



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 330.115

Дата поступления: 29.03.2023
рецензирования: 04.05.2023
принятия: 25.08.2023

**Классификация без обучения субъектов ПФО по показателям развития
уровня образования**

А.Ю. Трусова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация
E-mail: a_yu_ssu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7679-9902>

А.И. Ильина

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация
E-mail: iai.62@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7624-5771>

Аннотация: Анализ показателей развития сферы образования в настоящее время является важным и одним из первостепенных. Данная сфера определяет стратегию дальнейшего развития трудового потенциала отдельного региона и страны в целом, формирует устойчивые тенденции в развитии показателей социально-экономической сферы. Регулярный мониторинг результатов развития и формирование тенденций являются актуальными и практически значимыми. Изучению вопросов развития показателей сферы образования на примере данных по Приволжскому федеральному округу посвящено настоящее исследование. В работе в качестве математического инструментария использовался аппарат многомерных статистических методов. Классификация без обучения позволила выявить однородные по показателям субъекты Приволжского федерального округа. Средствами факторного анализа проведена визуализация субъектов Приволжского федерального округа, а также изучена структуризация субъектов, факторов. Субъекты Приволжского федерального округа представлены в теоретическом пространстве двух латентных факторов, что позволяет выявить доленое соотношение между изучаемыми показателями с учетом их взаимосвязи с латентными факторами. Используя компоненты матрицы факторного отображения, проведена кластеризация субъектов Приволжского федерального округа с использованием взвешенной евклидовой метрики.

Ключевые слова: многомерный статистический анализ; классификация без обучения; евклидова метрика; агломеративные; дивизимные и итеративные методы классификации; метод «ближнего соседа»; метод «дальнего соседа»; критерии качества кластеризации; дендрограмма; взвешенная евклидова метрика; латентные факторы; визуализация многомерных данных; матрица факторного отображения; варимаксное вращение; статистические показатели.

Цитирование. Трусова А.Ю., Ильина А.И. Классификация без обучения субъектов ПФО по показателям развития уровня образования // Вестник Самарского университета. Экономика и управление Vestnik of Samara University. Economics and Management. 2023. Т. 14, № 3. С. 228–254. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-3-228-254>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Трусова А.Ю., Ильина А.И., 2023

Алла Юрьевна Трусова – к.ф.-м.н, доцент кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Алла Ивановна Ильина – старший преподаватель кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

SCIENTIFIC ARTICLE

Submitted: 29.03.2023

Revised: 04.05.2023

Accepted: 25.08.2023

Classification without training of subjects of the Volga federal district by indicators of development of the level of education

A.Yu. Trusova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: a_yu_ssu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7679-9902>

A.I. Ilyina

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: iai.62@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7624-5771>

Abstract: The analysis of indicators of the development of education sector is currently important and one of the most important. This sphere determines the strategy for further development of labor potential of a particular region and the country as a whole, forms stable trends in the development of indicators of the socio-economic sphere. Regular monitoring of development results and the formation of trends is relevant and practically significant. The present study is devoted to the study of the development of indicators of the education sector on the example of data on the Volga Federal District. In the work, the apparatus of multidimensional statistical methods was used as a mathematical tool. Classification without training made it possible to identify subjects of the Volga Federal District that are homogeneous in terms of indicators. By means of factor analysis, visualization of the subjects of the Volga Federal District was carried out, as well as the structuring of subjects and factors was studied. The subjects of the Volga Federal District are represented in the theoretical space of two latent factors, which makes it possible to identify the proportion between the studied indicators, taking into account their relationship with latent factors. Using the components of the factor mapping matrix, clustering of the subjects of the Volga Federal District was carried out using a weighted Euclidean metric.

Key words: multidimensional statistical analysis; classification without training; Euclidean metric; agglomerative; divisive and iterative classification methods; «near neighbor» method; «far neighbor» method; clustering quality criteria; dendrogram; weighted Euclidean metric; latent factors; visualization of multidimensional data; factor mapping matrix; varimax rotation; statistical indicators.

Citation. Trusova A.Yu., Ilyina A.I. Classification without training of subjects of the Volga federal district by indicators of development of the level of education. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2023, vol. 14, no. 3, pp. 228–254. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-3-228-254>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

© Trusova A.Yu., Ilyina A.I., 2023

Alla Yu. Trusova – associate professor of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Alla I. Ilyina – senior lecturer of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Вопросы развития образования всегда находились и находятся в фокусе государственной политики. Показатели данной сферы изучаются на всех уровнях, в том числе и на региональном. Сравнительный анализ способствует развитию данной сферы в отдельных субъектах. В настоящее время цифровые технологии плавно появляются на всех ступенях данного социального направления. Многие показатели развития социально-экономической сферы являются ключевыми индикаторами, так как они оказывает непосредственное влияние на экономику страны. Кроме того, вопросы качественного и количественного подходов при изучении сферы образования способствуют формированию человека как личности, что также оказывает огромное влияние на уровень жизни людей.

С внедрением цифровых технологий сфера образования стала более доступной для людей с ограниченными возможностями и приобрела еще большую важность как для отдельно взятого человека, так и для государства в целом. Таким образом, актуальность исследования заключается в существенном влиянии уровня развития показателей сферы образования на развитие показателей социально-экономической сферы, а также на тенденции развития страны и отдельно взятых регионов. Целью исследования является изучение особенностей сферы образования в субъектах Приволжского федерального округа средствами кластерного и факторного анализов. Объектом исследования выступают субъекты Приволжского федерального округа. Предметом исследования являются показатели разви-

тия сферы образования, в том числе затрагивающие цифровые технологии в изучаемой области. Научная новизна исследования выражается в комбинированном использовании многомерных статистических методов. Классификация без обучения обеспечивает выявление структуры в субъектах Приволжского федерального округа по степени развитости показателей, характеризующих уровень образования. Факторный анализ способствует решению задачи визуализации субъектов Приволжского федерального округа и сжатия исходного массива данных. Практическая значимость исследования выражается в выявлении тенденции изменения показателей с целью построения прогноза.

Обзор научной литературы

Современное состояние научной мысли характеризуется широким спектром проблем, которые непрерывно возникают в процессе исследования вопросов социально-экономической сферы. Особенно остро они описываются применительно к региональным аспектам. Учеными всесторонне описываются актуальные ситуации в социально-экономической сфере. В статье [1] авторами рассматриваются теоретические аспекты региональных финансов, фундаментально описаны выделенные основные функции и составные элементы финансовой составляющей региональной экономики, отмечена важность изучения их роли в развитии территории. Авторы [2] подчеркивают, что в «условиях отсутствия значительной динамики темпов экономического роста в Российской Федерации и ее регионах и исчерпания потенциала восстановительного роста особенно ярко проявляется негативное влияние экономических кризисов и сложившейся экспортно-сырьевой ориентации производства». Отмечают важность структурного фактора экономического роста на региональном уровне. Методический подход в исследовании основан на расчете показателей структурных сдвигов – величины, индекса, скорости и мощности. На основе глобального анализа в исследовании [3] обобщается влияние информационных технологий на экономический рост в региональном разрезе. Авторами описывается период исследования с 1996 по 2019 год. Объекты исследования государства ОАЭ, Колумбия, Вьетнам, Болгария, Российская Федерация и Сербия. Анализируется влияние электронной коммерции на региональную экономику за счет интенсификации информационных технологий. В качестве вывода отмечается, что на региональном уровне внедрение информационных технологий положительно влияет на экономический рост, а также на образовательные навыки их пользователей, что положительно сказывается на благосостоянии региона. Авторы описывают трудности законодательного характера на региональном уровне, а также связанные с качеством и стоимостью трудовых ресурсов и доступа в Интернет. В статье [4] освещены вопросы совершенствования государственного регулирования инновационного развития региональной экономики. Авторы статьи подчеркивают важность углубленного анализа, имеющегося зарубежного и отечественного опыта регионального инновационного развития. В исследовании [5] предложена концепция развития частного сельскохозяйственного предпринимательства на основе группового создания крестьянских хозяйств в сельских поселениях, что также, по мнению авторов, будет целесообразным при решении проблем экономики региона. Авторы [6] в исследовании описывают эффективные пути регионального роста, присущие новому типу воспроизводства. Разработка стратегии стимулирования инновационной активности регионов рассматривается в условиях современных трансформационных процессов. Методология исследования базируется на положениях экосистемного подхода, методов системного, логического и сравнительного анализа, научного обобщения и систематизации.

В статье [7] изучается цифровая инновация как фактор развития региональной экономики Сибирского федерального округа. Авторами установлено, что существует линейная зависимость между значением показателей инновационного развития регионов и показателями развития цифровой экономики. Дополнительно авторы включили swot-анализ развития цифровых инноваций на примере Кемеровской области – Кузбасса, как сырьевого региона с потенциалом развития в сфере цифровизации. В основе исследования [8] – оценка состояния и приоритетов развития региональной экономики с учетом среднесрочных социально-экономических задач. Авторы изучают вопросы экономического развития Северного Кавказа. Основным выводом по результатам исследования: инновационная экономика базируется на накопленном человеческом капитале, который является определяющей составляющей нового социально-экономического развития общества. В статье [9] исследуется система показателей, характеризующих инновационное развитие регионов. Проведена иерархическая классификация субъектов Приволжского федерального округа РФ по показателям, характеризующим результаты инновационной деятельности организаций, в том числе сельскохозяйственных предприятий. Проведен сравнительный анализ регионов по уровню инновационного развития. Выявленные закономерности позволили авторам определить перспективы развития региона. Для каждого кластера определены перспективные направления инновационного развития экономики. Автор статьи [10] фокусирует исследование на вопросах, связанных с реализацией конкурентных преимуществ России и ее регионов. Среди них выделяются в качестве ключевых следую-

щие: обеспечение целостности социально-экономического пространства, инфраструктурное развитие территорий, развитие территориально-производственных комплексов (кластеров). Вопросы социально-экономического развития РФ, а также вариационный анализ межрегиональной дифференциации регионов ПФО рассматриваются в исследовании [11]. Авторы [12] в своем исследовании в рамках изучения актуальных вопросов неэкономии выявляют «сущность информационно-инновационно-технологических процессов как составляющей современного макроэкономического цикла». Авторами «на основе сопоставления определений технологического цикла и использования постулатов рекуррентного подхода» предложено описание информатизации, инноватизации и технологизации производства как единого процесса, характеризующегося колебаниями «показателей инновационности», используемых в процессе производства технологий в определенные промежутки времени. В исследовании [13] описаны методики оценки уровня цифровизации экономики. Предложены индикаторы, которые характеризуют состояние региональной экономики в Республике Мордовия. В статье [14] «исследуется внедрение информационных технологий и информационно-телекоммуникационных сетей в Приволжском федеральном округе. Проведен анализ современного состояния процессов цифровизации как в округе, так и в разрезе субъектов, входящих в его состав. Подчеркивается особая значимость внедрения информационных технологий и информационно-телекоммуникационных сетей в социально-чувствительные сферы экономики (органы государственной власти и местного самоуправления, образовательные учреждения, здравоохранение, домашние хозяйства)». Многомерный подход предлагается в статье [15] в качестве инструмента «анализа основных показателей регионального производства для оценки интегрального индикатора – относительного уровня эффективности экономики российских регионов. Исходными данными для оценки эффективности региональной экономики выбраны удельные показатели производства валового регионального продукта: объемы энергопотребления, использования основных фондов, трудовых ресурсов, экологического влияния, которые рассчитываются по данным Росстата». В статье [16] анализируется динамика основных показателей экономического роста регионов ПФО с 2000 по 2017 г., дана их сравнительная характеристика. Автор статьи [17] исследует конкурентоспособность экономики Самарской области, описывает всесторонне индекс конкурентоспособности регионов. Авторами [18] проведен анализ понятия «цифровая экономика», выделены нормативно-правовые акты в области цифровизации. В исследовании представлены показатели цифровизации экономики, проведен анализ уровня цифровизации Приволжского федерального округа. В статье [19] представлен анализ социально-экономического развития субъектов Российской Федерации, в том числе Чувашской Республики. Выявлены основные проблемы обеспечения экономической безопасности дотационных регионов, определены резервы их экономического роста. В работе «предложена методика оценки конкурентоспособности регионов на основе выделения агрегированных факторов, которая была апробирована на регионах Приволжского федерального округа. По результатам расчетов показателей выведен сводный индекс конкурентоспособности регионов и показана его динамика. Представлена прогнозная оценка сводного индекса конкурентоспособности регионов». В статье [21] выделяются «пути создания цифрового образовательного пространства и приложен контент с помощью цифровых технологий. Рассмотрены основные направления применения средств ИКТ в образовательном процессе вуза для совершенствования содержания педагогического образования, формирования высокого уровня информационной культуры». В статье [22] «рассматриваются проблемы образовательного процесса в период цифровой трансформации. Проведен анализ возможных рисков цифровизации образовательного процесса, в том числе использования цифрового следа обучаемого и изменения роли преподавателя».

