

Пространственное моделирование человеческого потенциала в Республике Башкортостан*

Цель исследования. Целью исследования является выявление пространственных автокорреляционных зависимостей в распределении человеческого капитала в Республике Башкортостан.

Материалы и методы. В качестве показателя, измеряющего человеческий капитал, рассматривается индекс развития человеческого потенциала, рассчитанный для каждого из 54 муниципальных образований и 8 городских округов Республики Башкортостан в динамике за 2007 и 2013 гг. в соответствии с упрощенной методикой, учитывающей показатели средней ожидаемой продолжительности жизни при рождении, средне-взвешенного среднемесячной заработной платы и среднемесячной пенсии, средней продолжительности обучения и грамотности населения по данным переписей населения. Комплексное исследование пространственных автокорреляционных зависимостей в распределении индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП) в республике было проведено в соответствии с предложенной авторами пятиэтапной методики. На первом этапе исследования была сформирована весовая пространственная матрица обратных расстояний между административными центрами муниципалитетов, определяющая пространственный лаг. На втором этапе, заключающемся в расчете глобальных и локальных индексов пространственной автокорреляции (Морана и Гири), была подтверждена гипотеза о наличии пространственных зависимостей в распределении ИРЧП. Третий этап позволил наглядно проанализировать пространственное взаимное влияние ИРЧП для конкретных муниципалитетов на основе диаграмм рассеяния, построенных для 2007 и 2013 годов в отдельности. Четвертый этап, состоящий в построении и оценке методом максимального правдоподобия моделей пространственной авторегрессии (SAR) и пространственной ошибки (SEM), дал возможность количественно оценить выявленное

взаимное влияние в пространственном распределении ИРЧП в муниципальных образованиях и городских округах. Заключительная часть исследования была посвящена интерпретации полученных результатов пространственно-регрессионного моделирования. В качестве программного средства моделирования использовался R Studio.

Результаты. В результате исследования было показано, что для распределения индекса развития человеческого капитала в муниципалитетах Республики Башкортостан характерна устойчивая положительная пространственная автокорреляция. При этом в динамике наблюдается усиление пространственных зависимостей в распределении ИРЧП в Республике Башкортостан, что объясняется возрастающей ролью урбанизации и стягиванием человеческих ресурсов в относительно крупные города. В ряде муниципалитетов наблюдается конкурентная борьба за ресурсы, способствующие повышению ИРЧП. Ряд муниципалитетов образуют кластер территорий с низким уровнем развития человеческого потенциала. В основном это районы Северо-Востока республики. Полученные модели пространственной регрессии позволили количественно оценить пространственные автокорреляционных зависимости в распределении человеческого капитала.

Заключение. Полученные результаты пространственных зависимостей в распределении человеческого потенциала могут быть использованы как при разработке стратегий долгосрочного социально-экономического развития муниципалитетов, так и служить основой для стратегического планирования развития региона в целом.

Ключевые слова: индекс развития человеческого потенциала, модели регрессии с пространственным лагом

Irina A. Lakman^{1,2}, Anastasia V. Gorshechnikova¹,
Nailya K. Shamsutdinova³, Vadim B. Prudnikov²

¹Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

²Bashkir State University, Ufa, Russia

³Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

Spatial modeling of human potential in the Republic of Bashkortostan

Purpose of the research. The aim of the research is to identify spatial auto-correlation in the distribution of human capital in the Republic of Bashkortostan.

Materials and methods. The human development index (HDI) is considered as an indicator of human capital. The HDI was calculated by the authors to use a simplified methodology that takes into account the indicators of average life expectancy at birth, the weighted average monthly wages and the average monthly pension, as well as the average duration of study and literacy of the population, for

each of 54 municipalities and 8 urban districts of the Republic of Bashkortostan for the period of 2007 and 2013. A comprehensive study of spatial autocorrelation in the distribution of HDI in the republic was conducted in accordance with the five-step methodology proposed by the authors. At the first stage of the study, a weighted spatial matrix of inverse distances between the administrative centers of the municipalities was calculated. This matrix defined the spatial lag structure. At the second stage, which consisted in calculating the global and local indexes of spatial auto-correlation (Moran's and Giris), the

* Исследование выполнено при поддержке РФФИ (номер проекта 17-46-020237).

hypothesis about the presence of spatial autocorrelation in the HDI distribution was confirmed. Under the third stage, Moran's scatterplots were used to visualize the spatial mutual influence of the HDI for specific municipalities for 2007 and 2013. The fourth stage consisted in spatial model estimation. Two specifications were considered: spatial auto-regression (SAR) and spatial error (SEM), both permitting to identify the mutual influence in the spatial distribution of the HDI in municipalities and urban districts. Coefficients of the models were estimated by using maximum likelihood approach. The final part of the study was devoted to the interpretation of the results of spatial-regression modeling. R-Studio was used as a modelling tool.

