

УДК 330.4

ОЦЕНКА УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНУЮ ЭКОНОМИКУ

Касимова Т.М., Магомедова С.Р., Рабаданова М.Г.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала,
e-mail: taisa.kasimova@mail.ru

В настоящей статье построен индекс развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), включающий три субиндекса: «Доступ к ИКТ», «Использование ИКТ» и «Расходы на ИКТ». Составляющие субиндексов представляют собой нормированные средневзвешенные показатели информационных и коммуникационных технологий регионов РФ. Весовые коэффициенты субиндексов выступили в качестве управляющих факторов при расчете различных вариантов индекса. Произведена группировка регионов на основе методов кластерного анализа по уровню развития ИКТ. На основе значений интегрированного индекса составлен рейтинг развития ИКТ регионов РФ. Все регионы разбиты на три кластера – с низким, средним и высоким уровнем развития ИКТ. На примере Республики Дагестан – региона с низким уровнем развития ИКТ – построена модель временного ряда для индекса развития ИКТ, что позволило выявить его тенденцию и рассчитать прогнозные значения до 2022 г. При этом выявлена положительная динамика развития ИКТ в регионе на краткосрочную перспективу. На основе корреляционно-регрессионного анализа выявлены связи и зависимости ключевых социально-экономических показателей от субиндексов развития ИКТ регионов РФ. Выявлена тесная связь между валовым региональным продуктом и рассматриваемыми субиндексами. Построены эконометрические модели линейного вида их зависимости по данным регионов и федеральных округов РФ.

Ключевые слова: индекс развития ИКТ, доступ к ИКТ, использование ИКТ, расходы на ИКТ, эконометрические модели, прогноз, группировка

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND ITS IMPACT ON THE REGIONAL ECONOMY

Kasimova T.M., Magomedova S.R., Rabadanova M.G.

Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: taisa.kasimova@mail.ru

In this article, the information and communication technologies (ICT) development index is constructed, which includes three sub-indices: «Access to ICTs», «Use of ICTs» and «Spending on ICTs». The components of the sub-indices are normalized weighted average indicators of information and communication technologies in the regions of the Russian Federation. The weighting factors of the sub-indices acted as controlling factors in the calculation of the various index variants. The regions are grouped based on the methods of cluster analysis according to the level of ICT development. Based on the values of the integrated index, the rating of ICT development in the regions of the Russian Federation is presented. All regions are divided into three clusters – with low, medium and high levels of ICT development. On the example of the Republic of Dagestan – a region with a low level of ICT development – a time series model for the ICT development index was constructed, which allowed us to identify its trend and calculate forecast values until 2022. At the same time, the positive dynamics of ICT development in the region in the short term is revealed. Based on the correlation and regression analysis, the relationships and dependencies of key socio-economic indicators on the sub-indices of ICT development in the regions of the Russian Federation are revealed. A close relationship between the gross regional product and the sub-indices under consideration is revealed. Econometric models of the linear form of their dependence on the data of the regions and federal districts of the Russian Federation are constructed.

Keywords: ICT development index, access to ICT, use of ICT, expenditure on ICT, econometric models, forecast, grouping

Для оценки уровня развития информационно-коммуникационных технологий разработано множество методик. Методики отличаются, в первую очередь, уровнем анализа; согласно им разрабатываются мировые, национальные, региональные индексы. Кроме того, методики оценки развития ИКТ каждого уровня учитывают различные его аспекты, вследствие чего возникает проблема выбора наиболее подходящего индекса [1, 2]. В некоторых методиках не обоснован выбор тех или иных

показателей, которые приняты для оценки уровня информатизации. Например, индекс развития ИКТ [3], разработанный специализированным подразделением ООН в области ИКТ «Международный союз электросвязи» и позволяющий оценивать и сравнивать уровень развития ИКТ внутри стран и между странами, состоит из трех субиндексов: «Доступ», «Использование» и «Навыки работы с ИКТ». Последний индекс, в свою очередь, состоит из показателей средней продолжитель-

ности обучения, валовой доли учащихся (среднее и высшее образование отдельно), которые, по нашему мнению, не отражают в полной мере навыки работы с ИКТ.

Для поддержки актуальности любого индекса и исходя из скорости развития цифровых технологий требуется постоянное обновление его состава. В результате пересмотра индекса развития ИКТ в 2018 г. в субиндекс «Навыки работы с ИКТ» добавлен новый показатель «Доля отдельных лиц, имеющих навыки работы с ИКТ».