Таким образом, вопросы развития регионов в социально-экономическом аспекте являются широко представленными в научной литературе. Изучая многопланово, а именно комплексно и дифференцированно проблемы развития социально-экономической сферы, необходимо при обобщении учитывать особенности развития отдельных частей регионов, а также учитывать вектор государственного регулирования проблем в стране в целом. В настоящее время в рамках научных исследований выделяются в качестве актуальных показатели развития сферы образования. Методы исследования показателей развития регионов также широко представлены в исследованиях, однако методы многомерного подхода в анализе представлены недостаточно полно. Показатели образовательного блока имеют непосредственную связь с показателями сферы труда. Численностью рабочей силы, уровень занятости и безработицы, динамика среднегодовой численности занятых и другие показатели непосредственно зависят в том числе и от числа выпускников высших и профессиональных учебных заведений. Отдельно взятый регион, реализуя функции развития страны в целом, решает масштабно проблемы развития сферы образования и взаимно влияющих друг на друга других сфер, связанных с образованием. Таким образом, изучение показателей, характеризующих развитие сферы образования, является актуальным и практически значимым. Показатели

сферы образования изучаются в рамках других наук, в частности психологии, педагогики, педагогики высшей школы, социологии. У каждой науки своя методология исследования. В данной работе рассматриваются математический инструментарий кластерного анализа, факторного анализа и эконометрического моделирования. Теоретические положения указанных методов детально описаны в научных монографиях и учебниках [23–26].

Основная часть

Многомерный подход как инструмент анализа способствует решению разного типа задач: от структуризации до визуализации многомерных данных. Классификация без обучения в настоящее время становится широко применяемым инструментом анализа многомерных данных, неструктурированных больших данных, потоковых данных. В частности, реализация классификации объектов на основе признаков позволяет сформировать структуру в заданной совокупности объектов. Начальным этапом кластерного анализа является выбор метрики или меры расстояния и весов для изучаемых объектов. От данного выбора зависит состав и количество образующихся кластеров, а также степень сходства анализируемых объектов внутри кластеров. Для обработки больших объемов статистических данных метод *k*-средних является оптимальным. Формирование большого набора количественных показателей является достаточно трудоемким процессом, так как требуется изучить и провести первичную обработку многочисленных массивов данных. Для решения этой проблемы используются различные программные среды, одной из таких программ является программа SPSS Statistics (Statistical Package for the Social Sciences). Многомерные статистические методы способствуют анализу всей совокупности данных, результаты которого обеспечивают грамотно и научно обоснованно принимать решения о развитии сферы образования. Федеральной службой государственной статистики ежегодно фиксируются изменения по социально-экономическим показателям как по Российской Федерации в целом, так и по всем субъектам.

В работе исследуются субъекты Приволжского федерального округа по 14 показателям. Данные собраны из разделов, которые представляют показатели, характеризующие сферу образования, инвестиций и науки, а также сферу трудовых ресурсов и населения. Выбранные статистические данные по трем периодам 2012, 2015, 2018 годов представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Исходные данные за 2012 год
Table 1 – Initial data for 2012

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
РФ	143347	75676	5,5	100,4	2981	486,3	119662	152	1046	1397,2	342030	216	10,3	213184
ПФО	29772	15715	5,3	100,2	735	117,2	27817	140	152	280,1	63227	200	11,9	37486
1	4061	2042	6,1	103,1	80	19,1	3999	121	13	33,9	7439	207	13,1	4343,5
2	690	366	6,5	99,1	24	2,4	732	158	3	5,9	1397	187	10,6	1192,3
...														
13	2503	1282	5,4	99,2	42	9,9	2390	113	8	23,2	6061	218	7	2351,2
14	1274	680	5,6	100,6	34	5,3	1176	124	5	10,9	2625	137	6,3	2013

Все показатели в исследовании перегруппированы, а именно выделяются показатели масштаба развития образования, эффективности развития образования, показатели развития цифровизации сферы образования, экономического стимулирования, а также показатели социальной сферы. В таблице 4 представлена группировка изучаемых показателей.

По результатам первичного статистического анализа установлено, что наблюдается постоянный темп роста следующих показателей: количества профессиональных образовательных учреждений, числа выпускников профессиональных образовательных организаций. При расчетах цепного темпа роста зафиксировано увеличение от 10 до 20 %, при расчете базисного темпа – в среднем на 5 %, при расчете темпов роста, так же как и при анализе средних значений, медиан и квантилей отмечается рост инвестиций в образование и, как следствие, увеличение числа персональных компьютеров в образовательных организациях. Однако, несмотря на постоянное увеличение инвестиций, прослеживается уменьшение числа ПК в 2015 году, но в 2018 году данный показатель имеет самый высокий прирост.

Таблица 2 – Исходные данные за 2015 год
Table 2 – Initial data for 2015

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
РФ	146545	76588	5,6	99,13	2891	446	126024	148	896	1300,5	279758	164	9,3	239790
ПФО	29674	15502	4,8	98,4	677	105,8	28101	143	131	255,2	51447	151	10,6	41388
1	4071	2017	6,1	96,7	70	14,7	3769	125	11	34,7	6001	155	9,1	4008,2
2	686	359	5,3	99,3	24	2,2	670	164	3	4,4	1004	183	8,3	630,7
	...													
13	2488	1257	4,7	97,4	30	9,1	2289	114	7	23,5	5019	149	6,3	1764,2
14	1258	650	4,9	98,4	33	3,9	1148	138	5	11	2061	124	5,2	2293,9

Таблица 3 – Исходные данные за 2018 год
Table 3 – Initial data for 2018

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
РФ	146781	76190	4,8	99,6	3311	531,5	104474	160	741	933,2	234142	259	3,4	267857
ПФО	29397	15070	4,4	98,8	747	122,8	22624	155	116	183,5	42406	256	9,1	48299
1	4051	1955	4,9	97,4	97	17,8	3089	121	10	23,9	5050	329	8,5	5842,4
2	681	331	5	96,5	24	2,3	514	124	3	3,6	932	269	7,4	602
	...													
13	2441	1197	5	97,2	53	10,2	1963	108	7	17,4	4095	266	4,3	3942,7
14	1238	626	3,7	98,3	39	4,3	950	148	5	7,2	1659	222	5	3606,6

Таблица 4 – Группировка показателей сферы образования, труда, инвестиций и науки
Table 4 – Grouping indicators of the sphere of education, labor, investment and science

Группа показателей	Обозначение	Наименование показателя
Показатели масштаба развития образования	X_5	X_5 – Количество профессиональных образовательных организаций, которое складывается из частных и государственных
	X_7	X_7 – Число преподавателей профессиональных образовательных организаций (тыс. чел.)
	X_9	X_9 – Количество высших учебных заведений
	X_{11}	X_{11} – Число преподавателей высших учебных заведений (тыс. чел.)
Показатели эффективности развития образования	X_6	Число выпускников профессиональных образовательных организаций (тыс. чел.)
	X_{10}	X_{10} – Число выпускников высших учебных заведений, которое складывается из бакалавров и магистров (тыс. чел.)
Показатели социальной сферы	X_1	X_1 – Численность населения (тыс. чел.)
	X_2	X_2 – Численность рабочей силы (тыс. чел.)
	X_3	X_3 – Уровень безработицы (%)
	X_4	X_4 – Изменение среднегодовой численности занятых (%)
Показатели цифровизации сферы образования	X_8	X_8 – Количество персональных компьютеров, используемых в учебных целях, в профессиональных образовательных организациях на 1000 обучающихся (студентов)
	X_{12}	Количество персональных компьютеров, используемых в учебных целях, в высших образовательных организациях на 1000 обучающихся (студентов)
Показатели экономического стимулирования	X_{13}	X_{13} – Инновационная активность организаций (%), обозначающая удельный вес организаций, осуществлявших технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе обследованных организации
	X_{14}	X_{14} – Инвестиции в сферу образования (млн руб.)

По результатам статистического анализа установлено, что ПФО по показателям числа профессиональных образовательных организаций, числа выпускников данных учебных заведений, числа преподавателей в них, числа высших учебных заведений, числа выпускников и преподавателей в них имеет долю в структуре РФ от 15 до 26 %. Данные показатели имеют стабильную долю в структуре РФ за годы с 2012 по 2018. По итогам статистического анализа заметна тенденция увеличения количества профессиональных образовательных организаций и инвестиций в сферу образования на один миллиард рублей, несмотря на уменьшение численности населения и численности рабочей силы. В связи с этим определяется важность сферы образования для других сфер жизни и развития государства в целом.

Классификация без обучения субъектов ПФО

Методом *k*-средних проводилось разбиение субъектов Приволжского федерального округа на 2 и 3 кластера с использованием SPSS.

В таблице 5 представлены координаты центра тяжести кластеров с учетом группировки показателей.

Таблица 5 – Сводка конечных центров кластеров
Table 5 – Summary of end centers of clusters

Группа показателей	Обозначение	2012		2015		2018	
		1	2	1	2	1	2
Показатели масштаба развития образования	X_5	100	24	105	24	91	24
	X_7	3529	732	4044	670	2946	514
	X_9	28	3	25	3	23	3
	X_{11}	10060	1397	8711	1004	7368	932
Показатели эффективности развития образования	X_6	13	2	16	2	17	2
	X_{10}	43	5	43	4	33	3
Показатели социальной сферы	X_1	3822	690	3869	686	3899	681
	X_2	2051	366	2062	359	2037	331
	X_3	4	6	4	5	3	5
	X_4	100	99	100	99	100	96
Показатели цифровизации сферы образования	X_8	150	158	192	164	260	124
	X_{12}	193	187	161	183	255	269
Показатели экономического стимулирования	X_{13}	19	10	20	8	12	7
	X_{14}	8219	1192	14555	630	10618	602

Центры кластеров располагаются на значительном расстоянии, это позволяет выявить числовую границу показателей для субъектов ПФО.

В таблице 6 представлено разбиение структурных единиц ПФО на 2 кластера по данным периодам. Расшифровка номера субъекта ПФО и его название представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Принадлежность данных к кластерам по 2 кластерам
Table 6 – Data belonging to clusters for 2 clusters

№ субъекта	2012		2015		2018	
	Кластер	Расстояние	Кластер	Расстояние	Кластер	Расстояние
1	1	4708,818	2	4488,203	1	969,574
2	2	0	2	3287,567	2	2294,085
3	2	1275,914	2	2131,357	2	1283,349
4	1	0	1	0	1	4630,863
5	2	2466,630	2	1169,130	2	147,419
6	2	1441,032	2	2158,387	2	759,493
7	2	4508,169	2	1333,195	2	2352,350
8	2	1085,374	2	2195,954	2	818,612
9	1	5731,901	2	4211,555	1	1931,341
10	2	3005,476	2	916,440	2	1292,339
11	2	1641,188	2	2079,987	2	581,541
12	1	5705,100	2	3595,634	1	2187,787
13	2	5474,932	2	1893,186	2	2975,843
14	2	1680,067	2	1651,348	2	1407,688

Таблица 7 – Наименования субъектов ПФО и их номер
Table 7 – Names of subjects of the Volga Federal District and their number

№	Наименование	№	Наименование
1	Республика Башкортостан	8	Кировская область
2	Республика Марий Эл	9	Нижегородская область
3	Республика Мордовия	10	Оренбургская область
4	Республика Татарстан	11	Пензенская область
5	Удмуртская Республика	12	Самарская область
6	Чувашская Республика	13	Саратовская область
7	Пермский край	14	Ульяновская область

По данным таблицы 6, следует вывод, что степень сгущенности субъектов достаточно высокая. Это свидетельствует о стабильном расположении субъектов в кластере, однако три региона Приволжского федерального округа, а именно Республика Башкортостан, Нижегородская и Самарская области, характеризуются динамичностью, т. е. меняют свое положение относительно центров кластера в каждом анализируемом году.

Состав первого кластера существенно меняется в 2015 году. В этот период времени в ведущий кластер входит только один субъект – Республика Татарстан. В 2012 и 2018 годах состав кластера не отличается и включает в себя 4 региона: Республика Татарстан, Нижегородская область, Самарская область и Республика Башкортостан. Эти субъекты характеризуются наиболее высокой численностью населения, развитым уровнем образования и большими инвестициями в данную сферу и высоким показателем цифровизации сферы образования. Ко второму кластеру относятся регионы с менее развитой сферой образования и меньшим объемом инвестиций в образование внутри этих субъектов. Состав первого: Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Нижегородская область и Самарская область. Остальные субъекты формируют второй кластер.

Для каждого кластера были рассчитаны среднее значение, медиана, дисперсии, а также квантили уровня 0,25 и 0,75 для 2012 и 2018 годов. Таблица 8 представляет исходные данные субъектов первого кластера и итоговые значения анализа.