Results. *It was shown that the distribution of the HDI in municipalities of the Republic of Bashkortostan is characterized by sustainable positive spatial auto-correlation. Moreover, we note an increase in dynamics of positive spatial correlation in the distribution of the HDI, which could be explained by the increasing role of urbanization and*

concentration of human resources in relatively large cities. There is even "a competitive struggle" going on in a number of municipalities for resources that contribute to raising the HDI. A number of municipalities form, however, a cluster of territories with a low level of human development. These areas are mainly located in the Northeast of the Republic. The estimation of spatial regression models allowed us overall to quantify the spatial auto-correlation dependencies in the distribution of human capital.

Conclusion. *The obtained results of spatial dependencies in the distribution of human capital can be used both in the development of strategies for the long-term socio-economic development of municipalities and serve as a basis for strategic planning of the development of the region.*

Keywords: *human development index, regression models with spatial lag*

Введение

Проблема моделирования экономического развития стран и регионов (на макро- и мезоуровнях) с учетом динамики человеческого капитала известна давно и сводится к исследованию тенденции к экономической конвергенции/дивергенции территорий. Для ее решения могут применяться различные методологические подходы, используемые на различных целевых показателях (как правило, валовой региональный продукт на душу населения): модели затраты-выпуск, в том числе с интегрированными эконометрическими моделями, модели расчетного общего равновесия. В последнее время для анализа все чаще применяются эконометрические модели с учетом пространственных эффектов.

Отдельным вопросом является проблема корректной оценки человеческого капитала на микроуровне и мезоуровнях (районов и регионов стран). В связи с недоступностью полных данных для проведения расчетов по методике на микро- и мезоуровнях ООН зачастую исследователи вынуждены прибегать к ее модификациям в зависимости от страны, для которой она применяется [1, 2]. Например, в [1] приводится эволюция методики, основанная на отказе от трансформации измерений (логарифмирования), проведен расчет индекса для 10 ре-

гионов России по данным за 2009 год. Интегральный показатель развития человеческого капитала для регионов, основанный на расширенном перечне показателей (более 30), позволил авторам осуществить кластеризацию и построение рейтинга российских регионов [3]. В качестве интегрального показателя использовано взвешенное среднее пронормированных факторов.

На сегодняшний день существует множество исследований, посвященных оценке человеческого капитала на различных иерархических административных уровнях (страновой, региональный, муниципальный). Однако большинство исследований сводятся к уточнению методики оценки человеческого капитала и носят, в основном, описательный характер проблемы экономического развития территорий.

При использовании системного подхода к изучению человеческого потенциала следует также учитывать его пространственное распределение на исследуемой территории, что позволяет обеспечить комплексное рассмотрение проблемы.

Для анализа динамики индексов развития человеческого потенциала, в основном, применяются описательные статистические характеристики [4]. Представленная классификация человеческого потенциала по типам развития позволила

выявить региональные особенности. Исследование показало, что практически при неизменной страновой величине ИРЧП в целом по России происходят заметные изменения в его структуре: увеличение индекса продолжительности жизни практически во всех регионах России сопровождается снижением индекса дохода [4], при некоторой отрицательной динамике индекса знаний. Существуют работы, показывающие влияние развития человеческого капитала на экономический рост как региона в целом [5, 6], так и отдельных компаний [7]. В этих исследованиях используются инструменты эконометрического моделирования, такие как нелинейный регрессионный анализ, моделирование структурными уравнениями, системы одновременных регрессионных уравнений. Однако такой подход не позволяет выявить наличие пространственных зависимостей в распределении и влиянии человеческого капитала на экономический рост.

Выявлению наличия пространственных зависимостей посвящена работа [8]. С помощью индексов пространственной корреляции (локального индекса Морана, индексов Гетиса и Гетиса-Орда) авторы оценили «пространственный градиент» изменения индекса развития человеческого потенциала в регионах России. Анализ показал тенденцию к повышению дифференциации

регионов по уровню человеческого капитала вследствие «догоняющего типа» российской экономики, при котором выделяются регионы-лидеры с высокими уровнями человеческого потенциала, что соответствует концепции «центр-периферия». Также исследованию пространственного распределения человеческого капитала посвящена работа [9].