Кроме того, практически отсутствуют исследования, посвященные анализу влияния индексов информатизации на ключевые экономические показатели регионов и учету этого влияния при прогнозировании.

Целями настоящего исследования являются разработка индекса развития ИКТ для группировки регионов РФ по его уровню и выявление влияния отдельных субиндексов развития ИКТ на ключевые социально-экономические показатели регионов.

Материалы и методы исследования

В настоящем исследовании составлен индекс развития ИКТ (ID), состоящий

из трех субиндексов: «Доступ к ИКТ (IA)», «Использование ИКТ (IU)» и «Расходы на ИКТ (IE)». Показатели, на основе которых формируются эти субиндексы, представлены в табл. 1.

В табл. 1 в составе субиндексов указаны показатели ежегодных статистических публикаций [4]. Показатель затрат на внедрение и использование цифровых технологий субиндекса «Расходы на ИКТ» представляет собой расходы организаций на закупку вычислительной техники и программного обеспечения, на оплату обучения сотрудников применению ИКТ и разработке и иное, включая затраты на разработку программных средств.

Для расчета интегрального индекса необходимо унифицировать данные табл. 1. В настоящем исследовании для нормализации данных использована формула:

$$x_j^* = (x_j - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}), \quad (1)$$

где x_j , x_{\max} , x_{\min} , x_{opt} – текущее, максимальное и минимальное значения переменных соответственно [5]. Эта формула применяется для показателей-стимуляторов, рост значений которых ведет к улучшению индекса.

Таблица 1

Составляющие индекса развития ИКТ

	Субиндексы	Единица измерения	Обозначение
1	Доступ к ИКТ		
1.1	Число персональных компьютеров на 100 работников	штук	$X_{1,1}$
1.2	Число персональных компьютеров с доступом к сети Интернет	штук	$X_{1,2}$
1.3	Удельный вес домашних хозяйств, имевших персональный компьютер	%	$X_{1,3}$
1.4	Удельный вес домашних хозяйств, имевших доступ к сети Интернет	%	$X_{1,4}$
1.5	Удельный вес домашних хозяйств, имевших широкополосный доступ к сети Интернет	%	$X_{1,5}$
2	Использование ИКТ		
2.1	Организации, использовавшие персональные компьютеры	%	$X_{2,1}$
2.2	Организации, использовавшие серверы	%	$X_{2,2}$
2.3	Организации, использовавшие локальные вычислительные сети	%	
2.4	Организации, использовавшие глобальные информационные сети	%	$X_{2,3}$
2.5	Организации, использовавшие сеть Интернет	%	
2.6	Организации, использовавшие широкополосный доступ к сети Интернет	%	$X_{2,4}$
2.7	Организации, имевшие веб-сайт	%	$X_{2,5}$
2.8	Организации, использовавшие системы электронного документооборота	%	$X_{2,6}$
2.9	Организации, использовавшие электронный обмен данными между своими и внешними информационными системами, по форматам обмена	%	$X_{2,7}$
3	Расходы на ИКТ		
3.1	Затраты на внедрение и использование цифровых технологий	млн руб.	$X_{3,1}$

Интегральный индекс рассчитывается по формуле:

$$ID = k_1 * IA + k_2 * IU + k_3 * IE, \quad (2)$$

где IA – доступ к ИКТ, IU – использование ИКТ и IE – расходы на ИКТ, k_1, k_2 и k_3 – соответствующие весовые коэффициенты. Следовательно, индекс развития ИКТ определяется как интегральная оценка его составляющих.

Каждый субиндекс, в свою очередь, определяется по следующим формулам соответственно:

$$IA = \frac{\sum_{j=1}^5 X_{1j}}{5};$$

$$IU = \frac{\sum_{j=1}^9 X_{2j}}{9}; \quad IE = X_{31}, \quad (3)$$

где X_{ij} – показатели, обозначенные в табл. 1, i – номер субиндекса, j – количество показателей, включающих соответствующий субиндекс.

В настоящем исследовании построены модели временных рядов следующего вида:

$$ID_t = b + m * t, \quad (4)$$

где ID_t – индекс развития ИКТ, рассчитываемый по данным отдельного региона РФ за 2010–2019 гг., t – фактор времени, b, m – параметры модели. На основе этой модели

определяются прогнозные значения индекса для региона.

Для выявления связей и зависимостей между ключевыми социально-экономическими показателями и субиндексами развития ИКТ регионов использована регрессионная модель линейного вида:

$$y = b + m_1 IA + m_2 IU + m_3 IE, \quad (5)$$

где y – результативный показатель, IA, IU, IE – субиндексы развития ИКТ, b, m_1, m_2, m_3 – параметры модели.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены результаты расчета индекса развития ИКТ. При этом интегральная оценка получена как средневзвешенное значение субиндексов.