Таблица 8 – Исходные данные и статистические показатели для первого кластера
Table 8 – Initial data and statistical indicators for the first cluster

Год	№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
2012	1	4061	2042	6,1	103,1	80	19,1	3999	121	13	33,9	7439	207	13,1	4343,5
	4	3822	2051	4,1	100,1	100	13,8	3529	150	28	43,9	10060	193	19,1	8219,7
	9	3290	1817	5,4	100,7	83	11,7	2688	149	15	36,4	7763	184	14,7	3068,2
	12	3213	1748	3,4	100,3	82	11,2	2658	127	28	33,2	7575	209	6,3	3204,3
	Ср. зн.	3596,5	1914,5	4,8	101,1	86,3	13,9	3218,5	136,8	21	36,9	8209,3	198,3	13,3	4708,92
	Me	3556	1929,5	4,8	100,5	82,5	12,8	3108,5	138	21,5	35,2	7669	200	13,9	3773,9
	D	169208	24039	1,5	1,93	85,6	13,1	433727	222,9	66	24	1539991	140,9	28,2	5804984
	0,25 кван	3270,8	1799,8	3,9	100,3	81,5	11,6	2680,5	125,5	14,5	33,7	7541	190,8	11,4	3170,27
	0,75 кван	3881,8	2044,3	5,6	101,3	87,3	15,1	3646,5	149,3	28	38,3	8337,3	207,5	15,8	5312,55
2018	1	4051	1955	4,9	97,4	97	17,8	3089	121	10	23,9	5050	329	8,5	5842,4
	4	3899	2037	3,3	100	91	17,5	2946	260	23	33,9	7368	255	12,5	10618,8
	9	3215	1760	4,2	98,5	77	12,6	2456	157	11	19,2	4753	222	9,5	4693,6
	12	3183	1714	3,7	99,8	70	13,3	2453	152	19	21,9	5317	243	20,7	4246,6
	Ср. зн.	3587	1866,5	4,1	98,9	83,8	15,3	2736	172,5	15,8	24,7	5622	262	12,8	6350,35
	Me	3557	1857,5	3,9	99,2	84	15,4	2701	154,5	15	22,9	5183,5	249	11	5268
	D	2047467	23834	0,5	1,48	154,3	7,5	109066	3656,3	39,6	41,1	1407962	2166	30,63	8549421
	0,25 кван	3207	1748,5	3,6	98,2	75,3	13,1	2455,3	144,3	10,8	21,23	4975,8	237,8	9,25	4581,85
	0,75 кван	3937	1975,5	4,4	99,9	92,5	17,6	2981,8	182,8	20	26,4	5829,8	273,5	14,55	7036,5

Аналогичные показатели представлены в таблице 9 для второго кластера.

Таблица 9 – Статистические показатели внутри второго кластера
Table 9 – Statistical indicators within the second cluster

Год	№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
2012	2	690	366	6,5	99,1	24	2,4	732	158	3	5,9	1397	187	10,6	1192,3
	3	819	457	4,9	97,6	29	3	836	180	3	8,5	2170	175	13,1	2189,7
	5	1518	830	6	99,6	41	6,6	1356	161	8	15	2687	197	13	2961,5
	6	1244	655	5,9	99,3	27	4,2	1072	166	5	13,1	2608	160	20,9	1513,3
	7	2634	1358	6,3	98,1	70	10,7	2477	158	16	19,1	4703	262	14,1	2448,8
	8	1319	688	7,1	98,4	54	5,5	1167	173	7	11,4	2060	237	8,7	1407,8
	10	2016	1040	4,4	102,5	41	9,2	2075	120	8	15,2	3592	209	12,7	1635,8
	11	1369	703	4,9	99,8	28	4,6	1662	136	5	10,3	2487	169	11,4	937,1
	13	2503	1282	5,4	99,2	42	9,9	2390	113	8	23,2	6061	218	7	2351,2
	14	1274	680	5,6	100,6	34	5,3	1176	124	5	10,9	2625	137	6,3	2013
	Ср. зн.	1538,6	805,9	5,7	99,42	39	6,14	1494,3	149	7	13,26	3039	195,1	11,78	1865,05
	Ме	1344	695,5	5,75	99,25	37,5	5,4	1266	158	6	12,25	2616,5	192	12,05	1824,4
	D	425560	107246	0,68	1,92	202,00	8,40	394853	562	14	26,04	1933635	1412	17,39	400627
	0,25 кван	1251,5	661,25	5,03	98,575	28,25	4,3	1095,75	127	5	10,45	2249,25	170,5	9,175	1434,18
0,75 кван	1891,5	987,5	6,23	99,75	41,75	8,55	1971,75	164	8	15,15	3365,75	215,8	13,08	2310,83	
2015	1	4071	2017	6,1	96,7	70	14,7	3769	125	11	34,7	6001	155	9,1	4008,2
	2	686	359	5,3	99,3	24	2,2	670	164	3	4,4	1004	183	8,3	630,7
	3	807	446	4,2	97,8	29	3	978	170	3	7,3	1929	182	16,6	1616,5
	5	1517	821	5	99,5	45	4,8	1345	113	7	12,1	2382	139	10,2	1901,3
	6	1237	671	5	99,6	23	4,2	1126	143	5	10,8	1860	117	24	879,6
	7	2634	1305	6,3	98,8	70	8,6	2624	139	12	17,1	3951	180	10,5	2556,1
	8	1297	679	5,3	99	48	4,3	1123	148	6	8,8	1553	130	9,8	1236,1
	9	3260	1764	4,3	96,5	72	11,1	2968	158	13	27,4	5870	136	13,5	4831
	10	1995	1012	4,8	96,9	44	8,5	2124	124	5	14,7	2698	158	10,8	1418,6
	11	1349	702	4,7	99,8	16	4,1	1203	128	4	11	2070	126	14,7	682,9
	12	3206	1758	3,4	99,9	68	11,1	2690	135	25	28,6	6338	159	5	3013,1
	13	2488	1257	4,7	97,4	30	9,1	2289	114	7	23,5	5019	149	6,3	1764,2
	14	1258	650	4,9	98,4	33	3,9	1148	138	5	11	2061	124	5,2	2293,9
	Ср. зн.	1985,00	1033,9	4,92	98,43	44,00	6,89	1850,54	138	8	16,26	3287,38	149,1	11,08	2064,02
	Ме	1517	821	4,9	98,8	44	4,8	1345	138	6	12,1	2382	149	10,2	1764,2
	D	1116846	292435	0,6	1,5	408,0	14,9	906406	324	36	87,6	3586371	519,2	27,1	1617930
	0,25 кван	1258	671	4,7	97,4	29	4,1	1126	125	5	10,8	1929	130	8,3	1236,1
0,75 кван	2634	1305	5,3	99,5	68	9,1	2624	148	11	23,5	5019	159	13,5	2556,1	
2018	2	681	331	5	96,5	24	2,3	514	124	3	3,6	932	269	7,4	602
	3	795	421	4,2	98,1	28	3,3	715	197	3	6,2	1502	260	7,1	1528,9

Продолжение таблицы 9

Год	№	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
2018	5	1507	782	4,8	98,6	49	6,1	1032	121	7	9,9	1982	246	22,2	2332,4
	6	1223	619	5	97,9	26	4,8	915	167	4	8,1	1416	195	6,7	2009
	7	2611	1265	5,4	99,2	73	11,7	2161	159	10	11,6	3254	290	24,7	3503
	8	1272	667	5,1	99,8	50	4,9	873	180	4	6,2	1276	260	6,4	2210,9
	10	1963	1011	4,4	99,3	45	9,3	1667	125	5	7,4	2114	256	11,1	1225,2
2019	11	1318	685	4,4	99,7	25	4,6	890	134	5	7	1688	187	6,4	1937
	13	2441	1197	5	97,2	53	10,2	1963	108	7	17,4	4095	266	4,3	3942,7
	14	1238	626	3,7	98,3	39	4,3	950	148	5	7,2	1659	222	5	3606,6
	Ср. зн.	1504,9	760,4	4,7	98,46	41,2	6,15	1168	146	5	8,46	1991,8	245,1	10,13	2289,77
	Ме	1295	676	4,9	98,45	42	4,85	932,5	141	5	7,3	1673,5	258	6,9	2109,95
	D	414694	95616	0,26	1,17	252,40	9,92	310482	834	4	14,52	937963	1111	52,83	1190029
	0,25 кван	1226,75	620,75	4,4	97,95	26,5	4,375	877,25	124	4	6,4	1437,5	228	6,4	1630,925
	0,75 кван	1849	953,75	5	99,275	49,75	8,5	1508,25	165	7	9,45	2081	264,5	10,18	3210,35

Сравнение результатов статистического анализа для первого и второго кластеров показывает существенные различия в значениях. Показатели, характеризующие первый кластер, практически в два раза превышают соответствующие значения второго кластера. Также, анализируя составы кластеров, видно, что первая группа включает в себя наиболее развитые субъекты Приволжского федерального округа. Так, например, показатели, которые благоприятно сказываются на развитии образования в стране, примерно в 1,5 раза превосходят средние значения внутри ПФО в целом.

При сравнении значений, характеризующих второй кластер, и соответствующих значений Приволжского федерального округа в целом следует отметить, уровень безработицы достаточно высок и превышает среднее значение совокупности всех изучаемых субъектов. Значения показателей, описывающих число учебных заведений, число студентов и количество преподавателей, не превышают соответствующие средние значения по всему ПФО. При анализе средних показателей по образовавшимся кластерам зафиксировано превосходство первого кластера более чем в 2 раза. Инновационная активность как основной фактор готовности к обновлению основных элементов уступает первому кластеру и среднему значению Приволжского федерального округа. В 2012 году данный показатель в ведущем кластере на 1,5 % больше, в 2015 году ведущий регион показывает свое первенство по отношению ко всему второму кластеру, и даже в 2018 году показатель остается на низком уровне, разрыв составляет более 2 %.

В 2012 году инвестиции в сферу образования во втором кластере в среднем практически на 3000 млн рублей меньше, чем в кластере ведущих регионов, в котором данный показатель в 2,5 раза превышает аналогичный. К 2018 году ситуация остается стабильной и разрыв между кластерами находится на прежнем уровне, а следовательно, основной поток инвестиций направлен в регионы первого класса.

Следующий этап исследования – кластеризация субъектов Приволжского федерального округа на 3 группы. Аналогично, для определения принадлежности к какому-либо кластеру анализируется таблица конечных центров кластеров. Данные структурированы по всем анализируемым годам и представлены в таблице 10.

При данной кластеризации субъектов на группы также наблюдается изменение конечных центров в каждом из периодов. Это обуславливает перемещение некоторых субъектов между кластерами.

Разброс субъектов Приволжского федерального округа на 3 кластера по изучаемым периодам представлен в таблице 11.

По результатам анализа, которые представлены в таблице 11, при разбиении субъектов на кластеры замечена тенденция стабильности для всех структурных единиц ПФО, с течением времени субъек-

екты не обладают тенденцией перехода из кластера в кластер. Каждый субъект сохраняет свое место в первоначальной группе. При кластеризации Республика Татарстан образовала отдельный самостоятельный кластер. Этот субъект имеет наивысшие значения по показателям: численности рабочей силы; числу учебных заведений; числу персональных компьютеров, используемых в учебных целях; числу выпускников и преподавателей высших учебных заведений, а также по уровню инвестиций в сферу образования для данного субъекта.

Таблица 10 – Конечные центры кластеров за все периоды
Table 10 – End centers of clusters for all periods

Обо- зна- чение	2012			2015			2018		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
X_1	3290	690	3822	4071	686	3869	3183	681	3899
X_2	1817	366	2051	2017	359	2062	1714	331	2037
X_4	100	99	100	96	99	100	99	96	100
X_5	83	24	100	70	24	105	70	24	91
X_6	11	2	13	14	2	16	13	2	17
X_7	2688	732	3529	3769	670	4044	2453	514	2946
X_8	149	158	150	125	164	192	152	124	260
X_9	15	3	28	11	3	25	19	3	23
X_{10}	36	5	43	34	4	43	21	3	33
X_{11}	7763	1397	10060	6001	1004	8711	5317	932	7368
X_{12}	184	187	193	155	183	161	243	269	255
X_{13}	14	10	19	9	8	20	20	7	12
X_{14}	3068	1192	8219	4008	630	14555	4246	602	10618

Таблица 11 – Принадлежность субъектов к кластерам
Table 11 – Belonging of subjects to clusters

№ субъекта	2012		2015		2018	
	Кластер	Расстояние	Кластер	Расстояние	Кластер	Расстояние
1	1	2023,807797	1	1664,179762	1	1937,142142
2	2	0	2	1452,694807	2	1668,159563
3	2	1275,91379	2	633,2759692	2	691,8629403
4	3	0	3	0	3	0
5	2	2466,630293	2	786,5244453	2	651,2054807
6	2	1441,032269	2	471,2976269	2	185,5743197
7	1	3231,124882	1	1752,801609	1	1683,032822
8	2	1085,373668	2	415,2504703	2	415,6309398
9	1	0	1	1669,088518	1	422,443227
10	2	3005,475503	2	1431,583897	2	1400,329364
11	2	1641,18768	2	668,3677529	2	161,1748371
12	1	258,4298744	1	958,8336039	1	862,8298094
13	1	2099,927618	1	1794,149236	1	1098,43201
14	2	1680,066963	2	970,9025199	2	1677,386234

Анализ составов всех трех кластеров помогает глубже оценить степень развитости каждого кластера. Первый кластер образуют субъекты с достаточно высокими значениями показателей. Это регионы с относительно большой численностью населения, рабочей силы, а также с весомым числом учебных заведений, высокими уровнем их цифровизации, а именно с хорошим оснащением персональными компьютерами, которые используются в учебных целях, высоким уровнем инновационной активности организаций и с большой долей инвестиций в сферу образования. Второй кластер включает в себя субъекты с высоким уровнем безработицы и маленьким объемом инвестиций в сферу образования в этих регионах. В связи с невысоким уровнем инвестирования субъектам присуща низкая

цифровизация процесса обучения. Первый кластер – Республика Татарстан. второй – Республика Башкортостан, Пермский край, Нижегородская область, Самарская область, Саратовская область. Третий кластер – Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Кировская область, Пензенская область, Оренбургская область, Ульяновская область. В таблице 12 представлены статистические характеристики субъектов ПФО при кластеризации методом k -средних на 3 кластера.