Для моделирования экономического и инновационного развития во многих странах эффективно применяются пространственные эконометрические модели [10, 11]. Выделив в Мексике столицу Мехико как крупный центр и остальную территорию как периферию, проведено эконометрическое моделирование с учетом человеческого капитала, внутренней миграции, доли «креативного класса» и доли малых предприятий, а также пространственной автокорреляции на микроуровне [10]. На основе панельных пространственных моделей с фиксированными эффектами (как SEM, так и SLM), были исследованы различия в степени регионального экономического развития 12 западных провинций Китая [11]. Для данных регионов удалось подтвердить, что ВРП положительно коррелирован с объемом капитала, государственными расходами, прямыми иностранными инвестициями, человеческим капиталом и числом заявок на патенты.

Кроме этого, пространственные модели позволяют учесть дифференциацию в распределении человеческого капитала. С их помощью был исследован дисбаланс регионального экономического развития провинций Китая, входящих в область реки Янцзы, и влияние дисбаланса на внутреннюю миграцию [12]. Если для восточной зоны данной территории характерен паттерн мегаполисов и отношений «центр-периферия»,

то в центральной и западной зонах были выделены локальные центры. За счет миграционных потоков экономический рост территорий-доноров и реципиентов в период с 2000 по 2010 гг. является разнонаправленным. Утверждается, что именно миграция является основным фактором пространственного экономического неравенства территорий, за ней следуют уровень индустриализации, человеческого капитала, налоговой политики.

Анализ региональной экономики Румынии (валового регионального продукта) исследован в работе [13] – как с помощью классической многофакторной регрессионной модели, так и в моделях с учетом пространственных корреляционных связей. В качестве независимых переменных рассматривались валовой объем торговли, инвестиции в НИ-ОКР, производительность труда, число предприятий, объем прямых иностранных инвестиций и человеческий капитал (число выпускников с высшим образованием). В качестве инструмента были выбраны пространственные авторегрессионные модели (SAR) и модели пространственной ошибки (SEM). Подчеркивается, что в результате различия в темпах экономического развития различных территорий, происходит перелив человеческого капитала в крупные центры и столицу, что способствует поляризации экономики страны. Поэтому в краткосрочном периоде в экономике Румынии наблюдается абсолютная и относительная бета-дивергенция (неспособность экономически отстающих регионов «догнать» более развитые), а в долгосрочном – сигма-дивергенция (увеличение разброса показателя среди регионов).

Инструментарий пространственного эконометрического анализа применяется для моделирования показателей, входящих в расчет индекса

развития человеческого потенциала – прежде всего, человеческого капитала [14, 15, 16]. Целью работы [14] являлось изучение влияния на инновационную эффективность доли заявок на патенты, уровня развития, уровня безработицы, степени технологической диверсификации. Информационной базой исследования послужили данные по 192 европейским регионам за период с 1995 по 2006 гг., а методологической основой – модели структурных уравнений. Пространственное моделирование индекса образования средних школ в индонезийской провинции Западная Ява [15] осуществлено с помощью пространственной регрессионной байесовской модели (BSAR), причем для выявления структуры пространственных связей использован метод «к ближайших соседей». Среди независимых переменных значимым оказался, например, стандарт оценки знаний учащихся. По данным регионов Италии за 1997 и 2007 гг. с помощью моделей структурных уравнений с пространственными зависимостями [16] выявлены значимые различия в десколаразации (отказа от получения полного среднего образования) в провинциях, причем ее уровень особенно высок на юге страны. Пространственные модели показали лонгитюдный эффект влияния человеческого капитала на долю десколаразации, что также является предпосылкой миграционного поведения рабочей молодежи.

Пространственный анализ индекса развития человеческого потенциала в Республике Башкортостан проанализирован Е.А. Гафаровой [17]. Автор рассматривает пять различных вариантов построения весовой матриц и расчета с их помощью пространственных коэффициентов автокорреляции. При всех видах построения пространственных матриц показано наличие положитель-

ной пространственной автокорреляции в распределении ИРЧП. При этом наибольшее значение глобального коэффициента Морана соответствует весовой матрице обратных расстояний, которая и будет использоваться в настоящем исследовании.

На сегодняшний день в Республике Башкортостан отсутствует комплексный анализ системы пространственных связей взаимовлияния человеческого капитала между территориальными образованиями. В соответствии с этим необходимо выявить наличие пространственных авторегрессионных зависимостей в распределении ИРЧП и определить их направление и количественные оценки

Целью проводимого исследования является комплексный анализ и выявление пространственных автокорреляционных зависимостей в распределении человеческого капитала в Республике Башкортостан.

