https://elibrary/NHDNSY>



## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.А. Динмухаметова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казань, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Казань, Российская Федерация

[aliyaabdukaeva@mail.ru](mailto:aliyaabdukaeva@mail.ru)

**Аннотация.** В современной экономической парадигме цифровая трансформация утверждалась в качестве ключевого драйвера социально-экономического развития территорий. Однако ее результативность демонстрирует значительную вариативность, обусловленную неравенством в доступности финансовых и технологических ресурсов, различиями в институциональной среде и качеством человеческого капитала. Эта неоднородность создает риски усиления диспропорций в развитии регионов, что обуславливает необходимость в разработке надежных инструментов для сравнительной оценки их эффективности в условиях цифровой трансформации. Цель исследования заключается в разработке и практической апробации комплексного методического подхода, позволяющего реализовать сравнительную оценку эффективности региональных систем в контексте задач цифровой трансформации. Эмпирической базой для тестирования методологии служат данные по регионам Приволжского федерального округа (ПФО). В основу методологии положена модель анализа среди функционирования, адаптированная к специфике региональных систем. Это позволило количественно оценить относительную эффективность использования цифрового потенциала каждым регионом. Еще одним этапом исследования является классификация региональных систем с использованием кластерного анализа. Проведенные расчеты на основе данных за 2016 и 2023 гг. зафиксировали положительную динамику, выразившуюся в росте среднего уровня эффективности цифровой трансформации в регионах ПФО. Кластерный анализ выявил устойчивую стратификацию, позволив распределить все регионы округа на три отчетливо различимые группы, соответствующие высокому, среднему и низкому уровням развития цифровой трансформации. Разработанный методический подход обладает высокой практической значимостью, т.к. его результаты могут быть использованы органами регионального управления для выработки адресных и адаптированных к конкретным условиям стратегических решений в области цифровой трансформации. Перспективным вектором для последующего научного поиска видится расширение временного горизонта анализа. Это позволит не только отследить долгосрочную динамику, но и проанализировать траектории перемещения регионов между идентифицированными кластерами.

**Ключевые слова:** технологическое лидерство, цифровая трансформация, Приволжский федеральный округ, эффективность, регионы

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания «Экономика импортозамещения региона в условиях трансформации логистических цепочек и деглобализации» (FZSM-2023-0017).

**Для цитирования:** Динмухаметова А.А. (2025) Оценка эффективности цифровой трансформации региональных экономических систем. *Π-Economy*, 18 (6), 71–83. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18604>



## ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF REGIONAL ECONOMIC SYSTEMS

A.A. Dinmukhametova<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup> Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation;

<sup>2</sup> Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation

 [aliyaabdukaeva@mail.ru](mailto:aliyaabdukaeva@mail.ru)

**Abstract.** In the modern economic paradigm, digital transformation has established itself as a key driver of socio-economic development in territories. However, its outcomes demonstrate significant variability, driven by disparities in the availability of financial and technological resources, differences in the institutional environment, and the quality of human capital. This heterogeneity creates risks of increasing regional development disparities, necessitating the development of reliable tools for the comparative assessment of their effectiveness in the context of digital transformation. The study aims to develop and practically test a comprehensive methodological approach for the comparative assessment of the effectiveness of regional systems within the framework of digital transformation. The empirical basis for testing the methodology is data from the regions of the Volga Federal District (VFD). The methodology is based on a Data Envelopment Analysis (DEA) model, adapted to the specifics of regional systems. This allowed for a quantitative assessment of the relative efficiency of each region's use of its digital potential. Another stage of the research involved the classification of regional systems using cluster analysis. Calculations based on data from 2016 and 2023 recorded positive dynamics, manifested in an increase in the average level of digital transformation efficiency in the VFD regions. Cluster analysis revealed a stable stratification, distributing all regions of the district into three distinct groups corresponding to high, medium, and low levels of digital transformation development. The developed methodological approach is of high practical value, as its results can be used by regional authorities to formulate targeted strategic decisions in the field of digital transformation, tailored to specific local conditions. A promising direction for subsequent scientific inquiry is the expansion of the analysis timeframe. This would allow for not only tracking long-term dynamics, but also analyzing the trajectories of regions transitioning between the identified clusters.

**Keywords:** technological leadership, digital transformation, Volga Federal District, efficiency, regions

**Acknowledgements:** The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment “Economics of import substitution of the region in the context of transformation of supply chains and deglobalization” (FZSM-2023-0017).

**Citation:** Dinmukhametova A.A. (2025) Assessing the effectiveness of digital transformation of regional economic systems. *π-Economy*, 18 (6), 71–83. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.18604>

### Введение

Стремительное повсеместное проникновение цифровых технологий трансформирует целие отрасли и приводит к изменению привычных принципов конкурирования экономических субъектов. Такие изменения распространяются на все сферы и уровни экономики, в том числе и на региональные системы. Сегодня цифровая трансформация рассматривается как один из ключевых факторов экономического роста. Это подтверждается результатами, полученными в исследованиях таких авторов, как В.Г. Варнавский [1], Ц. Чжан и др. [2], М.Р. Сафиуллин и др. [3], Т.В. Миролюбова и М.В. Радионова [4], Е.П. Кочетков [5].