Таблица 12 – Статистические показатели при кластеризации на 3 для второй группы
Table 12 – Statistical indicators for clustering by 3 for the second group

Год	№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
2012	1	4061	2042	6,1	103,1	80	19,1	3999	121	13	33,9	7439	207	13,1	4343,5
	7	2634	1358	6,3	98,1	70	10,7	2477	158	16	19,1	4703	262	14,1	2448,8
	9	3290	1817	5,4	100,7	83	11,7	2688	149	15	36,4	7763	184	14,7	3068,2
	12	3213	1748	3,4	100,3	82	11,2	2658	127	28	33,2	7575	209	6,3	3204,3
	13	2503	1282	5,4	99,2	42	9,9	2390	113	8	23,2	6061	218	7	2351,2
	Ср. зн.	3140,2	1649,4	5,32	100,3	71,4	12,5	2842,4	133	16	29,16	6708,2	216	11,04	3083,2
	Ме	3213	1748	5,4	100,3	80	11,2	2658	127	15	33,2	7439	209	13,1	3068,2
	D	384468	102960	1,32	3,51	297	14	433437	364	54	56,98	1709427	818,5	16,45	635383,4
	0,25 кван	2634	1358	5,4	99,2	70	10,7	2477	121	13	23,2	6061	207	7	2448,8
	0,75 кван	3290	1817	6,1	100,7	82	11,7	2688	149	16	33,9	7575	218	14,1	3204,3
2015	1	4071	2017	6,1	96,7	70	14,7	3769	125	11	34,7	6001	155	9,1	4008,2
	7	2634	1305	6,3	98,8	70	8,6	2624	139	12	17,1	3951	180	10,5	2556,1
	9	3260	1764	4,3	96,5	72	11,1	2968	158	13	27,4	5870	136	13,5	4831
	12	3206	1758	3,4	99,9	68	11,1	2690	135	25	28,6	6338	159	5	3013,1
	13	2488	1257	4,7	97,4	30	9,1	2289	114	7	23,5	5019	149	6,3	1764,2
	Ср. зн.	3131,80	1620,2	4,96	97,86	62	10,9	2868	134	13	26,26	5435,80	155,8	8,88	3234,52
	Ме	3206	1758	4,7	97,4	70	11,1	2690	135	12	27,4	5870	155	9,1	3013,1
	D	391580	107095	1,5	2,1	322	5,8	312065	270	45	42,4	925074	258,7	11,4	145461,2
	0,25 кван	2634	1305	4,3	96,7	68	9,1	2624	125	11	23,5	5019	149	6,3	2556,1
	0,75 кван	3260	1764	6,1	98,8	70	11,1	2968	139	13	28,6	6001	159	10,5	4008,2
2018	1	4051	1955	4,9	97,4	97	17,8	3089	121	10	23,9	5050	329	8,5	5842,4
	7	2611	1265	5,4	99,2	73	11,7	2161	159	10	11,6	3254	290	24,7	3503
	9	3215	1760	4,2	98,5	77	12,6	2456	157	11	19,2	4753	222	9,5	4693,6
	12	3183	1714	3,7	99,8	70	13,3	2453	152	19	21,9	5317	243	20,7	4246,6
	13	2441	1197	5	97,2	53	10,2	1963	108	7	17,4	4095	266	4,3	3942,7
	Ср. зн.	3100,2	1578,2	4,64	98,42	74	13,1	2424,4	139	11	18,8	4493,8	270	13,54	4445,66
	Ме	3183	1714	4,9	98,5	73	12,6	2453	152	10	19,2	4753	266	9,5	4246,6
	D	399479	109219	0,46	1,26	249	8,19	181444	544	20	22,39	687586	1732	75,73	798389,6
	0,25 кван	2611	1265	4,2	97,4	70	11,7	2161	121	10	17,4	4095	243	8,5	3942,7
	0,75 кван	3215	1760	5	99,2	77	13,3	2456	157	11	21,9	5050	290	20,7	4693,6

Аналогичные данные получены для третьей группы и представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Статистические показатели при кластеризации на 3 для второй группы
Table 13 – Statistical indicators for clustering by 3 for the second group

Год	№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
2012	2	690	366	6,5	99,1	24	2,4	732	158	3	5,9	1397	187	10,6	1192,3
	3	819	457	4,9	97,6	29	3	836	180	3	8,5	2170	175	13,1	2189,7
	5	1518	830	6	99,6	41	6,6	1356	161	8	15	2687	197	13	2961,5
	6	1244	655	5,9	99,3	27	4,2	1072	166	5	13,1	2608	160	20,9	1513,3

Продолжение таблицы 13

Год	№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
2014	8	1319	688	7,1	98,4	54	5,5	1167	173	7	11,4	2060	237	8,7	1407,8
	10	2016	1040	4,4	102,5	41	9,2	2075	120	8	15,2	3592	209	12,7	1635,8
	11	1369	703	4,9	99,8	28	4,6	1662	136	5	10,3	2487	169	11,4	937,1
	14	1274	680	5,6	100,6	34	5,3	1176	124	5	10,9	2625	137	6,3	2013
	Ср. зн.	1281,125	677,375	5,66	99,612	34,75	5,1	1259,5	152	5	11,29	2453,25	183,9	12,09	1731,313
	Ме	1296,5	684	5,75	99,45	31,5	4,95	1171,5	159	5	11,15	2547,5	181	12,05	1574,55
	D	167103,6	43083	0,81	2,18	100,50	4,57	192093	514	4	10,04	393787	957,6	18,22	412206
	0,25 кван	1137,75	605,5	4,9	98,925	27,75	3,9	1013	133	4	9,85	2142,5	166,8	10,13	1353,925
	0,75 кван	1406,25	734,75	6,13	100	41	5,775	1432,5	167	7	13,58	2640,5	200	13,03	2057,175
2015	2	686	359	5,3	99,3	24	2,2	670	164	3	4,4	1004	183	8,3	630,7
	3	807	446	4,2	97,8	29	3	978	170	3	7,3	1929	182	16,6	1616,5
	5	1517	821	5	99,5	45	4,8	1345	113	7	12,1	2382	139	10,2	1901,3
	6	1237	671	5	99,6	23	4,2	1126	143	5	10,8	1860	117	24	879,6
	8	1297	679	5,3	99	48	4,3	1123	148	6	8,8	1553	130	9,8	1236,1
	10	1995	1012	4,8	96,9	44	8,5	2124	124	5	14,7	2698	158	10,8	1418,6
	11	1349	702	4,7	99,8	16	4,1	1203	128	4	11	2070	126	14,7	682,9
	14	1258	650	4,9	98,4	33	3,9	1148	138	5	11	2061	124	5,2	2293,9
	Ср. зн.	1268,25	667,50	4,90	98,79	32,75	4,38	1214,63	141	4	10,01	1944,63	144,9	12,45	1332,45
	Ме	1277,5	675	4,95	99,15	31	4,15	1137	140	5	10,9	1995	134,5	10,5	1327,35
	D	164319,6	41159,7	0,1	1,0	139,4	3,5	173913	382	2	9,9	261954	689,8	34,3	352115,3
	0,25 кван	1129,5	599	4,77	98,25	23,75	3,675	1086,75	127	3	8,425	1783,25	125,5	9,425	830,425
0,75 кван	1391	731,75	5,08	99,525	44,25	4,425	1238,5	152	5	11,27	2148	164	15,17	1687,7	
2018	2	681	331	5	96,5	24	2,3	514	124	3	3,6	932	269	7,4	602
	3	795	421	4,2	98,1	28	3,3	715	197	3	6,2	1502	260	7,1	1528,9
	5	1507	782	4,8	98,6	49	6,1	1032	121	7	9,9	1982	246	22,2	2332,4
	6	1223	619	5	97,9	26	4,8	915	167	4	8,1	1416	195	6,7	2009
2018	8	1272	667	5,1	99,8	50	4,9	873	180	4	6,2	1276	260	6,4	2210,9
	10	1963	1011	4,4	99,3	45	9,3	1667	125	5	7,4	2114	256	11,1	1225,2
	11	1318	685	4,4	99,7	25	4,6	890	134	5	7	1688	187	6,4	1937
	14	1238	626	3,7	98,3	39	4,3	950	148	5	7,2	1659	222	5	3606,6
	Ср. зн.	1249,625	642,75	4,58	98,525	35,75	4,95	944,5	149	4	6,95	1571,13	236,9	9,038	1931,5
	Ме	1255	646,5	4,6	98,45	33,5	4,7	902,5	141	4	7,1	1580,5	251	6,9	1973
	D	158740	43511	0,24	1,19	126,21	4,37	110949	828	1	3,23	144190	1001	31,37	782756,9
	0,25 кван	1116	569,5	4,35	98,05	25,75	4,05	833,5	124	3	6,2	1381	215,2	6,4	1452,975
	0,75 кван	1365,25	709,25	5	99,4	46	5,2	970,5	170	5	7,575	1761,5	260	8,325	2241,275

Распределение субъектов между вторым и третьим кластерами претерпело изменение, однако статистические значения показателей второго кластера по-прежнему практически в 2 раза превосходят

аналогичные показатели третьего класса. Средние значения показателей, которые оказывают благоприятное влияние на степень развитости сферы образования в анализируемых регионах, превосходят средние значения внутри Приволжского федерального округа в целом примерно в 1,5 раза.

Следует отметить уменьшение среднего значения уровня безработицы. Данный показатель должен сохранить тенденцию к снижению с целью повышения развитости региона. Среднее значение уровня безработицы в Республике Татарстан на 1 % меньше, чем в Приволжском федеральном округе. Быстрые темпы цифровизации регионов приводят к сокращению старых профессий, после переквалификации уровень безработицы по-прежнему сокращается. По статистике 2020 года, данный показатель нормализуется и сохраняется тенденция, как в 2012 году. Показатели, которые описывают степень развитости сферы образования в регионах, а именно, число учебных заведений, число студентов и преподавателей, число персональных компьютеров, которые используются в учебных целях, в среднем меньше, чем по всему Приволжскому федеральному округу в целом и по двум кластерам соответственно. Регионы, входящие в третью группу, характеризуются малой численностью населения и рабочей силы. Средние значения данных показателей в 2 раза меньше аналогичных показателей по ПФО, а также в 2,5 и 3 раза меньше значений первого и второго кластеров соответственно. Инновационная активность организаций в третьем кластере уступает показателю по всему ПФО в целом аналогично первичному анализу и итогам кластеризации на 2 класса. Однако в 2012 и 2015 годах складывается ситуация, когда третий кластер опережает по данному показателю второй, но к 2018 году второй кластер возвращает лидирующие позиции и превосходит третий кластер на 4 %.

Показатель инвестиции в образование характеризует субъекты Приволжского федерального округа. Среднее значение данного показателя характеризуется большим разрывом между кластерами. Наивысшая сумма инвестиций в сферу образования в 2,5 раза превышает аналогичный показатель между кластерами. В 2012 году инвестиции в сферу образования во втором кластере составляют 3083,2 млн рублей, следовательно, это практически в 2 раза выше, чем в третьем кластере. К 2018 году не удалось сократить разрыв между кластерами. Республика Татарстан по-прежнему сохраняет ведущие позиции, а второй кластер все также имеет большой разрыв с третьей группой. Изменение ситуации и перераспределение субъектов между кластерами определяется политикой государства.

Оценка качества критериев кластеризации [26] позволяет считать оптимальной кластеризацию на 3 кластера.

Таблица 14 – Распределение по кластерам по группе показателей масштаба развития образования методом «ближнего и дальнего соседа»

Table 14 – Distribution by clusters by group of indicators of the scale of development of education by the method of «near and far neighbor»

Ближний сосед	Субъект	Дальний сосед	Субъект
Кластер	Республика Башкортостан	Кластер	Республика Башкортостан
	Республика Марий Эл		Нижегородская область
	Самарская область		Самарская область
Кластер	Нижегородская область	Кластер	Удмуртская Республика
	Удмуртская Республика		Оренбургская область
	Чувашская Республика		Пензенская область
	Пермский край		Ульяновская область
	Кировская область		Республика Марий Эл
	Оренбургская область		Республика Мордовия
Кластер	Пензенская область	Кластер	Чувашская Республика
	Саратовская область		Кировская область
	Ульяновская область		Саратовская область
	Республика Мордовия		Пермский край
	Республика Татарстан		Республика Татарстан

Таким образом, при проведении кластерного анализа было выполнено распределение всех структурных единиц Приволжского федерального округа на заданное число кластеров. В анализе была использована вся совокупность показателей сферы образования. Результаты исследования позволили сделать вывод о степени развитости сферы образования в субъектах ПФО. Для более детального анализа показателей необходимо изучение степени близости и рассеяния субъектов внутри определенной группы показателей. Для этого используется подход метода «ближнего соседа» с евклидовой метрикой простой и взвешенной, метод «дальнего соседа», позволяющие сформировать разные по плотности кластеры, а также дивизимный алгоритм кластеризации. Для расчета весовых коэффициентов использовался метод главных компонент, описанный ниже в работе.