1. Расчет индекса развития человеческого потенциала и предварительный анализ

Компонентами индекса человеческого развития являются здоровье, уровень образования и доходов в показателях: ожидаемая продолжительность жизни при рождении, инте-

гральный показатель уровня образования (доля неграмотного населения с коэффициентом 2/3 и доля учащихся в соответствующей возрастной группе с коэффициентом 1/3); уровень жизни, измеряемый реальным ВВП на душу населения (от 100 до 40 000 долл. по паритету покупательской способности). В связи с тем, что на региональном уровне в Российской Федерации не собираются все необходимые для расчета индекса человеческого развития статистические данные, авторами применялась упрощенная методика расчета показателя [18]:

– показатель средней ожидаемой продолжительности жизни при рождении для каждого муниципалитета для искомого года рассчитан как среднее за три года (для 2007 г. – за 2006–2008 гг.; для 2013 г. – за 2012–2014 гг.);

– индикатором доходов в интегральном индексе являются показатели среднемесячной заработной платы и среднемесячной пенсии, также усредненные за три года;

– индекс образования определялся на основе показателей средней продолжительности обучения и грамотности населения по данным переписей населения.

Необходимо отметить, что использование данных именно

за данные временные интервалы связано с изменением методики оценки коэффициентов смертности в 2004 году и как следствие возможностью корректного расчета ожидаемой продолжительности жизни при рождении как среднее по трем годам наблюдения (2006–2008 и 2012–2014 гг.). Кроме этого, интегрированный показатель ИРЧП, использованный в настоящем исследовании, рассчитан на основе двух выпусков (2007 г. и 2013 г.) докладов «Семья и человеческое развитие: доклад о развитии человеческого потенциала в республике Башкортостан» [19].

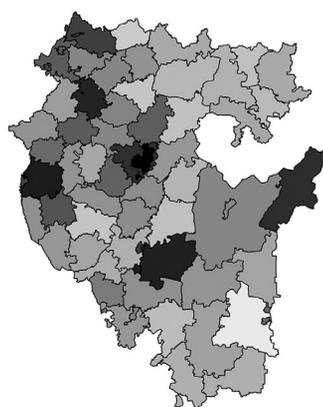
С использованием приведенной методики авторами впервые был проведен расчет ИРЧП для муниципальных образований Республики Башкортостан.

В табл. 1 приведены описательные статистики как для рассчитанного ИРЧП, так и для исходных данных (ожидаемой продолжительности жизни, уровня грамотности населения и среднедушевых доходов). Анализ проводился для 62 муниципальных образований Республики Башкортостан (8 городских округов, в т.ч. столицы – г. Уфы, и 54 муниципальных районов). Следует отметить, что г. Уфа значительно выделяется на фоне остальных муниципальных

Таблица 1

Описательные статистики исходных данных и рассчитанного ИРЧП

Показатель	Ожидаемая продолжительность жизни, лет		Уровень грамотности, %		Средняя продолжительность обучения, лет		Среднедушевые доходы населения, руб.		ИРЧП	
	2005–2007	2012–2014	2002	2010	2002	2010	2005–2007	2012–2013	2005–2007	2012–2013
Выборочное среднее (в целом)	66.86	68.49	98.78	99.41	12.15	11.44	4372.48	13469.85	0.5359	0.6377
Дисперсия	4.08	3.63	0.30	0.12	0.14	0.07	1150078.42	3639207.50	0.0006	0.0006
Медиана	66.75	68.70	98.80	99.45	12.20	11.39	3895.50	12758.50	0.53	0.64
Максимум	70.60	71.90	99.80	99.90	13.61	12.39	7790.00	20187.00	0.609	0.717
Минимум	62.10	64.50	97.40	97.50	11.23	10.92	3141.00	10672.00	0.497	0.595
г. Уфа	69.5	71.8	98.6	99.9	12.22	12.39	7790	20187	0.609	0.717
Выборочное среднее (городские округа)	69.01	70.70	99.46	99.75	11.53	11.93	6103.88	16196.00	0.57	0.68
Выборочное среднее (муниципальные районы)	66.54	68.16	98.68	99.36	12.24	11.36	4115.98	13065.98	0.53	0.64

Распределение ИРЧП в Башкирии
2007 год

Значение показателя ИРЧП
0.500 0.525 0.550 0.575 0.600

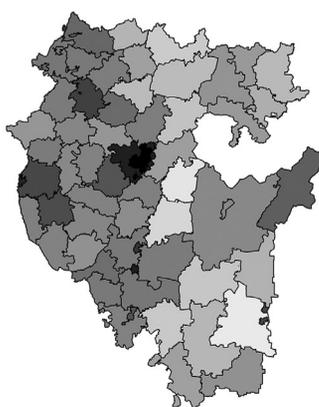
Рис. 1. Пространственное распределение ИРЧП в муниципальных образованиях Республики Башкортостан (2007)

образований по уровню развития человеческого потенциала. Минимальный уровень ИРЧП рассчитан для Баймакского муниципального района, хотя по отдельным показателям аутсайдерами являются Архангельский район (ожидаемая продолжительность жизни), Краснокамский район (уровень грамотности населения и средняя продолжительность обучения), Бурзянский район (среднедушевые доходы).