Таким образом, скорость адаптации к новым технологиям и изменениям, связанным с их развитием, является необходимым условием устойчивого развития региональной системы.



Актуальность исследования вопросов цифровой трансформации подтверждается вниманием Правительства Российской Федерации. Принятие ряда стратегических документов, направленных на развитие цифровой экономики, значительным образом усилило готовность региональных экономических систем к «цифровому» переходу. В условиях реализации национальных проектов особый интерес представляет поиск решений, направленных на оценку «цифрового отклика» региональных систем, который может быть выражен приростом их экономического благосостояния. Необходимость таких исследований была дополнительно подтверждена в период пандемии COVID-19, когда цифровая зрелость стала критическим фактором устойчивости экономик [6, 7]. Таким образом, анализ эффективности цифровой трансформации важен не только для оценки ее вклада в экономический рост, но и для понимания ее влияния на социальную инклюзивность и общее благосостояние населения, что в конечном итоге определяет вектор долгосрочного развития территории.

### **Литературный обзор**

В научном поле накоплено достаточное количество работ, посвященных исследованию вопросов цифровой трансформации.

Фундаментом исследований выступают труды по концептуализации и разграничению терминов. Исследования К.В. Фролова и др. [8], Л.В. Силаковой и др. [9] и Е.И. Рузиной [10] были сосредоточены на дифференциации смежных понятий «цифровизация», «цифровая экономика» и «цифровая трансформация». В то время как Е.И. Рузина [10] акцентирует внимание на технологических аспектах, К.В. Фролов и др. [8] рассматривают трансформацию как обновление программных решений. Исследование К. Тратковской [11] сосредоточено на анализе новых бизнес-моделей. Таким образом, в данном направлении сформировался консенсус о многоуровневости цифровой трансформации, однако акценты в определениях продолжают варьироваться в зависимости от научной школы автора.

Следующим логическим шагом стало развитие методов количественной оценки цифровой трансформации. Это направление отвечает на вопрос: как измерить то, что было концептуализировано? С. Чжао и др. [12] предложили систему индикаторов на уровне компаний, фокусируясь на интеграции цифровых технологий в операционные процессы. В свою очередь, А.В. Жерегеля [13] определил структурные составляющие, необходимые для цифровой трансформации бизнеса, а Ф. Имран [14] разработал индекс для оценки готовности государственных учреждений. Несмотря на разнообразие подходов, их объединяет общая задача – преодолеть умозрительность понятий и перевести их в плоскость измеримых показателей.

Особую сложность представляет применение этих метрик в условиях значительной региональной дифференциации, характерной для Российской Федерации. Исследователи [15–19] единодушно указывают на неэффективность унифицированных подходов к оценке цифрового развития регионов. Например, Т.В. Миролюбова и М.В. Радионова [19] и А.Х. Казанбиева [17] разработали методики, учитывающие ресурсную обеспеченность территорий, в то время как Д.Е. Бекбергенева и др. [20] акцентируют внимание на инновационном потенциале. Ключевой вывод этого блока исследований заключается в том, что успешная цифровая политика должна быть адаптивной и учитывать специфику каждого региона.

Повсеместное внедрение и ускоренное развитие цифровых технологий закономерно привели к выявлению сопутствующих рисков и угроз. В работах [20–29] анализируются как технологические угрозы, например киберпреступность [24–27], так и социально-экономические – в частности, риск усугубления дифференциации между «передовыми» и «отстающими» регионами [20–25]. Это направление исследований служит важным противовесом технологическому оптимизму, указывая на то, что цифровая трансформация является источником не только возможностей, но и новых вызовов для устойчивого развития.



Результаты проведенного анализа позволяют констатировать определенную динамику в развитии научной мысли: первоначальный этап, связанный с концептуализацией цифровой трансформации, сменился фазой разработки метрического аппарата для ее количественной оценки, а затем – этапом критического анализа региональных диспропорций и потенциальных рисков. Несмотря на это, методология оценки результативности и эффективности процессов цифровой трансформации остается областью, требующей дальнейшей разработки. Настоящее исследование призвано восполнить данный пробел. Таким образом, целью исследования являются разработка методического подхода к оценке эффективности цифровой трансформации региональных экономических систем и его апробация на примере регионов Приволжского федерального округа (ПФО).

В соответствии с целью обозначены следующие задачи:

- провести анализ взглядов и подходов к изучению процесса цифровой трансформации;
- реализовать методику оценки эффективности цифровой трансформации с использованием моделей анализом среды функционирования (Data Envelopment Analysis, DEA) применительно к региональным системам ПФО;
- осуществить классификацию региональных систем по уровню цифровой эффективности с применением кластерного анализа.

### Методы и этапы исследования

На первоначальном этапе исследования сформулировано авторское определение ключевого понятия. С учетом анализа научной литературы «цифровая трансформация региона» понимается как процесс структурных изменений в социально-экономической и пространственной организации территории, детерминированный внедрением и диффузией цифровых технологий общего назначения, а также формируемым ими новым технологическим и институциональным потенциалом, который определяет траекторию, динамику и качество экономического роста.