Как видно из таблицы 14, с меньшей плотностью структуризация предполагает выделение пяти кластеров. Республика Татарстан всегда проявляет себя как самостоятельный кластер. Более половины субъектов ПФО формируют большой кластер. Можно ожидать, что в указанный временной период трудовой потенциал сферы образования был на одинаковом уровне. В этих регионах активно шли процедура объединения образовательных учреждений, появление новых направлений специализации. Методом «дальнего соседа» указанный крупный кластер разбивается на два кластера, что позволяет провести дифференциацию по группе масштаба проявления изучаемых показателей. Углубленная кластеризация применяется в исследовании при использовании показателей социально-экономической сферы. В таблице 15 представлены результаты классификация по группе показателей социально-экономической сферы по исходным данным за 2018 год.

Таблица 15 – Распределение по кластерам по группе показателей социально-экономической сферы методом «ближнего и дальнего соседа»

Table 15 – Distribution by clusters by a group of indicators of the socio-economic sphere using the «near and far neighbor» method

Ближний сосед	Субъект	Дальний сосед	Субъект
Кластер	Республика Башкортостан	Кластер	Республика Башкортостан
	Республика Татарстан		Республика Татарстан
Кластер	Самарская область	Кластер	Пермский край
	Нижегородская область		Саратовская область
Кластер	Саратовская область	Кластер	Оренбургская область
	Пермский край		Пензенская область
Кластер	Республика Марий Эл	Кластер	Ульяновская область
	Республика Мордовия		Республика Марий Эл
Кластер	Оренбургская область	Кластер	Республика Мордовия
	Пензенская область		Чувашская Республика
Кластер	Кировская область	Кластер	Кировская область
	Ульяновская область		Самарская область
Кластер	Удмуртская Республика	Кластер	Нижегородская область
	Чувашская Республика		Удмуртская Республика

Учитывая особую роль отдельных показателей для субъектов ПФО, далее в работе описывается кластеризация по взвешенной евклидовой метрике. По матрице факторного отображения, которая представлена ниже в работе, рассчитывался показатель общности для показателей данного блока. Суммарная общность далее используется для нормирования коэффициентов корреляции между латентными факторами и исходными показателями. В результате нормировки получены весовые коэффициенты для взвешенной евклидовой метрики. В таблице 16 представлен модифицированный исходный массив показателей социально-экономической сферы для 2018 года.

Для данных таблицы 16 рассчитывалась матрица расстояний, которая позволила провести кластеризацию методами «ближнего» и «дальнего соседа». Таблицы 17 и 18 представляют собой протокол пошаговой кластеризации. Первые два столбца показывают номера объектов, которые формируют первый кластер на основании минимального расстояния между ними в матрице расстояний. Далее происходит модификация матрицы расстояний: происходит сокращение размерности на единицу, изменяются расстояния от всех оставшихся объектов до сформированного первого кластера. В методе «ближнего соседа» фиксируется меньшее из двух возможных расстояний, в методе «дальнего соседа» сохраняется большее расстояние. Третий столбец таблицы 17 отражает минимальное расстоя-

ние, на котором происходят последующие шаги кластеризации. Четвертый столбец отображает новый сформированный кластер.

Таблица 16 – Исходный массив данных по группе социально-экономических показателей, модифицированных весом

Table 16 – Initial data array for a group of socio-economic indicators modified by weight

№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	1829,432	899,8865	0,04655	7,62642
2	307,5396	152,3593	0,0475	7,55595
3	359,022	193,7863	0,0399	7,68123
4	1760,788	937,6311	0,03135	7,83
5	680,5612	359,9546	0,0456	7,72038
6	552,3068	284,9257	0,0475	7,66557
7	1179,128	582,2795	0,0513	7,76736
8	574,4352	307,0201	0,04845	7,81434
9	1451,894	810,128	0,0399	7,71255
10	886,4908	465,3633	0,0418	7,77519
11	595,2088	315,3055	0,0418	7,80651
12	1437,443	788,9542	0,03515	7,81434
13	1102,356	550,9791	0,0475	7,61076
14	559,0808	288,1478	0,03515	7,69689

Таблица 17 – Протокол пошаговой кластеризации методом «ближнего соседа»

Table 17 – Incremental «near neighbor» clustering protocol

Объект	Объект	d(min)	Кластер
6	14	7,5	S(6,14)
8	11	22,36	S(8,11)
S(6,14)	S(8,11)	24,33	S(6,8,11,14)
9	12	25,64	S(9,12)
2	3	66,08	S(2,3)
1	4	78,34	S(1,4)
7	13	82,91	S(7,13)
5	S(6,8,11,14)	96,33	S(5,6,8,11,14)
S(2,3)	S(5,6,8,11,14)	213,69	S(2,3,5,6,8,11,14)
10	S(2,3,5,6,8,11,14)	231,34	S(2,3,5,6,8,10,11,14)
S(7,13)	S(2,3,5,6,8,10,11,14)	232,22	S(2,3,5,6,7,8,10,11,13,14)
S(9,12)	S(2,3,5,6,7,8,10,11,13,14)	330,82	S(2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14)
S(1,4)	S(2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14)	334,17	S(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14)

Таблица 18 – Протокол пошаговой кластеризации методом «дальнего соседа»

Table 18 – Step by step clustering protocol using the «far neighbor» method

Объект	Объект	d(min)	Кластер
6	14	7,5	S(6,14)
8	11	22,36	S(8,11)
9	12	25,64	S(9,12)
S(6,14)	S(8,11)	52,57	S(6,8,11,14)
2	3	66,08	S(2,3)
1	4	78,34	S(1,4)
7	13	82,91	S(7,13)
5	S(6,8,11,14)	148,59	S(5, 6, 8,11,14)
10	S(7,13)	315,13	S(7,10,13)
S(1,4)	S(9,12)	407,38	S(1,4,9,12)
S(2,3)	S(5, 6, 8,11,14)	426,9	S(2,3,5,6, 8,11,14)
S(2,3,5,6, 8,11,14)	S(7,10,13)	971,85	S(2,3,5,7,8,10,11,13,14)
S(1,4,9,12)	S(2,3,5,7,8,10,11,13,14)	1695,57	S(1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14)

Достоинством агломеративных методов классификации является возможность ограничения шагов кластеризации, когда становится очевидной структура каждого кластера. Как видно, для весовой метрики формируются 2 кластера по методу «ближнего соседа» и 3 кластера по методу «дальнего соседа». Как видно из таблицы 18, с большей плотностью структуризация предполагает выделение пяти кластеров. Самый крупный кластер также составляет больше половины субъектов ПФО. По показателям социально-экономического блока субъекты данного кластера можно считать достаточно схожими. Республики Татарстан и Башкортостан в обоих случаях проявляют себя как отдельный кластер.

В работе применялся дивизимный метод кластеризации. Для группы показателей социально-экономической сферы (2018 год) рассматривается процедура кластеризации. Исходные данные имеют весовую нагрузку на показатели. На первом шаге разделяются Республика Башкортостан и Республика Марий Эл. Далее к ним по минимальному расстоянию присоединяются остальные субъекты. К Республике Башкортостан присоединяются Республика Татарстан, Пермский край, Нижегородская область, Самарская область, Саратовская область. Остальные субъекты присоединяются к Республике Марий Эл. Далее аналогичная процедура применялась к каждой ветке дерева. Корнем первой ветки является Республика Башкортостан. На следующем шаге расходятся Республика Башкортостан и Саратовская область. По минимальному расстоянию к Республике Башкортостан присоединяются Республика Татарстан, Нижегородская область, Самарская область. Пермский край присоединяется к Саратовской области. Следующий шаг соответствует расхождению Республики Башкортостан и Самарской области. К Республике Башкортостан присоединяется Республика Татарстан, к Самарской области – Нижегородская область. И далее эти парные кластеры также разделяются. Разделение первой ветки закончено. Рассмотрим дивизимный алгоритм для второй ветки дерева. На первом шаге разделяются Республика Марий Эл и Оренбургская область. К Республике Марий Эл по минимальному расстоянию присоединяются Республика Мордовия, Кировская область, Чувашская Республика и Ульяновская область. Оренбургская область, Пензенская область и Республика Удмуртия объединяются по минимальному расстоянию. Республика Марий Эл и Кировская область являются корнями новой ветки. Республика Мордовия присоединяется к Республике Марий Эл. Чувашская Республика и Ульяновская область присоединяются к Кировской области. Далее разделяются Кировская область и Чувашская Республика. И далее эта ветка заканчивается разделением Чувашской Республики и Ульяновской области. Последняя ветка характеризует разделение Оренбургской и Пензенской областей и далее происходит разделение Удмуртской Республики и Пензенской области. Таблица 19 содержит расстояния, на которых разделяются субъекты ПФО согласно дивизимному алгоритму кластеризации.

Таблица 19 – Численные значения расстояний, соответствующих дивизимному алгоритму кластеризации

Table 19 – Numerical values of distances corresponding to the divisive clustering algorithm

Левая ветвь						
1 и 2	1 и 13	1 и 12	1 и 4	9 и 12		
1695,568	806,4589	407,3834	78,33636	25,63547		
Правая ветвь						
2 и 10	2 и 8	2 и 3	10 и 11	11 и 5	6 и 8	6 и 14
658,1459	308,4693	66,08063	372,2938	96,3254	31,2706	7,501342

Из таблицы 19 видно, что диаметром исходного кластера, включающего все субъекты ПФО, является расстояние между Республикой Башкортостан и Республикой Марий Эл. Самыми близкими по изучаемой группе социально-экономических показателей являются следующие пары: Чувашская Республика и Ульяновская область, Нижегородская и Самарская области, Республика Марий Эл и Республика Мордовия. Графическое представление дивизимного метода кластеризации представлено на рисунке 1.

Таким образом, в работе представлены результаты кластеризации разными методами и с использованием модифицированных данных. Многомерные данные размерности 14 x 14 невозможно представить в виде графика на плоскости. В этой связи возможности факторного анализа очень широки и позволяют решить эту проблему. Следующим шагом исследования было сжатие массива данных с целью визуализации данных. Средствами факторного анализа многомерные данные были визуализированы. Факторный анализ имеет широкий спектр методов, включая Q и R техники, в исследовании

используется метод главных компонент. Используя статистический пакет SPSS Statistics, получены диаграммы, таблицы, графики по факторному анализу, представленные в методе главных компонент. Используя пакет SPSS Statistics, выделены 2 латентных фактора, которые представлены в таблице 20. Кумулятивная величина дисперсии больше 75 %.

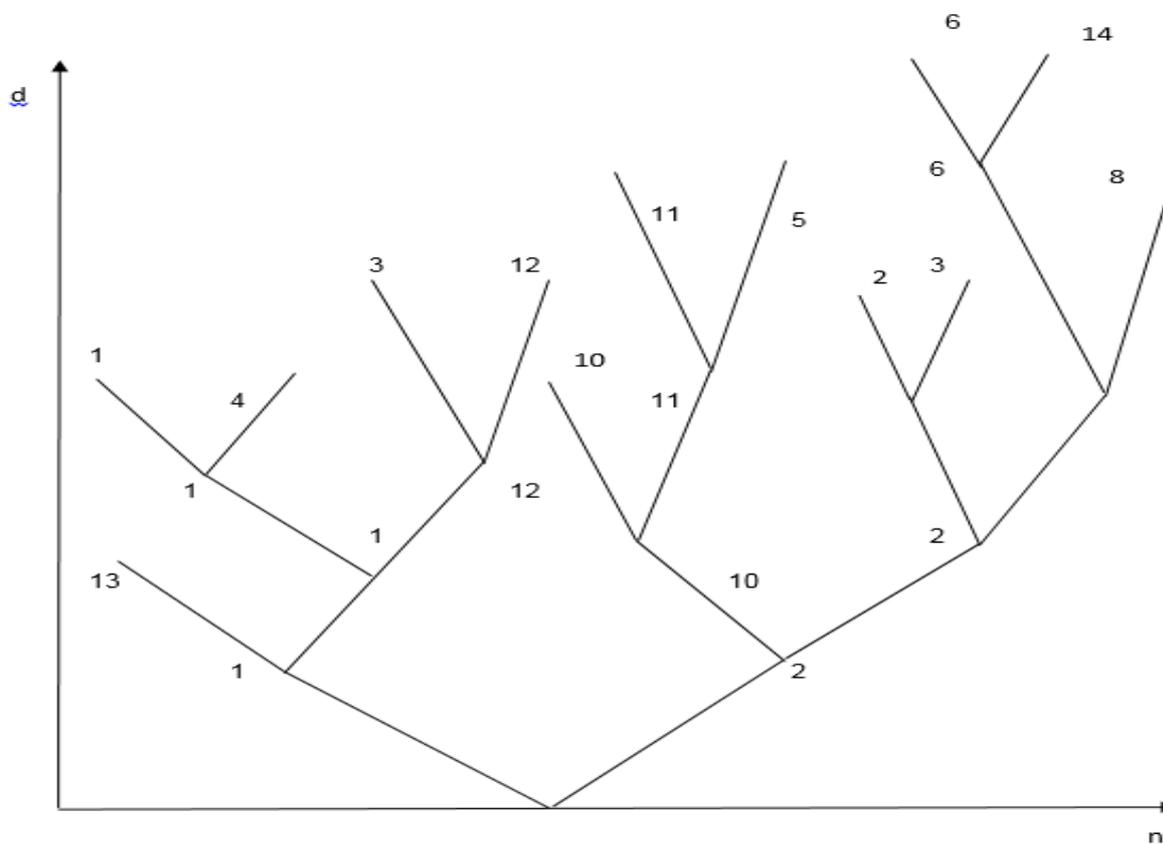


Рисунок 1 – Дерево. Результат дивизимного алгоритма кластеризации
 Figure 1 – Tree. The result of divisive clustering algorithm

Таблица 20 – Полная объясненная дисперсия с отражением двух латентных факторов
Table 20 – Total explained variance reflecting two latent factors

Компонента	Начальные собственные значения	Суммы квадратов нагрузок извлечения		
	Кумулятивный %	Итого	% Дисперсии	Кумулятивный %
1	61,976	8,677	61,976	61,976
2	75,268	1,861	13,293	75,268

Алгоритм метода главных компонент в SPSS Statistics задавался алгоритмом выведения собственных значений, превышающих 1, и, как видно из таблицы 15, главные компоненты имеют собственное значение 8,68 и 1,86. Первый латентный фактор объясняет дисперсию на 61,98 %, второй латентный фактор объясняет дисперсию на 13,29 %. В сумме получается 75,27 %. В работе задавался дополнительно режим варимаксного вращения для усиления факторных нагрузок. В таблице 21 представлены собственные значения и соответствующие дисперсии латентных факторов после варимаксного вращения.