Для наглядности представления распределения ИРЧП в муниципальных образованиях Республики Башкортостан были составлены картограммы интенсивности показателя по состоянию на 2007 и на 2013 гг. (рис. 1 и рис. 2 соответственно).

2. Моделирование пространственной автокорреляции

Основным вопросом проводимого исследования является проверка гипотезы о наличии/отсутствии пространственных автокорреляционных зависимостей в распределении ИРЧП (индекс развития человеческого потенциала) в Республике

Распределение ИРЧП в Башкирии
2013 год

Значение показателя ИРЧП
0.60 0.63 0.66 0.69

Рис. 2. Пространственное распределение ИРЧП в муниципальных образованиях Республики Башкортостан (2013)

Башкортостан, проверка наличия различий в динамике распределения пространственных автокорреляционных зависимостей 2007 и 2013 гг. Для проверки гипотез о зависимостях пространственных лагов будет использована пространственно-весовая матрица обратных расстояний на основе информации по протяженности автодорог от регионального центра г. Уфа до центра соответствующего муниципалитета.

Логика проводимого исследования будет укладываться в следующую схему:

1) сформировать весовую матрицу, учитывающую пространственные связи между объектами исследования (муниципалитетами);

2) проверить гипотезу о наличии пространственных зависимостей на основе статистической значимости глобального индекса автокорреляции Морана и локальных пространственных коэффициентов автокорреляции Гири;

3) провести анализ диаграмм рассеяния показателя между муниципалитетами Республики Башкортостан в динамике рассматриваемого показателя;

4) построить для показателя ИРЧП модели пространственной авторегрессии (SAR) и модель пространственной ошибки (SEM) без включения в модели независимых переменных;

5) провести интерпретацию полученного результата пространственного автокорреляционного анализа и пространственно-регрессионного моделирования.

Описанная логика исследования позволит реализовать комплексный подход к исследованию проблемы пространственного распределения человеческого капитала в Республике Башкортостан.

Для выявления наличия кластеризации муниципалитетов с учетом распределения по показателю ИРЧП использовался глобальный индекс Морана, определяемый по формуле [20]:

$$I_{HDI} = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} \cdot \sum_j w_{ij} (HDI_i - \overline{HDI})(HDI_j - \overline{HDI})}{\sum_i (HDI_i - \overline{HDI})^2}, \quad (1)$$

где n – число муниципальных образований Республики Башкортостан; w_{ij} – элемент матрицы пространственных весов, учитывающий расстояние между i и j муниципалитетами; \overline{HDI} – среднее значение показателя уровня ИРЧП; HDI_i – показатель ИРЧП в i -ом муниципалитете.

Глобальный индекс Морана, позволяющий оценить наличие пространственной автокорреляции, принимает значения от 0 до 1 с математическим ожиданием:

$$E(I_{HDI}) = \frac{-1}{n-1}.$$

При значении не превосходящем $\frac{-1}{n-1}$ следует предположить наличие отрицательной пространственной автокорреляции, в противном случае – о положительной автокорреляции. При $I_{HDI} = E(I_{HDI})$ значения наблюдений в соседних

территориях расположены случайным образом [21]. Статистическая значимость индекса Морана проверяется на основе стандартного z -критерия.

Индекс Гири, как и индекс Морана, измеряет пространственную корреляцию, однако изменяется от 0 до 2 и определяется по формуле:

$$I_G = \frac{N-1}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (HDI_i - HDI_j)^2}{\sum_{i=1}^{nN} (HDI_i - \overline{HDI})^2}, \quad (2)$$

где N – общее число муниципалитетов, HDI_i – показатель ИРЧП в i -ом муниципалитете, \overline{HDI} – среднее значение показателя уровня ИРЧП, w_{ij} – элементы весовой пространственной матрицы.

На втором этапе, в случае установления обоснованности учета пространственных автокорреляционных связей на основе анализа индексов Морана и Гири, проводится непосредственная оценка коэффициентов пространственных регрессионных уравнений. В настоящем исследовании применяли модели пространственного лага со следующими спецификациями:

1) модели пространственной авторегрессии (SAR):

$$HDI_i = \rho \sum_{j=1}^N w_{ij} HDI_j + \varepsilon_i, \quad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2),$$

где w_{ij} – элементы весовой пространственной матрицы обратных расстояний, ρ – коэффициент пространственной авторегрессии, определяющий меру схожести «в среднем» между HDI_i и «соседями».