Под эффективностью цифровой трансформации региональной экономической системы понимается относительная величина, характеризующая способность региона конвертировать совокупные ресурсные вложения в цифровую трансформацию, в прирост социально-экономического благосостояния и в повышение конкурентоспособности.

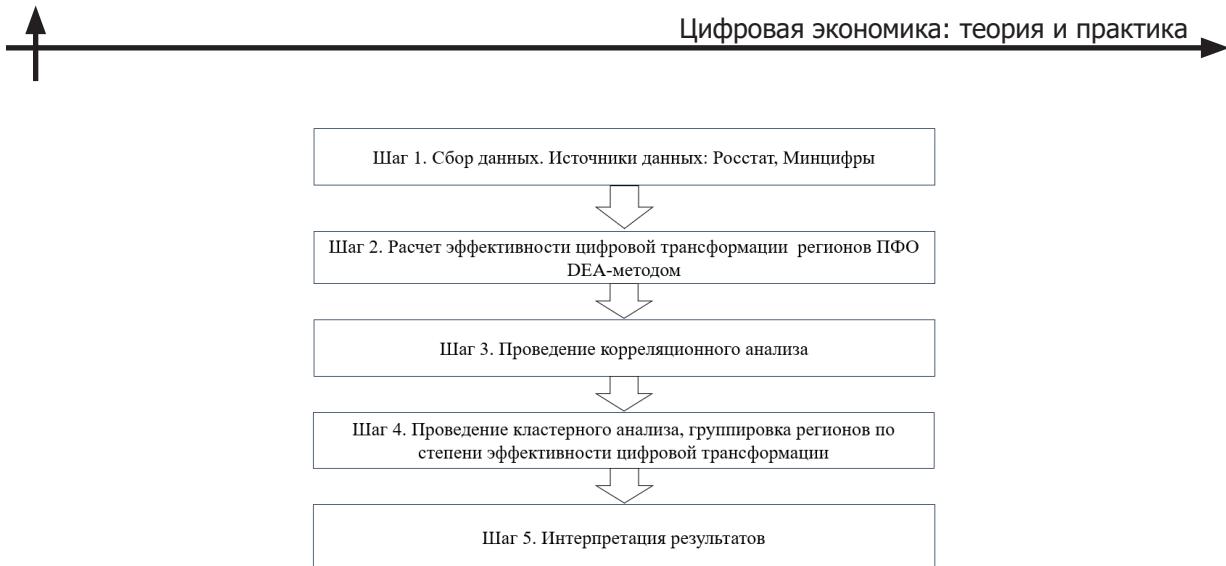
Исследование предложено реализовать в несколько этапов. В концентрированном виде алгоритм представлен на рис. 1.

Первоначальный этап предусматривает сбор и последующую стандартизацию совокупности анализируемых показателей. Выборку наблюдений составили регионы, входящие в ПФО. Анализ проводился на данных за 2016 и 2023 гг. Выбор 2016 г. в качестве базового обусловлен тем, что он представляет собой период, предшествующий реализации национального проекта «Цифровая экономика», что позволяет зафиксировать исходное состояние исследуемых параметров.

Традиционно под эффективностью понимают соотношение результата к затраченным ресурсам. Таким образом, для оценки эффективности цифровой трансформации региональных систем необходимо сформировать перечень входных (факторных) и выходных (результатирующих) показателей. Перечень исходных данных представлен на рис. 2.

В качестве ресурсов в настоящем исследовании выбраны следующие показатели:

- затраты на внедрение и использование цифровых технологий, млн руб.;
- численность занятых в секторе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), тыс. чел.;
- уровень проникновения широкополосного доступа в Интернет, %;
- объем инвестиций в основной капитал, направленных на приобретение ИКТ-оборудования, млн руб.;



Источник: составлено автором

Рис. 1. Алгоритм исследования

Fig. 1. Research algorithm



Источник: составлено автором

Рис. 2. Перечень входных и выходных параметров

Fig. 2. List of input and output parameters

— расходы на научно-исследовательские работы в сфере ИКТ, млн руб.;

— численность сотрудников, выполнивших научные исследования и разработки.

Все абсолютные показатели пронормированы на численность населения.

В качестве результирующих выбраны:

— валовой региональный продукт на душу населения, млн руб.;

— доля населения, использовавшего Интернет для получения государственных и муниципальных услуг, %;

— доля инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %.

В соответствии с подходом, представленным на рис. 1, на следующем этапе исследования осуществляется расчет эффективности цифровой трансформации с использованием DEA-модели. Метод базируется на модели линейного программирования, где целевой функцией является эффективность, а ее максимальное значение достигается оптимизацией входных параметров [30–32]. Расчет осуществляется по формуле:

$$e_i = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \rightarrow \max,$$

где  $e_i$  – эффективность цифровой трансформации  $i$ -го региона;  $y_{r0}$  – выходные параметры;  $x_{i0}$  – входные параметры;  $u_r$ ,  $v_i$  – весовые коэффициенты, при ограничениях:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{j=1}^J v_j x_{j0}} \leq 1, \quad v_i \geq 0, \quad u_r \geq 0.$$