Согласно рис. 1 город Москва имеет аномально высокие значения по расходам на ИКТ, на втором месте по этому показателю – Московская область, но по интегральному индексу она замыкает десятку. Это связано со сравнительно низким значением субиндекса «Доступ к ИКТ» среди регионов первой десятки.

Весовой коэффициент отражает значимость субиндекса в интегральной оценке. Примем его в формуле (2) в качестве управляющего фактора и определим, как изменится рейтинг регионов РФ при изменении весовых коэффициентов согласно табл. 2.

Регион	Индекс развития ИКТ	Рейтинг \uparrow	Доступ к ИКТ \ominus	Использование ИКТ	Расходы на ИКТ
1. г. Москва	0,925	1	0,879	0,897	1,000
2. г. Санкт-Петербург	0,511	2	0,671	0,803	0,059
3. Магаданская область	0,482	3	0,606	0,840	0,001
4. г. Севастополь	0,478	4	0,695	0,738	0,000
5. Мурманская область	0,462	5	0,551	0,833	0,002
6. Оренбургская область	0,456	6	0,549	0,814	0,005
7. Ямало-Ненецкий авто...	0,444	7	0,657	0,666	0,008
8. Камчатский край	0,439	8	0,518	0,797	0,002
9. Республика Татарстан	0,437	9	0,442	0,848	0,021
10. Московская область	0,417	10	0,416	0,731	0,104

Рис. 1. Топ-10 регионов РФ по индексу развития ИКТ по данным за 2019 г.

Таблица 2

Весовые коэффициенты для расчета различных вариантов интегрального индекса развития ИКТ регионов

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Веса	k_1	0,33	0,40	0,50	0,60	0,30	0,25	0,20	0,30	0,25	0,20
	k_2	0,33	0,30	0,25	0,20	0,40	0,50	0,60	0,30	0,25	0,20
	k_3	0,33	0,30	0,25	0,20	0,30	0,25	0,20	0,40	0,50	0,60

В 1-м варианте интегральный индекс представляет собой средневзвешенную, во 2–4-м вариантах увеличивается весовой коэффициент субиндекса «Доступ к ИТК», в 5–7-м – субиндекса «Использование ИКТ», в 8–10-м – субиндекса «Расходы на ИКТ». В результате получены интегральные оценки, представленные в табл. 3.

Рейтинг, представленный на рис. 1, был сформирован на основе индекса (*ID1*) в первом варианте. Пересмотр рейтинга по всем индексам дал следующие результаты: первая двойка лидеров неизменна по всем вариантам, третье место делят попеременно Магаданская область, г. Севастополь и Московская область. Максимальная разница по вариантам – у индекса Псковской области, а в рейтинге по вариантам занимает 56–67-е места. Таким об-

разом, целесообразно разделить регионы по уровню развития ИКТ на группы. Разбиение на группы проведено на основе методов кластерного анализа, которые позволяют группировать по различным признакам. В настоящем исследовании кластеризация произведена по 10 вариантам индекса развития ИКТ. При этом г. Москва исключен из выборки ввиду anomalously высоких значений рассматриваемых показателей. Остальные регионы разбиты на 3 кластера: в первый кластер – со средним уровнем развития ИКТ – вошли 42 региона, во второй – с низким уровнем – 19 регионов, а в третий – с высоким уровнем – 25 регионов. По результатам кластерного анализа составлена карта с областями (рис. 2), выделенными в соответствии с принадлежностью к кластеру.

Таблица 3

Некоторые варианты значений индекса развития ИКТ регионов РФ

ФО	Регионы	<i>ID1</i>	<i>ID2</i>	<i>ID3</i>	...	<i>ID10</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>
ЦФО	Белгородская область	0,370	0,360	0,510	...	0,342	0,133	0,570

	г. Москва	0,925	0,921	0,929	...	0,894	0,894	0,970
...
СКФО	Республика Дагестан	0,063	0,074	0,023	...	0,131	0,020	0,131

	Ставропольский край	0,356	0,348	0,482	...	0,339	0,131	0,543
...
ДВФО	Республика Бурятия	0,353	0,358	0,420	...	0,404	0,137	0,509