2) модель пространственной ошибки (SEM):

$$HDI = \rho W HDI + u,$$

$$u = \lambda W u + \varepsilon, \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

где HDI – матрица показателей ИРЧП в муниципалитетах, W – пространственная весо-

вая матрица, ρ – коэффициент пространственной авторегрессии, ε – случайная компонента, распределенная в соответствии с нормальным законом распределения, λ – пространственный коэффициент ошибки, u – случайная компонента.

3. Результаты

В качестве весовой матрицы $W = (w_{ij})$ пространственного соизмерения, учитывающей развитие ИРЧП в i -ом муниципальном образовании частично через ИРЧП в соседнем j -ом муниципальном образовании, использовались пространственная матрица обратных расстояний между административными центрами i -ого и j -ого муниципалитетов. Каждую весовую матрицу модифицировали с нормированием по строке так, чтобы сумма элементов оказалась равной 1. Определяли ближайших к муниципалитету соседей с назначением весов от 1 до k ближайшим соседям, и 0 в другом случае. Для этого использовали в среде R shape-file с координатами территорий, который позволяет отобразить необходимые данные на карте местности. С помощью пакета CRAN «spdep» в среде R находили расстояния между центрами районов республики и непосредственно оценивали весовую матрицу. Произведя анализ карты местности (рис. 3), можно прийти к выводу, что в среднем количество соседей, приходящихся на некоторое муниципальное образование РБ, равно 5. При этом каждые два муниципальных района республики являются соседями, если они находятся в пределах определенного расстояния, т.е. $j \sim N(j)$, если $d_{ij} < d_{max}$, где d – это расстояние между муниципалитетами i и j . В результате были получены 310 соединяющих линий между 62 территориями (54 муниципальными районами и 8 городскими округами).

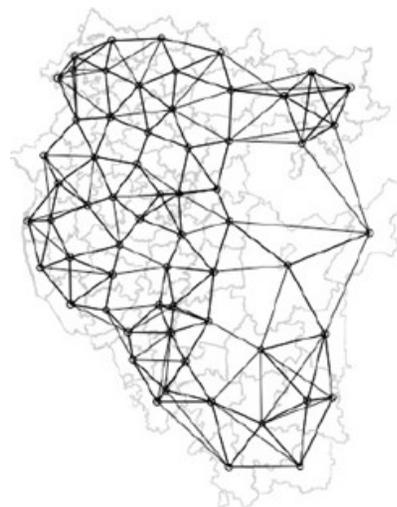


Рис. 3. График с оценкой расстояний между центрами муниципальных образований Республики Башкортостан

В результате расчетов, проведенных в программной среде R Studio, значение глобального индекса пространственной автокорреляции Морана для 2007 г. составило 0,226 при p -уровне 0,00089 и для 2013 г. – 0,290 при p -уровне 0,000036, что позволяет отклонить нулевую гипотезу об отсутствии пространственной автокорреляции как для 2007 г., так и для 2013 г.

Таким образом, предварительный анализ глобальных пространственных коэффициентов корреляции подтвердил наличие пространственных автокорреляционных зависимостей в распределении ИРЧП в Республике Башкортостан. Рассчитанные значения локальных коэффициентов Гири (2007: $I_G = 0,817$, p -уровень 0,012, 2013: $I_G = 0,767$, p -уровень 0,002) меньше единицы и также подтверждают данный вывод.

Графики диаграмм рассеяния индекса развития человеческого потенциала, приведенные на рис. 4 и 5, свидетельствуют о наличии положительной пространственной автокорреляции, причем со временем эффект пространственного влияния между муниципалитетами лишь усили-

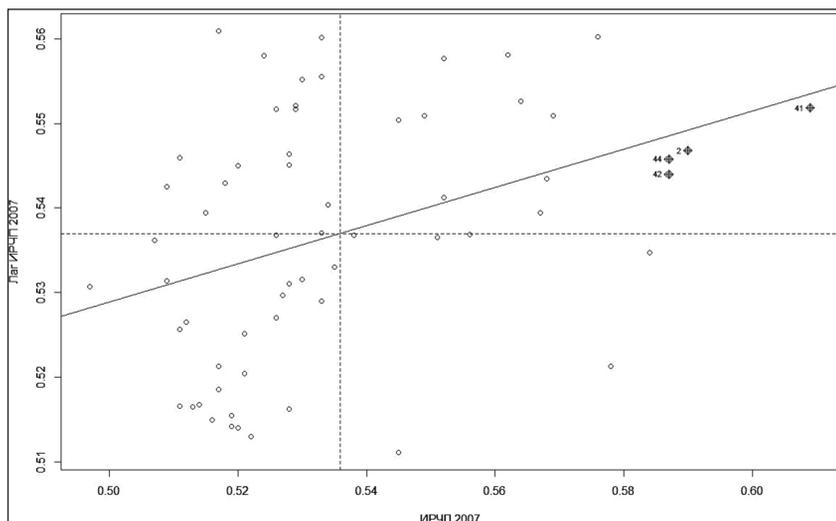


Рис. 4. Диаграмма пространственного рассеяния ИРЧП в муниципальных образованиях Республики Башкортостан (2007)