### Результаты и обсуждение

Результаты расчета эффективности цифровой трансформации на примере регионов ПФО представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Результаты DEA-моделирования за 2016 и 2023 гг.**  
**Table 1. Results of DEA modeling for 2016 and 2023**

Регион	2016 г.	2023 г.	Изменение
	$e_i$		
Республика Татарстан (Татарстан)	1	1	—*
Республика Башкортостан	1	1	—
Республика Мордовия	1	1	—
Удмуртская Республика	1	1	—
Чувашская Республика – Чувашия	1	1	—
Республика Марий Эл	1	1	—
Оренбургская область	1	0,733	▼**
Самарская область	1	0,803	▼
Кировская область	0,984	1	▲***
Пермский край	0,906	0,985	▲
Пензенская область	0,872	0,944	▲
Нижегородская область	0,839	1	▲
Ульяновская область	0,725	1	▲
Саратовская область	0,724	1	▲
Среднее	<b>0,93</b>	<b>0,96</b>	

\*— – нет изменений.

\*\*▼ – снижение значения целевой функции (эффективность цифровой трансформации).

\*\*\*▲ – рост значения целевой функции (эффективность цифровой трансформации).

Источник: рассчитано автором



Результаты, представленные в табл. 1, свидетельствуют об улучшении среднего уровня эффективности цифровой трансформации регионов ПФО: 0,96 в 2023 г. против 0,93 в 2016 г. Сразу шесть регионов (Кировская область, Пермский край, Пензенская, Нижегородская, Ульяновская, Саратовская области) улучшили свои позиции.

Республика Татарстан, Республика Башкортостан, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Республика Марий Эл сохраняют максимальные значения эффективности ( $e_i = 1$ ). Однако, несмотря на общий положительный тренд, в Оренбургской и Самарской областях произошло снижение значения эффективности цифровой трансформации.

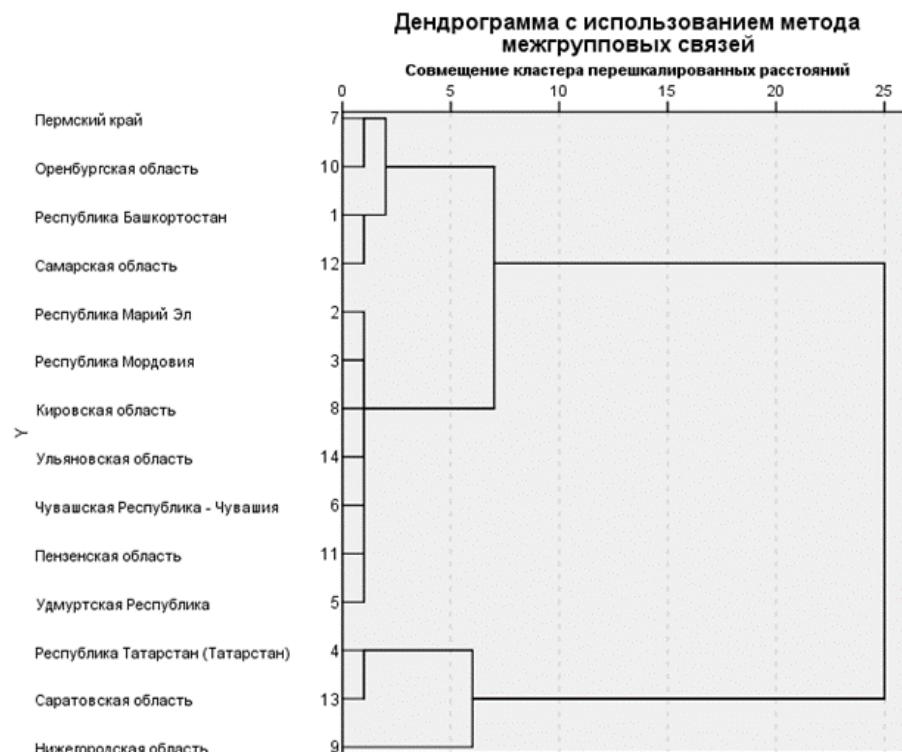
Полученные результаты позволяют перейти к следующему шагу исследования – классификации региональных систем по уровню цифрового развития с применением кластерного анализа. Расчет состоит следующих основных этапов:

- 1) корреляционный анализ;
- 2) классификация регионов ПФО по уровню цифровой трансформации.

Корреляционный анализ реализован на основе отобранных ранее факторных показателей. Источником данных является Федеральная служба государственной статистики. Результаты корреляционного анализа представлены в табл. 2.

Согласно полученным результатам, между сравниваемыми переменными отсутствует мультиколлинеарность, что позволяет реализовать кластерный анализ.

На последнем шаге реализована процедура кластерного анализа с использованием метода межгрупповых связей. Для анализа использованы ресурсные показатели, представленные на рис. 2. Результаты приведены на рис. 3.