	Чукотский автономный округ	0,405	0,415	0,463	...	0,486	0,159	0,575

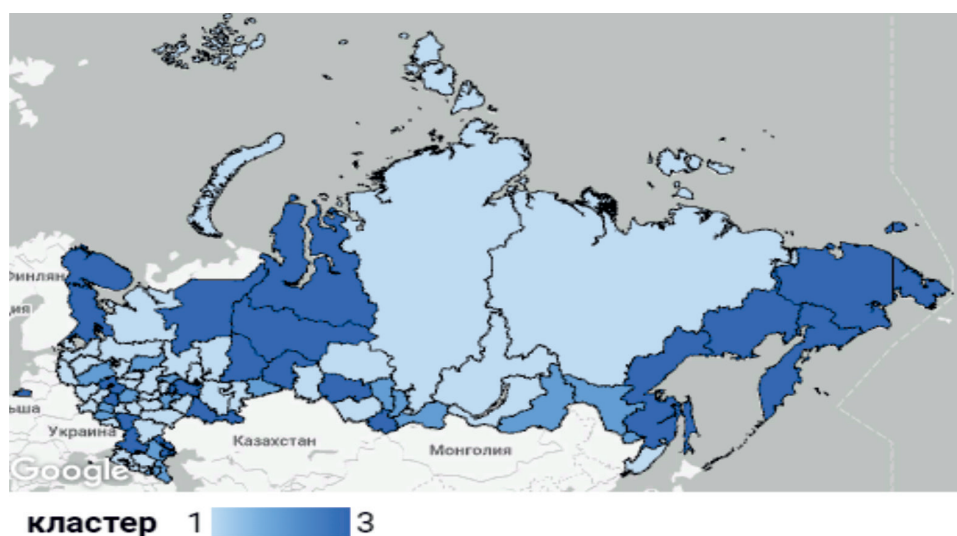


Рис. 2. Карта кластеров развития ИКТ в регионах РФ в 2019 г.

Республика Дагестан по всем рассчитанным индексам развития находится на последнем месте по всем рассматриваемым вариантам и входит во второй кластер с низкими значениями. Выявим тенденцию развития ИКТ, рассчитав индекс по формуле (2) как средневзвешенную по субиндексам за 2010–2019 гг. Для оценки прогнозных значений индекса построена модель временных рядов [6]:

$$ID_t = 0,4 + 0,006t, \quad (6)$$

где ID_t – индекс развития ИКТ, рассчитанный по данным Республики Дагестан за 2010–2019 гг., t – фактор времени. На ос-

нове этой модели получены прогнозные значения индекса для Республики.

График изменения индекса развития для Республики Дагестан представлен на рис. 3.

Как видно на рис. 3, максимальный индекс развития в Республике Дагестан достигнут в 2013 г. и составил 0,8, а прогнозные значения на 2020–2022 гг., согласно модели, должны составить около 0,5.

Рассмотрим, как влияют субиндексы развития ИКТ на основные социально-экономические показатели регионов и федеральных округов. Для этого построена корреляционная матрица.

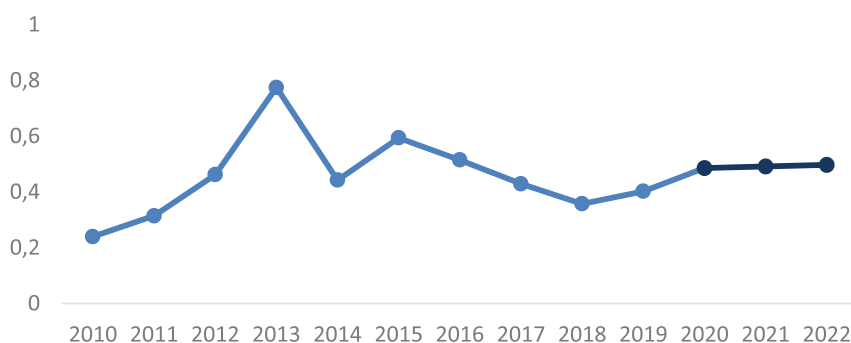


Рис. 3. Индекс развития ИКТ Республики Дагестан фактически (2010–2019 гг.) и его прогнозные значения до 2022 г.

Таблица 4

Матрица корреляции между субиндексами развития ИКТ и ключевыми социально-экономическими показателями регионов РФ в 2019 г.