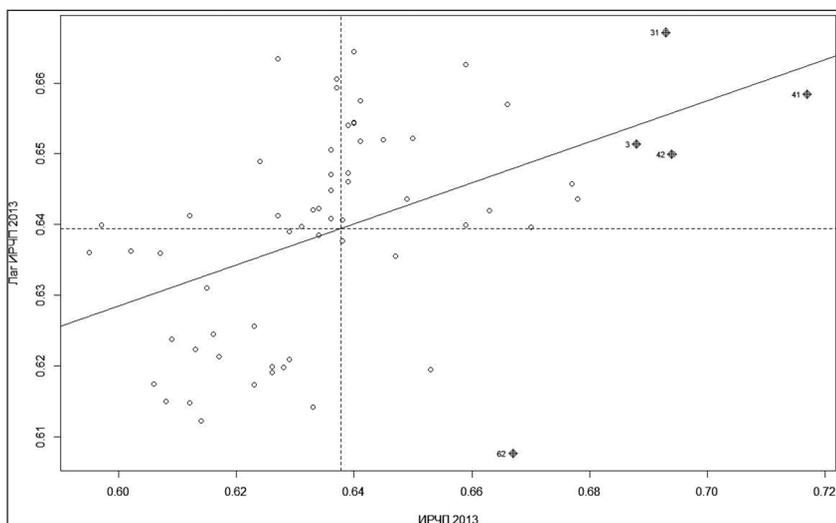


Рис. 5. Диаграмма пространственного рассеяния ИРЧП в муниципальных образованиях Республики Башкортостан (2013)

вается. Однако разница между глобальными коэффициентами Морана в 2007 и 2013 годах незначительна (0.064, p -уровень $> 0,2$).

По результатам анализа индекса и диаграмм пространственного рассеяния можно сделать вывод о наличии положительной пространственной автокорреляции для 2007 и 2013 гг., причем сила пространственной связи ИРЧП за 6 лет практически не изменилась: угол наклона прямой пространственной автокорреляционной связи, выражающий глобальный коэффициент Морана, практически одинаков для обоих лет ис-

следования. Важно отметить, что муниципалитеты, смежные с г. Уфой (соответствующие наиболее высокому уровню ИРЧП), также склонны иметь высокий уровень ИРЧП.

На заключительном этапе исследования были построены модели пространственного лага со спецификациями SAR и SEM (для 2007 и 2013 гг.), результаты оценивания которых методом максимального правдоподобия, приведены в табл. 2.

Во всех моделях пространственной авторегрессии и пространственной ошибки коэффициенты признавались статистически значимо отличными от нуля при уровне значимости $p < 0.01$, при этом коэффициенты пространственной автокорреляции Морана и Гири также признавались статистически значимыми при $p < 0.01$. Результаты проведенного LM-теста для остатков моделей также подтвердили отсутствие автокорреляции в остатках, что свидетельствует о надежности полученных оценок. Интересно отметить, что при построении моделей коэффициент пространственной автокорреляции в спецификациях моделей SAR и SEM совпали, что подтверждает на-

Таблица 2

Результаты оценивания моделей

Переменная	2007		2013	
	SAR	SEM	SAR	SEM
Свободный член	0.318*** ($p = 0.0001$)	0.5351*** ($p = 0.0000$)	0.328*** ($p = 0.0002$)	0.636*** Выражающий ($p = 0.0000$)
Пространственный коэффициент авторегрессии, ρ	0.4056*** ($p = 0.0079$)	—	0.485*** ($p = 0.0005$)	—
Пространственный коэффициент авторегрессии ошибки, λ	—	0.4056*** ($p = 0.0079$)	—	0.485*** ($p = 0.0018$)
LR-статистика	6.1485** ($p = 0.0132$)	6.1485** ($p = 0.0132$)	9.765*** ($p = 0.0018$)	9.765*** ($p = 0.0018$)
Остаточная дисперсия, σ^2	0.0229	0.0229	0.0219	0.0219
Информационный критерий Акаике, AIC	-283.85	-283.85	-288.15	-288.15

Примечание: *, **, *** — значимость коэффициентов на уровне 10%, 5%, 1%

личие устойчивых пространственных автокорреляционных зависимостей. Также можно отметить, что к 2013 году пространственные зависимости в распределении ИРЧП между муниципалитетами лишь усиливается.