Источник: составлено автором

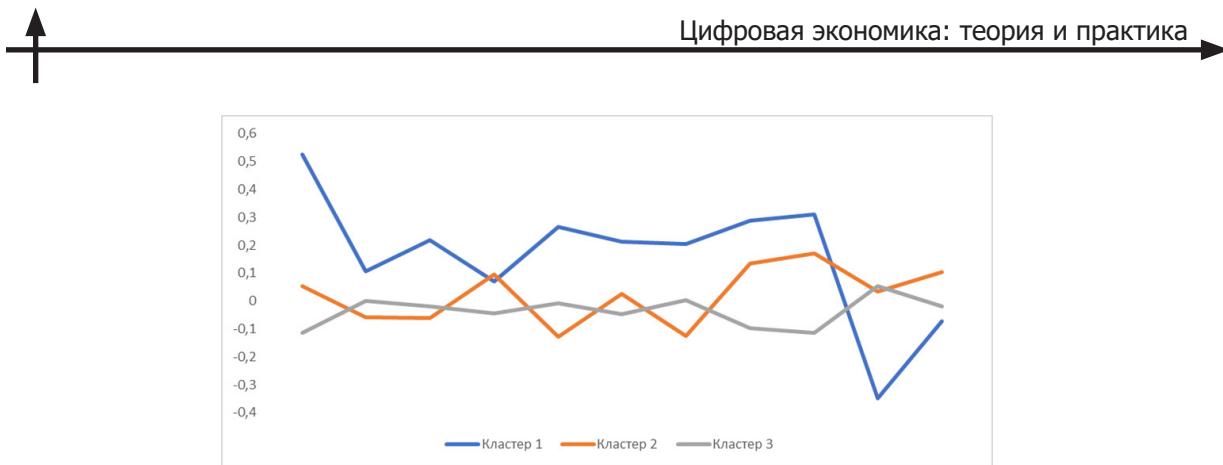
Рис. 3. Дендрограмма результатов кластерного анализа

Fig. 3. Dendrogram of cluster analysis results

Таблица 2. Результаты корреляционного анализа  
Table 2. Results of correlation analysis

		$x_1$ – затраты на внедрение и использование цифровых технологий	$x_2$ – численность занятых в секторе ИКТ	$x_3$ – уровень проникновения широкополосного доступа в Интернет	$x_4$ – объем инвестиций в основной капитал, направленных на приобретение ИКТ-оборудования	$x_5$ – расходы на научно-исследовательские работы в сфере ИКТ	$x_6$ – численность сотрудников, выполнивших научные исследования и разработки
2016 г.							
$x_1$	1,000	0,02		0,146	0,185	0,201	0,385
$x_2$		1,000		0,177	-0,255	0,480	0,395
$x_3$			1,000	0,295	-0,115		0,016
$x_4$				1,000	-0,392		-0,211
$x_5$					1,000	0,206	
$x_6$						1,000	
2023 г.							
$x_1$	1,000	0,126		0,237	0,255	0,280	0,454
$x_2$		1,000		0,221	-0,213	0,393	0,383
$x_3$			1,000	0,168	0,090		0,03
$x_4$				1,000	-0,386		-0,386
$x_5$					1,000		0,180
$x_6$						1,000	

Источник: рассчитано автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики



Источник: составлено автором

Рис. 4. Нормированные профили по трем кластерам

Fig. 4. Normalized profiles for three clusters

Проведенный кластерный анализ на основе дендрограммы позволил выделить три группы регионов в ПФО по уровню цифровой трансформации.

Первый кластер, в который вошли Республика Татарстан, Нижегородская и Саратовская области, демонстрирует наивысшие результаты. Показатели этих регионов по всем анализируемым сферам (экономика, инфраструктура, инновации, кадровый потенциал) существенно превышают средние значения по ПФО.

Второй кластер составили четыре региона со средним уровнем развития: Республика Башкортостан, Пермский край, Оренбургская и Самарская области. Их показатели стабильны, но ниже, чем в первом кластере, и не демонстрируют значительных прорывов.

Третий кластер объединил семь регионов (Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Кировская, Пензенская и Ульяновская области) с наиболее низкими значениями большинства показателей. Существенное отставание данной группы указывает на необходимость разработки целевых мер для сокращения цифрового разрыва.

Профили полученных кластеров подтверждают разнородный характер групп (рис. 4).

Кластеризация региональных систем по уровню ресурсной составляющей (шесть показателей) несколько отличается от результатов расчета эффективности цифровой трансформации, представленных в табл. 1. Например, Республика Марий Эл и Чувашская Республика, получившие максимальную оценку эффективности, попали в отстающий кластер по уровню развития цифровой трансформации, а Нижегородская область, регулярно демонстрирующая высокие результаты как в социально-экономическом направлении, так и в области цифровой трансформации, в 2016 г. не достигает максимального значения эффективности.

Это объясняется тем, что даже при скромных ресурсах регионы способны извлекать максимальную выгоду из них.

### Заключение

Настоящее исследование включает анализ существующих теоретико-методологических подходов к изучению цифровой трансформации, на основе которого сформулировано и обосновано авторское определение данного понятия.

Эмпирический анализ, выполненный с помощью DEA-метода, позволил выявить позитивную динамику эффективности цифровой трансформации в регионах ПФО в 2016 и 2023 гг. Проведенный сравнительный анализ данных зафиксировал следующие тенденции: количество регионов, достигших максимального уровня эффективности, возросло с восьми до десяти.