	<i>L</i>	<i>Inc</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>I</i>	<i>F</i>	<i>IA</i>	<i>IU</i>	<i>IE</i>
<i>L</i>	1								
<i>Inc</i>	0,309	1							
<i>S</i>	0,281	0,912	1						
<i>V</i>	0,884	0,437	0,505	1					
<i>I</i>	0,793	0,432	0,536	0,964	1				
<i>F</i>	0,904	0,447	0,500	0,990	0,956	1			
<i>IA</i>	0,445	0,500	0,559	0,484	0,441	0,492	1		
<i>IU</i>	0,197	0,181	0,180	0,203	0,164	0,212	0,254	1	
<i>IE</i>	0,848	0,349	0,323	0,849	0,707	0,843	0,449	0,189	1

В табл. 4: *L* – среднегодовая численность занятых, тыс. человек, *Inc* – душевые денежные доходы (в месяц), руб., *S* – среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций, руб., *V* – валовый региональный продукт (ВРП), млрд руб., *I* – инвестиции в основной капитал, млрд руб., *F* – основные фонды в экономике, млрд руб.

Согласно матрице, субиндексы развития ИКТ наиболее тесно коррелируют с основными фондами в экономике и валовым региональным продуктом. Мультиколлинеарной связи между самими субиндексами нет. Такие же выводы имеют место для матрицы корреляции, полученной по данным федеральных округов РФ в 2019 г.

Тогда целесообразно определить зависимость ВРП от субиндексов развития ИКТ.

Таблица 5

Математическая запись и некоторые статистические характеристики моделей зависимости ВРП от субиндексов развития ИКТ в 2019 г.

По данным регионов		По данным федеральных округов	
$V = -268 + 2159IA + 414IU + 16542IE$		$V = 1336 - 6878IA + 11889IU + 23521IE$	
se_y	1178,85	se_y	3640,11
R^2	0,73	R^2	0,90
F	76,61	F	12,65
$A, \%$	1,04	$A, \%$	0,36

Примечание: se_y – стандартная ошибка для оценки резульативного показателя, R^2 – коэффициент детерминированности, F – критерий Фишера, A – средняя ошибка аппроксимации.

Индексы детерминированности табл. 5 показывают, что на 77% и 90% вариация ВРП объясняется рассматриваемыми индексами развития ИКТ по данным регионов и федеральных округов соответственно.

Табличное значение F-критерия Фишера ($\alpha = 0,05$) по данным регионов составляет 2,7, федеральных округов – 4,1. Фактические значения этого критерия из табл. 5 превышают табличные, следовательно, уравнения статистически значимы.

Средняя ошибка аппроксимации в пределах 10% свидетельствует о хорошем подборе модели, что имеет место для уравнений, представленных в табл. 5. В соответствии с коэффициентами уравнений можно сделать вывод о том, что отзывчивость ВРП максимальна на увеличение субиндекса «Расходы на ИКТ» на 1 единицу [7].

Заключение

Таким образом, разработанный в рамках исследования индекс развития ИКТ позво-

лил определить рейтинг развития регионов и построить модели для выявления связей индекса и показателей экономики регионов, а также динамических тенденций их развития. При проведении корреляционного анализа выявлена значимая связь между затратами на внедрение и использование цифровых технологий и ключевыми социально-экономическими показателями региона, тем самым обоснована необходимость включения субиндекса «Расходы на ИКТ» в интегрированный индекс развития ИКТ региона. Весовые коэффициенты субиндексов могут выступить в качестве управляющих факторов для получения различных вариантов интегрированного индекса, что, в свою очередь, позволило разбить регионы РФ на кластеры по уровню развития ИКТ.

Исследование проведено при поддержке Гранта Главы Республики Дагестан 2020 г. (Распоряжение Главы Республики Дагестан от 28.12.2020 № 139-рг «О присуждении грантов Главы Республики Дагестан в 2020 году»).

Список литературы

1. Николаева И.В., Дмитриева Л.М. Экономико-статистический анализ позиций Российской Федерации в международных рейтингах развития цифровой экономики // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 7–2. С. 80–88.
2. Носонов А.М. Формирование информационного общества в регионах России // Регионология. 2016. № 4 (97). С. 114–126.
3. Индекс развития ИКТ – справочный документ. [Электронный ресурс]. URL: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/IDI2019consultation/IDI_BackgroundDocument_R.pdf (дата обращения: 20.04.2021).
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: Стат. сб. / Росстат. М., 2020. 1242 с.
5. Анализ данных: учебник для вузов / Под редакцией В.С. Мхитаряна. М.: Издательство Юрайт, 2020. 490 с.
6. Касимова Т.М. Исследование и прогнозирование динамики показателей сельского хозяйства региона на основе моделей временных рядов и рядов динамики // Фундаментальные исследования. 2018. № 12–1. С. 113–118.
7. Елисеева И.И. Эконометрика: учебник для магистров. М.: Проспект, 2012. 288 с.