Таблица 21 – Полная объясненная дисперсия после варимаксного вращения
Table 21 – Total explained variance after varimax rotation

Компонента	Суммы квадратов нагрузок вращения		
	Итого	% Дисперсии	Кумулятивный %
1	8,082	57,730	57,730
2	2,455	17,538	75,268

На рисунке 2 представлена графическая зависимость собственных значений, выделенных методом главных компонент, и соответствующих им латентных факторов каждой компоненте.

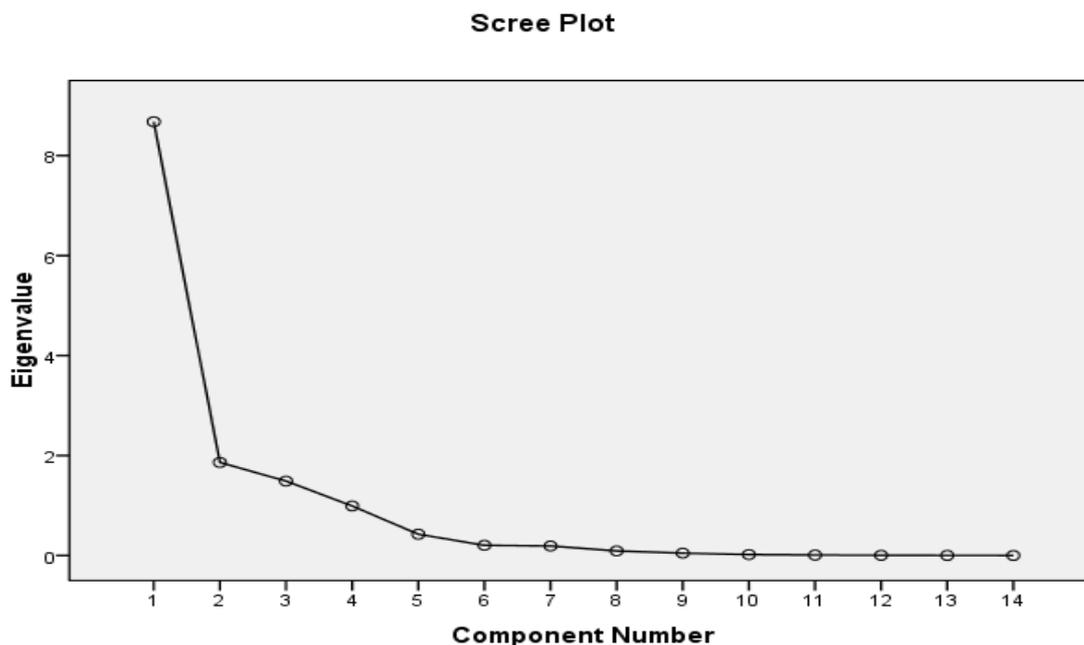


Рисунок 2 – График нормализованного простого стресса
 Figure 2 – Graph of normalized simple stress

Как видно из графика, излом приходится на 2-ю компоненту, что свидетельствует о том, что первые два собственных значения достаточны для выделения двух главных компонент.

В таблице 22 представлена матрица факторного отображения до и после варимаксного вращения по двум выделенным латентным факторам.

Таблица 22 – Матрица факторного отображения до и после варимаксного вращения
Table 22 – Factor mapping matrix before and after varimax rotation

До вращения							
Латентный фактор	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
F ₁	0,99	0,992	-0,249	0,587	0,93	0,937	0,968
F ₂	-0,015	0,006	0,344	-0,574	0,247	-0,098	-0,072
Латентный фактор	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
F ₁	-0,442	0,865	0,97	0,971	0,316	0,209	0,809
F ₂	0,857	0,176	0,088	0,035	0,331	0,605	0,296
После вращения							
Латентный фактор	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
F ₁	0,941	0,95	-0,137	0,392	0,961	0,866	0,904
F ₂	0,307	0,287	-0,402	0,722	0,038	0,37	0,355
Латентный фактор	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
F ₁	-0,169	0,879	0,952	0,938	0,4	0,378	0,86
F ₂	-0,949	0,087	0,202	0,253	-0,223	-0,516	-0,044

Из матрицы факторного отображения до вращения видно, что первый латентный фактор максимально коррелирует с показателями X₁, X₂, X₄, X₅, X₆, X₇, X₉, X₁₀, X₁₁, X₁₄. Второй латентный фактор – соответственно, с X₃, X₈, X₁₂, X₁₃. В результате варимаксного вращения происходит перераспределение множества показателей в теоретическом пространстве латентных факторов. Рисунок 3 демонстрирует локализацию исходных показателей в новом пространстве с учетом варимаксного вращения.

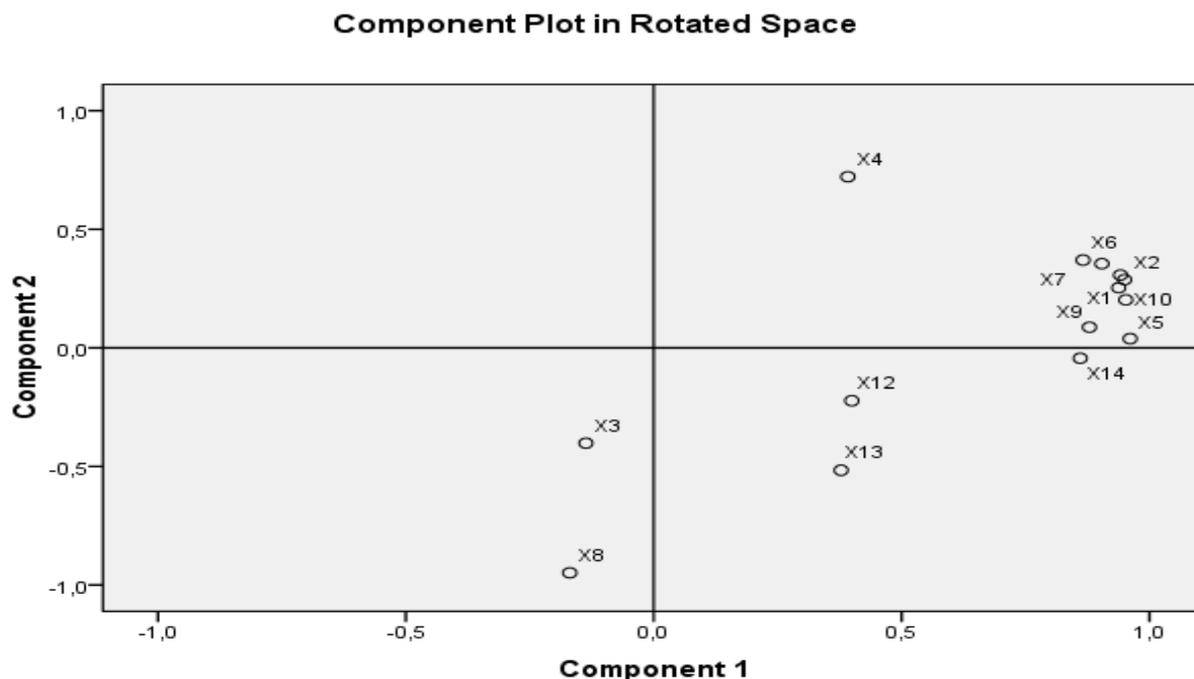


Рисунок 3 – График компонент в повернутом пространстве
 Figure 3 – Plot components in rotated space

Для всех субъектов ПФО средствами факторного анализа рассчитаны новые теоретические координаты. В таблице 23 представлены численные значения латентных факторов субъектов Приволжского федерального округа.

Таблица 23 – Численные значения латентных факторов субъектов Приволжского федерального округа
Table 23 – Numerical values of latent factors of the subjects of the Volga Federal District

№ субъекта	1	2	3	4	5	6	7
F ₁	-0,13	-0,14	0,22	0,17	-0,22	-0,07	-0,13
F ₂	0,83	0,83	-0,65	0,72	0,7	0,73	0,95
№	8	9	10	11	12	13	14
F ₁	-0,22	-0,26	-0,21	-0,22	-0,02	-0,27	-0,38
F ₂	-0,08	0,86	0,87	0,88	-0,48	1,71	1,28

График расположения субъектов Приволжского федерального округа в пространстве латентных факторов представлен на рисунке 4.

Из рисунка 4 видно, что Республика Татарстан – это лидирующий регион Приволжского федерального округа по всем показателям. Данный округ имеет достаточно большие значения латентных факторов. Однако значение второго латентного фактора ниже, чем во многих других регионах. Это связано с тем, что в данную группу входит показатель, характеризующий безработицу. В регионе зафиксировано хорошее развитие факторов, которые не учитывают информационные технологии. Информационные показатели также занимают ведущее положение. В Самарской области наблюдаются стабильные показатели по первому латентному фактору. Показатели, которые не связаны с информационными технологиями, оказываются на уровне ниже, чем в Республике Татарстан. Таким образом, в данном субъекте ПФО необходимо развивать сферу образования за счет увеличения инвестиций. Показатели, на которые оказывает влияние информатизация сферы, занимают среднее значение. Следовательно, внедряя новые технологии в сферу образования, необходимо реализовывать переквалификацию сотрудников сферы образования, сокращая показатель безработицы. Соблюдая баланс внутри латентного фактора, регион сможет претендовать на ведущие позиции в Приволжском федеральном округе.

Аналогичные расчеты проведены по показателям сферы образования за 2015 и 2018 год. Ниже представлены графики субъектов Приволжского федерального округа в пространстве латентных факторов за 2015 и 2018 год (рисунки 5 и 6).

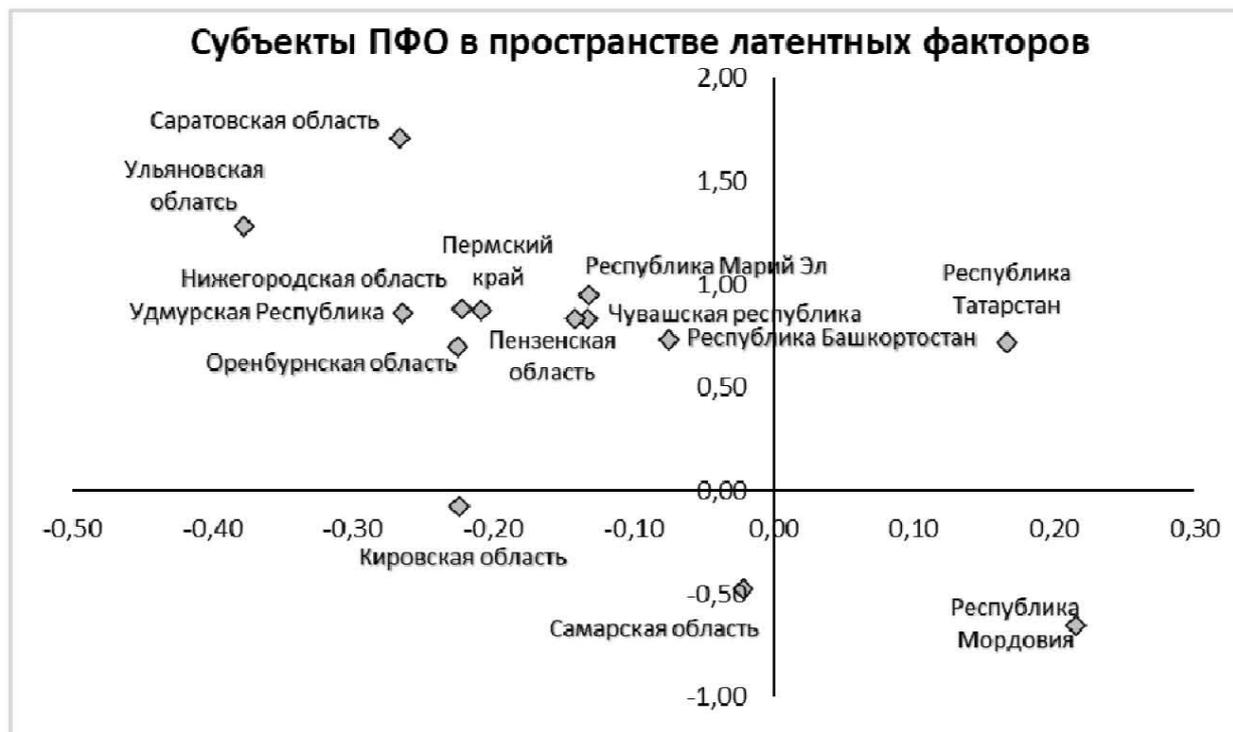


Рисунок 4 – Субъекты в пространстве латентных факторов за 2012 год
Figure 4 – Subjects in the space of latent factors for 2012