Одновременно среднее значение интегрального показателя эффективности по округу увеличилось с 0,93 до 0,96.

В целях структурирования исследуемых объектов был применен кластерный анализ. По его результатам все регионы ПФО были распределены на три статистически обоснованные группы, соответствующие высокому, среднему и низкому уровням развития цифровой трансформации.

Таким образом, полученные результаты эмпирически обосновывают необходимость разработки и внедрения дифференцированного инструментария государственной политики, адаптированного к специфике выявленных типов региональных систем.

#### **Направления дальнейших исследований**

Направлением для дальнейших исследований может стать расширение временного диапазона анализируемых показателей с целью анализа динамики перемещения регионов между кластерами для проверки гипотезы о сокращении («догоняющая» конвергенция) или, наоборот, об увеличении (дивергенция) цифрового разрыва между регионами-лидерами и аутсайдерами.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Варнавский В.Г. (2024) Цифровизация как источник экономического роста. *Общественные науки и современность*, 2, 63–78. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869049924020058>
2. Zhang Q., Wu P., Li R., Chen A. (2024) Digital transformation and economic growth Efficiency improvement in the Digital media era: Digitalization of industry or Digital industrialization? *International Review of Economics & Finance*, 92, 667–677. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.02.010>
3. Сафиуллин М.Р., Абдукаева А.А., Ельшин Л.А. (2019) Оценка и анализ цифровой трансформации региональных экономических систем Российской Федерации: методические подходы и их апробация. *Вестник университета*, 1 (12), 133–143. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2019-12-133-143>
4. Миролюбова Т.В., Радионова М.В. (2023) Цифровая трансформация и ее влияние на социально-экономическое развитие российских регионов. *Экономика региона*, 19 (3), 697–710. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-3-7>
5. Кочетков Е.П. (2019) Цифровая трансформация экономики и технологические революции: вызовы для текущей парадигмы менеджмента и антикризисного управления. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 10 (4), 330–341. DOI: <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019-4-330-341>
6. Ахунов Р.Р., Ахунова Л.Р., Маричев С.Г., Низамутдинов Р.И. (2021) Российские нефтегазовые регионы в период коронакризиса и их цифровая трансформация. *R-Economy*, 7 (3), 179–191. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2021.7.3.016>
7. Писарев И.В., Бывшев В.И., Пантелеева И.А., Парфентьева К.В. (2022) Исследование готовности регионов России к цифровой трансформации. *π-Economy*, 15 (2), 22–37. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15202>
8. Фролов К.В., Бабкин А.В., Фролов А.К. (2024) Понятие и сущность цифровизации и цифровой трансформации на основе фундаментальных и прикладных аспектов системно-кибернетической теории. *π-Economy*, 17 (1), 7–26. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17101>
9. Силакова Л.В., Андроник А., Киселев А.Д. (2024) Сущность цифровой трансформации: понятие и процесс. *Baikal Research Journal*, 15 (2), 568–579. DOI: [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2024.15\(2\).568-579](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2024.15(2).568-579)
10. Рузина Е.И. (2022) Цифровизация: об определении понятия, о выгодах и рисках цифровой трансформации. *Горизонты экономики*, 5 (71), 96–99.
11. Tratkowska K. (2020) Digital transformation: theoretical backgrounds of digital change. *Management Sciences*, 24 (4), 32–37. DOI: <https://doi.org/10.15611/ms.2019.4.05>
12. Zhao X., Chen Q., Yuan X., Yu Y., Zhang H. (2024) Study on the impact of digital transformation on the innovation potential based on evidence from Chinese listed companies. *Scientific Reports*, 14, art. no. 6183. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56345-2>
13. Жерегеля А.В. (2023) Управление бизнес-процессами организации в контексте цифровой трансформации. *Управление*, 11 (1), 105–112. DOI: <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2023-11-1-105-112>



14. Imran F., Shahzad K., Butt A., Kantola J. (2021) Digital Transformation of Industrial Organizations: Toward an Integrated Framework. *Journal of Change Management*, 21 (4), 451–479. DOI: <https://doi.org/10.1080/14697017.2021.1929406>
15. Строев В.В., Сидоренко С.В. (2024) Анализ цифровой зрелости регионов Российской Федерации. *Вестник университета*, 5, 5–14. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2024-5-5-14>
16. Вереникин А.О., Вереникина А.Ю. (2024) Потенциал цифровой трансформации: рейтинг регионов РФ. *Экономика региона*, 20 (4), 1008–1025. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-4-3>
17. Казанбиева А.Х. (2023) Оценка уровня цифровизации российских регионов. *Инновации и инвестиции*, 4, 369–375.
18. Пирогова Л.В. (2025) Оценка уровня цифровизации регионов: методические и практические аспекты. *Современная экономика: проблемы и решения*, 4 (184), 35–52. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2025/4/35-52>
19. Миролюбова Т.В., Радионова М.В. (2021) Оценка влияния факторов цифровой трансформации на региональный экономический рост. *Регионология*, 29 (3), 486–510. DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.116.029.202103.486-510>
20. Бекбергенева Д.Е., Слободян М.Л., Шепелевич С.С. (2023) Анализ уровня цифровой трансформации и автоматизации процессов ключевых субъектов экономических отношений. *Финансовый бизнес*, 2 (236), 10–13.
21. Бабкин А.В., Лошаков А.С. (2021) Формирование направлений совершенствования экономической безопасности предприятия в условиях цифровой трансформации. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 14 (6), 78–88. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.14606>
22. Усманов Д.И., Анищенко А.Н. (2023) Теоретико-методические подходы к исследованию процессов экономической конвергенции и дивергенции региональных интеграционных. *Проблемы рыночной экономики*, 1, 68–87. DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-1-68-87>
23. Блашкина Д.А. (2025) Цифровое неравенство и технологический разрыв на примере стран Россия, Китай, Индия и Бразилия. *Экономическое развитие России*, 32 (1), 4–13.
24. Варламова Ю.А., Подкорытова О.А. (2023) Межстрановая конвергенция широкополосного доступа в Интернет. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 39 (2), 159–178. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2023.201>
25. Rath B.N., Panda B., Akram V. (2022) Convergence and determinants of ICT development in case of emerging market economies. *Telecommunications Policy*, 47 (2), art. no. 102464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102464>
26. Имашев А.А. (2025) Проблемы кибербезопасности в эпоху облачных вычислений, риски и их решения. *Sciences of Europe*, 159, 66–69. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14956971>
27. Dasgupta D., Akhtar Z., Sen S. (2020) Machine learning in cybersecurity: a comprehensive survey. *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, 19 (1), 57–106. DOI: <https://doi.org/10.1177/1548512920951275>
28. Шкодинский С.В., Крупнов Ю.А., Толмачев О.М. (2023) Цифровая трансформация банковских бизнес-моделей и проблемы обеспечения кибербезопасности. *Вестник евразийской науки*, 15 (3), art. no. 08ECVN323.
29. Тюленева Т.А. (2020) Цифровизация горнодобывающей промышленности региона: проблемы и перспективы. *Вестник Сургутского государственного университета*, 4, 25–33. DOI: <https://doi.org/10.34822/2312-3419-2020-4-25-33>
30. Аксянова А.В., Динмухаметова А.А., Андриянова А.В. (2024) Оценка эффективности демографической политики: региональный аспект. *Экономический вестник Республики Татарстан*, 4, 10–17.
31. Amirteimoori A. (2011) An extended transportation problem: a DEA-based approach. *Central European Journal of Operations Research*, 19 (4), 513–521. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10100-010-0140-0>
32. Тишкин С.В. (2024) Оценка развития инновационных систем арктических регионов с помощью методики DEA-анализа. *Экономические науки*, 236, 227–231. DOI: <https://doi.org/10.144-51/1.236.227>

## REFERENCES

1. Varnavskii V.G. (2024) Digitalization as a driver of economic growth. *Social Sciences and Contemporary World*, 2, 63–78. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869049924020058>
2. Zhang Q., Wu P., Li R., Chen A. (2024) Digital transformation and economic growth Efficiency improvement in the Digital media era: Digitalization of industry or Digital industrialization? *International Review of Economics & Finance*, 92, 667–677. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.02.010>
3. Safiullin M.R., Abdukaeva A.A., Elshin L.A. (2019) Assessment and analysis of digital transformation of regional economic systems of the Russian federation: methodological approaches and their approbation. *Vestnik Universiteta*, 1 (12), 133–143. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2019-12-133-143>
4. Mirolubova T.V., Radionova M.V. (2023) Digital Transformation and its Impact on the Socio-Economic Development of Russian Regions. *Economy of regions*, 19 (3), 697–710. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-3-7>
5. Kochetkov E.P. (2019) Digital transformation of economy and technological revolutions: challenges for the current paradigm of management and crisis management. *Strategic decisions and risk management*, 10 (4), 330–341. DOI: <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2019-4-330-341>
6. Akhunov R.R., Akhunova L.R., Marichev S.G., Nizamutdinov R.I. (2021) Russian oil and gas regions during the COVID-19 crisis and their digital transformation. *R-Economy*, 7 (3), 179–191. DOI: <https://doi.org/10.15826/recon.2021.7.3.016>
7. Pisarev I.V., Byvshev V.I., Panteleeva I.A., Parfenteva K.V. (2022) Study on readiness of Russian regions for digital transformation. *π-Economy*, 15 (2), 22–37. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.15202>
8. Frolov K.V., Babkin A.V., Frolov A.K. (2024) Concept and essence of digitalization and digital transformation based on fundamental and applied aspects of the systems-cybernetic theory. *π-Economy*, 17 (1), 7–26. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17101>
9. Silakova L.V., Andronik A., Kiselyov A.D. (2024) The Essence of Digital Transformation: Concept and Process. *Baikal Research Journal*, 15 (2), 568–579. DOI: [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2024.15\(2\).568-579](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2024.15(2).568-579)
10. Ruzina E.I. (2022) Digitalization: on the definition of the concept, on the benefits and risks of digital transformation. *Gorizonty ekonomiki [Horizons of Economics]*, 5 (71), 96–99.
11. Tratkowska K. (2020) Digital transformation: theoretical backgrounds of digital change. *Management Sciences*, 24 (4), 32–37. DOI: <https://doi.org/10.15611/ms.2019.4.05>
12. Zhao X., Chen Q., Yuan X., Yu Y., Zhang H. (2024) Study on the impact of digital transformation on the innovation potential based on evidence from Chinese listed companies. *Scientific Reports*, 14, art. no. 6183. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56345-2>
13. Zheregelya A.V. (2023) Management of business processes of the organization in the context of digital transformation. *Management*, 11 (1), 105–112. DOI: <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2023-11-1-105-112>
14. Imran F., Shahzad K., Butt A., Kantola J. (2021) Digital Transformation of Industrial Organizations: Toward an Integrated Framework. *Journal of Change Management*, 21 (4), 451–479. DOI: <https://doi.org/10.1080/14697017.2021.1929406>
15. Stroev V.V., Sidorenko S.V. (2024) Analysis of digital maturity of the Russian regions. *Vestnik Universiteta*, 5, 5–14. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2024-5-5-14>
16. Verenikin A.O., Verenikina A.Y. (2024) Potential of Digital Transformation: Russian Regions Ranking. *Economy of regions*, 20 (4), 1008–1025. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-4-3>
17. Kazanbieva A.Kh. (2023) Assessment of the level of digitalization of Russian regions. *Innovacii i Investicii [Innovation & Investment]*, 4, 369–375.
18. Pirogova L.V. (2025) Assessment of the level of digitalization of regions: methodological and practical aspects. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 4 (184), 35–52. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2025/4/35-52>
19. Mirolubova T.V., Radionova M.V. (2021) Assessing the Impact of the Factors in the Digital Transformation on the Regional Economic Growth. *Regionology*, 29 (3), 486–510. DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.116.029.202103.486-510>
20. Bekbergeneva D.E., Slobodyan M.L., Shepelevich S.S. (2023) Analysis of the level of digital transformation and automation of processes of key subjects of economic relations. *Finansovyi biznes [Financial businesses]*, 2 (236), 10–13.