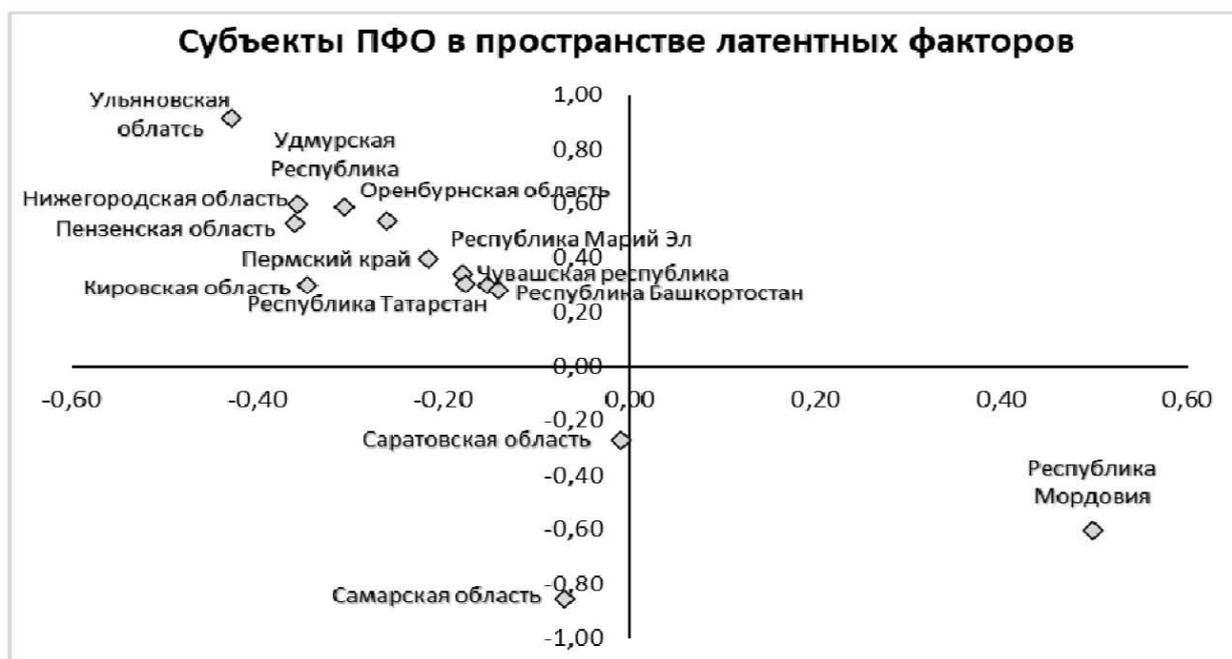


Рисунок 5 – Субъекты в пространстве латентных факторов за 2015 год
Figure 5 – Subjects in the space of latent factors for 2015

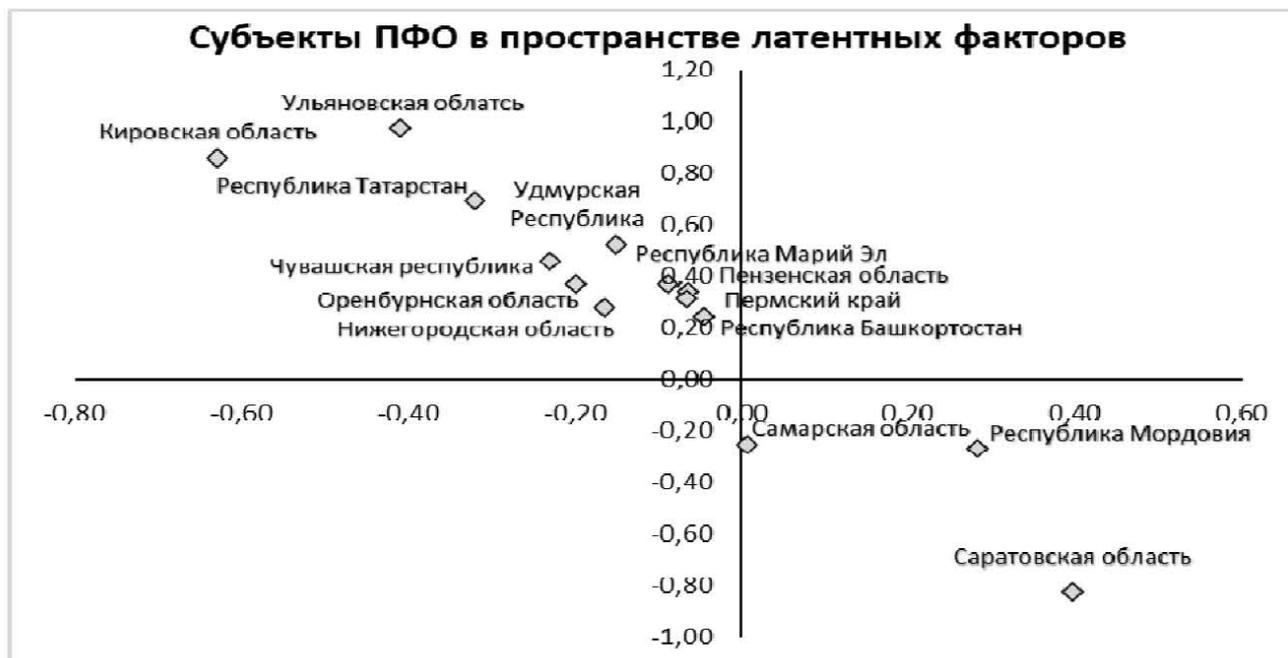


Рисунок 6 – Субъекты в пространстве латентных факторов за 2018 год
 Figure 6 – Subjects in the space of latent factors for 2018

Коэффициент информативности подтверждает достаточное количество выделенных латентных факторов. В таблице 24 представлены численные значения коэффициента информативности для изучаемых временных периодов.

Таблица 24 – Численные значения коэффициента информативности
Table 24 – Numerical values of the information content coefficient

Период	2012	2015	2018
Коэффициент информативности	0,753	0,729	0,785

Как видно из таблицы 24, коэффициент информативности превосходит 0,7, что свидетельствует об удовлетворительном качестве результатов факторного анализа. Компоненты матрицы факторного отображения позволили оценить весовые коэффициенты для применения кластерного анализа с учетом взвешенной евклидовой метрики. В частности, в таблице 25 представлены численные значения весовых коэффициентов до и после варимаксного вращения.

Таблица 25 – Численные значения весовых коэффициентов до и после варимаксного вращения
Table 25 – Numerical values of weighting coefficients before and after varimax rotation

Показатели						
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₇	X ₉
До варимаксного вращения						
0,413	0,415	0,026	0,145	0,248	0,268	0,214
После варимаксного вращения						
0,452	0,46	0,01	0,078	0,272	0,241	0,228
Показатели						
X ₁₁	X ₆	X ₁₀	X ₁₂	X ₈	X ₁₃	X ₁₄
До варимаксного вращения						
0,27	0,483	0,517	0,338	0,662	0,063	0,937
После варимаксного вращения						
0,259	0,453	0,547	0,849	0,152	0,162	0,838

Весовая кластеризация позволяет усиливать и ослабевать входящий в исследование показатель. Обычно весовые коэффициенты формируются после экспертного оценивания. В работе оценка весо-

вых коэффициентов проводилась по матрице факторного отображения с учетом степени тесноты связи показателя и латентного фактора [24].

Заключение

В работе проанализированы средствами классификации без обучения и факторного анализа показатели сферы образования Приволжского федерального округа в условиях государственной политики по цифровизации. Результатом первичного анализа выбранных показателей сферы образования в РФ является достаточно высокий рейтинг Приволжского федерального округа в общей структуре субъектов РФ. В работе проведен анализ показателей агрегативными, дивизимными и итеративными методами кластеризации, произведена визуализация исходных показателей средствами факторного анализа. Также в работе проведена углубленная кластеризация по группам показателей масштаба уровня образования и социально-экономической сферы. Для группы социально-экономического блока применялась весовая евклидова метрика. Проведена структуризация ПФО по изучаемым показателям. Используя пакет SPSS Statistics, выделены 2 латентных фактора. Усиление факторных нагрузок осуществлялось варимаксным вращением. Первый латентный фактор включает группу показателей, слабо подверженных цифровой трансформации. А второй латентный фактор включает показатели, характеризующиеся влиянием цифровой трансформации. По результатам факторного анализа следует отметить, что Республика Татарстан, Республика Башкортостан, Самарская и Нижегородская области являются ведущими регионами Приволжского федерального округа с развитой сферой образования. Повышать размер инвестиций в сферу образования, увеличивать число ПК, используемых в учебных целях, бороться с безработицей необходимо в Пермском крае, Республике Марий Эл, Республике Мордовия, Удмуртской Республике, Чувашской Республике, Ульяновской, Пензенской, Кировской, Оренбургской и Саратовской областях

Таким образом, средствами многомерных статистических методов, а именно кластерного и факторного анализов, была изучена структуризация субъектов, осуществлена визуализация изучаемых показателей, а также выявлена отдельная связь между группами показателей. По результатам кластерного анализа было получено наилучшее разбиение структурных единиц Приволжского федерального округа на кластеры. Полученные результаты дополняют исследования, представленные в работах [27–29].

Библиографический список

1. Тарасов С.Ю., Агарков А.П. Экономическая сущность территориальных финансов и их роль в региональном хозяйстве и региональной экономике // Сборник научных статей магистрантов ММА. Москва: Московская международная академия. 2021. Т. 2. С. 82–86. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46491911>. EDN: <https://www.elibrary.ru/ghpdwn>.
2. Румянцев Н.М., Леонидова Е.Г. Проблемы асимметрии структурных сдвигов в региональной экономике // Экономические и социальные изменения: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13, № 6. С. 169–183. DOI: <http://doi.org/10.15838/esc.2020.6.72.10>.
3. Андреев О., Фан Конг, Гандур Ахмад, Гурова Т. Информационные технологии, платформы электронной коммерции и влияние на региональную экономику // Развитие талантов и передовое мастерство. 2020. Т. 12, № S2. С. 4205–4216.
4. Shamsuddinov N.N. Improvement of the state regulation of innovative development of the regional economy // Theoretical & Applied Science. 2020. № 2 (82). P. 437–444. DOI: <https://doi.org/10.15863/TAS.2020.02.82.71>. EDN: <https://www.elibrary.ru/hjojcm>.
5. Bulguchev M.Kh., Yusupova M.D., Merzho M.Sh., Kostoeva A.A. Transformation of the regional economy for private entrepreneurship // The European Proceedings of Social & Behavioral Sciences EpSBS. Grozny, 2019. Vol. 76. P. 3497–3505. DOI: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.12.04.470>. EDN: <https://www.elibrary.ru/jmourl>.
6. Tumenova S.A., Uzenova M.Kh., Sozaeva T.Kh. Global technology trends: regional economy in search of new growth model // European Proceedings of Social and Behavioral Sciences EpSBS. International Scientific Congress «Knowledge, Man and Civilization». Grozny, October 22–25, 2020. Grozny, 2020. P. 2579–2586. DOI: <http://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2021.05.346>.