21. Babkin A.V., Loshakov A.S. (2021) Ways to improve enterprise economic security in the conditions of digital transformation. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 14 (6), 78–88. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.14606>
22. Usmanov D.I., Anishchenko A.N. (2023) Theoretical and methodological approaches to the study of the processes of economic convergence and divergence of regional integration associations. *Market economy problems*, 1, 68–87. DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-1-68-87>
23. Blashkina D.A. (2025) Tsifrovoe neravenstvo i tekhnologicheskii razryv na primere stran Rossiiia, Kitai, Indiia i Braziliia [Digital inequality and the technological divide: Russia, China, India, and Brazil]. *Ekonicheskoe razvitiye Rossii [Economic development in Russia]*, 32 (1), 4–13.
24. Varlamova J.A., Podkorytova O.A. (2023) Cross-country convergence of broad-band Internet access. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 39 (2), 159–178. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2023.201>
25. Rath B.N., Panda B., Akram V. (2022) Convergence and determinants of ICT development in case of emerging market economies. *Telecommunications Policy*, 47 (2), art. no. 102464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102464>
26. Imashev A. (2025) Cybersecurity challenges in the era of cloud computing, risks and its solutions. *Sciences of Europe*, 159, 66–69. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14956971>
27. Dasgupta D., Akhtar Z., Sen S. (2020) Machine learning in cybersecurity: a comprehensive survey. *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, 19 (1), 57–106. DOI: <https://doi.org/10.1177/1548512920951275>
28. Shkodinsky S.V., Krupnov Yu.A., Tolmachev O.M. (2023) Digital transformation of banking business models and cybersecurity issues. *The Eurasian Scientific Journal*, 15 (3), art. no. 08ECVN323.
29. Tyuleneva T.A. (2020) Digitalization of Regional Mining Industry: Problems and Prospects. *Surgut State University Journal*, 4, 25–33. DOI: <https://doi.org/10.34822/2312-3419-2020-4-25-33>
30. Aksyanova A.V., Dinmukhametova A.A., Andrianova A.V. (2024) Assessment of the effectiveness of demographic policy: regional aspect. *"Economic Bulletin of the Republic of Tatarstan*, 4, 10–17.
31. Amirteimoori A. (2011) An extended transportation problem: a DEA-based approach. *Central European Journal of Operations Research*, 19 (4), 513–521. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10100-010-0140-0>
32. Tishkov S.V. (2024) Otsenka razvitiia innovatsionnykh sistem arkticheskikh regionov s pomoshch'iu metodiki DEA-analiza [Assessing the Development of Innovation Systems in Arctic Regions Using the DEA Analysis Methodology]. *Ekonicheskie nauki [Economic Sciences]*, 236, 227–231. DOI: <https://doi.org/10.14451/1.236.227>

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

**ДИНМУХАМЕТОВА Алия Айдаровна**

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

**Aliya A. DINMUKHAMETOVA**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1262-5588>

*Поступила: 15.10.2025; Одобрена: 11.12.2025; Принята: 11.12.2025.*

*Submitted: 15.10.2025; Approved: 11.12.2025; Accepted: 11.12.2025.*