7. Dolbnya E.A., Kozlova E.N., Vasilyeva M.K., Lyukina A.Y. Digital Innovation as a Regional Economy Development Factor // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 666, issue 6. P. 062133. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/666/6/062133>.
8. Никаева Р.М., Джумаева Я. М., Маджиев К.К. Приоритеты регионального экономического развития в связи со среднесрочными социально-экономическими задачами // 4-я Международная конференция по социальным и культурным трансформациям в контексте современного глобализма (2021), Грозный, 19–21 марта 2021 г. Грозный, 2021. С. 2394–2400.
9. Salimova G., Ableeva A., Nigmatullina G., Galimova A., Bakirova R. Assessment of innovative development of the regional economy by multiple analysis methods // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 176. P. 050424. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017605024>.
10. Николаева Е.Е. Конкурентоспособность экономики региона: круг актуальных вопросов теории и практики // Теоретическая экономика. 2021. № 4 (76). С. 135–138. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46251224>. EDN: <https://elibrary.ru/hjptfs>.
11. Ванцев Р.Ю. Анализ социально-экономического развития России и регионов Приволжского федерального округа // Актуальные проблемы экономико-правового развития России и регионов: сборник научных трудов межвузовской научно-практической конференции. Красноярск, 2019. С. 381–387. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38095220>. EDN: <https://elibrary.ru/lvpnyq>.
12. Буторина О.В., Третьякова Е.А. Методика анализа информационно-инновационно-технологического цикла на уровне региональных экономических систем // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2019. Т. 14, № 2. С. 289–312. DOI: <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2019-2-289-312>. EDN: <https://elibrary.ru/blahom>.
13. Земскова Е.С. О возможностях диагностики развития цифровой экономики в регионе // Экономика знаний: теория, практика, перспективы развития: сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию юбилею института / науч. ред. Н.В. Шемякина. Донецк, 2020. С. 461–474. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44192774>. EDN: <https://elibrary.ru/hubjor>.
14. Сысоева Е.А. Состояние и тенденции развития процессов цифровизации экономики в Приволжском федеральном округе // Вестник НИИ гуманитарных наук при Правительстве Республики Мордовия. 2020. № 3 (55). С. 176–193. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44257723>. EDN: <https://elibrary.ru/wtethk>.
15. Чайка Л.В. Дифференциация эффективности экономики регионов России // Статистика и экономика. 2020. Т. 17, № 1. С. 54–68. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2020-1-54-68>.
16. Максимец Н.В., Букатина Е.Г. Сравнительная характеристика показателей экономического роста регионов Приволжского федерального округа // Исторический процесс: истоки, перипетии, перспективы: межвузовский сборник статей / под общ. ред. М.Ю. Билагоновой. Йошкар-Ола, 2019, С. 106–115. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42489419&pff=1>. EDN: <https://elibrary.ru/psknxc>.
17. Пилипенко В.А. Интегральная оценка конкурентоспособности экономики Самарской области // Трансформация экономической и правовой системы России: проблемы и перспективы. Сборник научных статей Всероссийской научно-практической студенческой конференции. Самара, 2021. С. 98–102. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45830260>. EDN: <https://elibrary.ru/slmnff>.
18. Еремичева О.Ю., Машенко М.О., Панкова А.В. К вопросу развития цифровой экономики в Приволжском федеральном округе // Евразийский союз ученых. Серия: экономические и юридические науки. 2021. Т. 1, № 7 (88). С. 16–21. URL: <https://econ-law.euroasia-science.ru/index.php/Euroasia/article/view/733>.
19. Васильева И.А. Анализ условий социально-экономического развития российских регионов // Инновационное развитие экономики. 2020. № 6 (60). С. 121–132. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44680161>. EDN: <https://elibrary.ru/jvktvd>.
20. Сынкова Т.В. Оценка конкурентоспособности регионов на примере Приволжского федерального округа // Современные научные исследования в сфере экономики: сборник результатов научных исследований. Киров, 2018. С. 968–975. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35222850>. EDN: <https://elibrary.ru/ovkeaz>.
21. Хаджиев А.Х. Закономерности и тенденции реализации цифрового образовательного процесса в вузе // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 11–6 (79). С. 43–48. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47402544>. EDN: <https://elibrary.ru/ozrlqw>.

22. Атаян А.М., Гурьева Т.Н., Шарабаева Л. Цифровая трансформация высшего образования: проблемы, возможности, перспективы и риски // Отечественная и зарубежная педагогика. 2021. Т. 1, № 2 (75). С. 7–22. URL: <http://f.kemrsl.ru:8081/iap/Nandigram/psychpedt/geimifikaciya/Atoyan.pdf>.
23. Дайинбегов Д.М. Компьютерные технологии анализа данных в эконометрике. Москва: ИНФРА-М – Вузовский учебник, 2008. 578 с. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=144944>.
24. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы: учебник. Москва: Финансы и статистика, 2000. 352 с. URL: <https://institutiones.com/download/books/1781-mnogomernye-statisticheskie-metody-dubrov.html>.
25. Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г., Шеффер М. Многомерный статистический анализ в экономике: учеб. пособие для вузов / под ред. проф. В.Н. Тамашевича. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. 598 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39142935>. EDN: <https://elibrary.ru/eofqgd>.
26. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. Москва: Юнити, 2014. 1024 с. URL: <https://institutiones.com/download/books/3045-prikladnaya-statistika-osnovy-ekonometriki.html>.
27. Боуш Г.Д., Куликова О.М., Шелков И.К. Агентное моделирование процессов кластерообразования в региональных экономических системах // Экономика региона. 2016. Т. 12, № 1. С. 64–77. DOI: <https://doi.org/10.17059/2016-1-5>. EDN: <https://elibrary.ru/vqgxb>.
28. Трусова А.Ю., Литвинова Ю.А. Изучение сферы образования средствами эконометрического моделирования // Вестник Самарского университета: Экономика и управление. 2019. Т. 10, № 3. С. 71–78. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43137866>. EDN: <https://elibrary.ru/wadrne>.
29. Лунякова Н.А., Лаврушин О.И., Луняков О.В. Кластеризация регионов Российской Федерации по уровню депозитного риска // Экономика региона. 2018. Т. 14, № 3. С. 1046–1060.

References

1. Tarasov S.Yu., Agarkov A.P. The economic essence of territorial finance and its role in the regional economy and regional economy. In: *Collection of scientific articles of MIA undergraduates*. Moscow: Moskovskaya mezhdunarodnaya akademiya, 2021, vol. 2, pp. 82–86. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46491911>. EDN: <https://www.elibrary.ru/ghpdwn>. (In Russ.)
2. Rumyantsev N.M., Leonidova E.G. Asymmetry problems of structural shifts in regional economy. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2020, vol. 13, no. 6, pp. 169–183. DOI: <http://doi.org/10.15838/esc.2020.6.72.10>.
3. Andreev O., Phan the Cong, Ghandour Ahmad, Gurova T. Information technologies, e-commerce retail platforms and the impact on the regional economy. *Razvitie talantov i peredovoe masterstvo*, 2020, vol. 12, no. S2, pp. 4205–4216. (In Russ.)
4. Shamsuddinov N.N. Improvement of the state regulation of innovative development of the regional economy. *Theoretical & Applied Science*, 2020, no. 2 (82), pp. 437–444. DOI: <https://doi.org/10.15863/TAS.2020.02.82.71>. EDN: <https://www.elibrary.ru/hjojcm>.
5. Bulguchev M.Kh., Yusupova M.D., Merzho M.Sh., Kostoeva A.A. Transformation of the regional economy for private entrepreneurship. *The European Proceedings of Social & Behavioral Sciences EPSBS*. Grozny, 2019, vol. 76, pp. 3497–3505. DOI: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.12.04.470>. EDN: <https://www.elibrary.ru/jmouurl>.
6. Tumenova S.A., Uzenova M.Kh., Sozaeva T.Kh. Global technology trends: regional economy in search of new growth model. In: *European Proceedings of Social and Behavioral Sciences EpSBS. International Scientific Congress «Knowledge, Man and Civilization»*. Grozny, October 22–25, 2020. Grozny, 2020, pp. 2579–2586. DOI: <http://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2021.05.346>.
7. Dolbnya E.A., Kozlova E.N., Vasilyeva M.K., Lyukina A.Y. Digital Innovation as a Regional Economy Development Factor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 666, issue 6., p. 062133. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/666/6/062133>.
8. Nikaeva R.M., Dzhumaeva Ya.M., Mazhiev K.K. Priorities for the development of regional economy concerning medium-term socio-economic tasks. In: *4th International Conference on Social and Cultural Transformations in the Context of Modern Globalism (SCTCMG 2021)*. Grozny, March 19–21, 2021. Grozny, 2021, p. 2394–2400.

9. Salimova G., Ableeva A., Nigmatullina G., Galimova A., Bakirova R. Assessment of innovative development of the regional economy by multiple analysis methods. *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 176, p. 050424. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017605024>.
10. Nikolaeva E.E. Competitiveness of the regional economy: the range of topical issues of theory and practice. *Theoretical Economy*, 2021, no. 4 (76), pp. 135–138. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46251224>. EDN: <https://elibrary.ru/hjptfs>. (In Russ.)
11. Vantsev R.Yu. Analysis of socio-economic development of Russia and the regions of the Volga Federal District. In: Actual problems of economic and legal development of Russia and the regions: collection of scientific papers of the interuniversity research and practical conference. Krasnoyarsk, 2019, pp. 381–387. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38095220>. EDN: <https://elibrary.ru/lvpnyq>. (In Russ.)
12. Butorina O.V., Tretyakova E.A. Analysis technique of information innovation and technological cycle at the level of regional economic systems. *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 289–312. DOI: <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2019-2-289-312>. EDN: <https://elibrary.ru/blahom>. (In Russ.)
13. Zemskova E.S. On the possibilities of diagnostics of digital economy development in the region. In: *Shemyakina N.V. (Ed.) Knowledge economy: theory, practice, development prospects: collection of materials of the International research and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Institute*. Donetsk, 2020, pp. 461–474. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44192774>. EDN: <https://elibrary.ru/hubjor>. (In Russ.)
14. Sysoeva E.A. State and trends of development of the economy digitalization processes in the Volga Federal District. *Bulletin of the Research Institute of the Humanities by the Government of the Republic of Mordovia*, 2020, no. 3 (55), pp. 176–193. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44257723>. EDN: <https://elibrary.ru/wtethk>. (In Russ.)
15. Chaika L.V. Differentiation of the economic efficiency in the regions of Russia. *Statistics and Economics*, 2020, vol. 17, no. 1, pp. 54–68. DOI: <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2020-1-54-68>. (In Russ.)
16. Maksimets N.V., Bukatina E.G. Comparative characteristic economic growth the regions of the Volga Federal District. In: *Bilaonova M.Yu. (Ed.) Historical process: origins, vicissitudes, prospects: interuniversity collection of articles*. Yoshkar-Ola, 2019, pp. 106–115. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42489419&pff=1>. EDN: <https://elibrary.ru/psknxc>. (In Russ.)
17. Pilipenko V.A. Integral evaluation of competitiveness economy of the Samara region. In: *Transformation of economic and legal system of Russia: problems and prospects: collection of scientific articles of the All-Russian research and practical student conference*. Samara, 2021, pp. 98–102. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45830260>. EDN: <https://elibrary.ru/slmnff>. (In Russ.)
18. Eremicheva O.Yu., Mashchenko M.O., Pankova A.V. On the development of the digital economy in the Volga Federal District. *Eurasian Union of Scientists. Series: Economic and Legal Sciences*, 2021, vol. 1, no. 7 (88), pp. 16–21. Available at: <https://econ-law.euroasia-science.ru/index.php/Euroasia/article/view/733>. (In Russ.)
19. Vasilyeva I.A. Analysis of the conditions of socio-economic development of Russian regions. *Journal of Innovative development of economy*, 2020, no. 6 (60), pp. 121–132. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44680161>. EDN: <https://elibrary.ru/jvktvd>. (In Russ.)
20. Synkova T.V. Assessment of the competitiveness of regions on the example of the Volga Federal District. In: *Modern scientific research in the field of economics: collection of scientific research results*. Kirov, 2018, pp. 968–975. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35222850>. EDN: <https://elibrary.ru/ovkeaz>.
21. Khadjiyev A.Kh. Regularities and trends in the implementation of the digital educational process in the university. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*, 2021, no. 11–6 (79), pp. 43–48. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47402544>. EDN: <https://elibrary.ru/ozrlqw>. (In Russ.)
22. Atayan A.M., Guryeva T.N., Sharabayeva L.Yu. Digital transformation of higher education: challenges, opportunities, prospects and risks. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, 2021, vol. 1, no. 2 (75), pp. 7–22. Available at: <http://f.kemrsl.ru:8081/iap/Nandigram/psychpedt/geimifikaciya/Atoyan.pdf>. (In Russ.)
23. Dayinbegov D.M. Computer technologies of data analysis in econometrics. Moscow: INFRA-M – Vuzovskii uchebnyk, 2008, 578 p. Available at: <https://znanium.com/catalog/document?id=144944>. (In Russ.)

24. Dubrov A.M., Mkhitarian V.S., Troshin L.I. Multidimensional statistical methods: textbook. Moscow: Finansy i statistika, 2000, 352 p. Available at: <https://institutiones.com/download/books/1781-mnogomernye-statisticheskie-metody-dubrov.html>. (In Russ.)
25. Soshnikova L.A., Tamashevich V.N., Uebe G., Schaeffer M. Multidimensional statistical analysis in economics: textbook for universities; *Tamashevich V.N. (Ed.)*. Moscow: YuNITI-DANA, 1999, 598 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39142935>. EDN: <https://elibrary.ru/eofqgd>. (In Russ.)
26. Ayvazyan S.A. Applied statistics and fundamentals of econometrics. Moscow: Yuniti, 2014, 1024 p. Available at: <https://institutiones.com/download/books/3045-prikladnaya-statistika-osnovy-ekonometriki.html>. (In Russ.)
27. Boush G.D., Kulikova O.M., Shelkov I.K. Agent modeling of cluster formation processes in regional economic systems. *Economy of Regions*, 2016, vol. 12, no. 1, pp. 64–77. DOI: <https://doi.org/10.17059/2016-1-5>. EDN: <https://elibrary.ru/vqgxb>. (In Russ.)
28. Trusova A.Yu., Litvinova A.Ju. Study of the field of education by means of econometric modeling. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2019, vol. 10, no. 3, pp. 71–78. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43137866>. EDN: <https://elibrary.ru/wadrne>. (In Russ.)
29. Lunyakova N.A., Lavrushin O.I., Lunyakov O.V. Clustering of the Federal Subjects of the Russian Federation by Deposit Risk Level. *Economy of Regions*, 2018, vol. 14, issue 3, pp. 1046–1060. DOI: <http://doi.org/10.17059/2018-3-27>.