Авторы обращают внимание на статистическую значимость свободного члена в каждой из моделей, что можно объяснить наличием неучтенных экзогенных факторов, влияющих на пространственное распределение ИРЧП в муниципалитетах.

Заключение

По результатам исследования были сделаны следующие выводы.

1) Для распределения индекса развития человеческого капитала в муниципалитетах

Республики Башкортостан характерна устойчивая положительная пространственная автокорреляция. Город Уфа играет значительную роль в развитии человеческого потенциала в смежных муниципалитетах.

2) В динамике наблюдается усиление пространственных зависимостей в распределении ИРЧП в Республике Башкортостан, что объясняется возрастающей ролью урбанизации и стягиванием человеческих ресурсов в относительно крупные города.

3) В ряде муниципалитетов наблюдается конкурентная борьба за ресурсы, способствующие повышению ИРЧП. Ряд муниципалитетов образуют кластер территорий с низким уровнем развития человеческого потенциала. В основном это районы Северо-Востока

республики.

4) Полученные модели пространственной авторегрессии и пространственной ошибки позволили не только подтвердить гипотезу о наличии пространственных зависимостей, но и количественно ее оценить.

5) В дальнейшем исследование предполагается продолжить в части включения в пространственные модели экзогенных факторов влияния, объясняющих изменения в пространственном распределении ИРЧП.

Научной новизной представленного авторами подхода является возможность определения пространственных автокорреляционных зависимостей в распределении ИРЧП муниципалитетов, что может служить основой для стратегического планирования развития региона в целом.

Литература

1. Аничин В.Л., Тимофеев И.Ю. Использование методики ПРООН для оценки развития человеческого потенциала регионов РФ // Научные ведомости. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. 2013. 1 (144). С. 15–20.
2. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2015 год. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2015.
3. Мазелис Л.С., Лавренюк, К.И. Количественная модель оценки регионального человеческого капитала // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017. Т. 6. № 4 (21). С. 167–170.
4. Кравченко Е.Н., Шаркевич И.В. Особенности развития человеческого потенциала регионов современной России // Экономика региона. 2011. № 3. С. 71–79.
5. Fojtíková L., Stanícková M. Modeling of human capital and impact on eu regional competitiveness // Modeling Human Behavior: Individuals and Organizations. 2016. P. 133–164.
6. Ren Z., He J.-J. The research on human capital and economic development of reservoir area: Based on the empirical study of Yunyang // 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: Engineering Management. 2013. P. 329–335.
7. Menéndez Blanco J.M., Montes-Botella J.-L. Exploring nurtured company resilience through

human capital and human resource development: Findings from Spanish manufacturing companies // International Journal of Manpower. 2017. Vol. 38. Iss. 5. P. 661–674.

8. Матвеев В.Д., Алькаева М.С., Королев А.В. Пространственная модель экономического роста с учетом человеческого капитала // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2014. № 1(187). С. 184–190.

9. Shamsutdinova N. et al. Spatial Distribution of Human Development Index in the Regions of Russia // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. V. 8. N. 8. P. 2594–2604.

10. Mendoza-González M., Valdivia-López M., Quintana-Romero L. Spatial Interaction Regional Model for the Mexican Economy (SIRMME): A Special Case for Mexico City Metropolitan Area // Journal of Reviews on Global Economics. 2016. Vol. 5. P. 84–100. doi: <http://dx.doi.org/10.6000/1929-7092.2016.05.08>.

11. Zhang J., Liu Q., Wang C., Li H. Spatial–Temporal Modeling for Regional Economic Development: A quantitative Analysis with Panel Data from Western China // Sustainability. 2017. № 9. P. 19–55. doi: 10.3390/su9111955.

12. Li J., Miao C. Impact of population flow on regional economic disparities in the Yangtze River economic belt // Acta Geographica Sinica. 2017. Vol. 72. Iss. 2. P. 197–212. doi: 10.11821/dlxb201702002.

13. Goschin Z. Exploring regional economic convergence in Romania. A spatial modeling

approach // *Eastern journal of European studies*. 2017. Vol. 8. Iss. 2. P. 127-146.

14. Kalapouti K., Petridis K., Malesios C., Dey P. K. Measuring efficiency of innovation using combined Data Envelopment Analysis and Structural Equation Modeling: empirical study in EU regions // *Annals of Operations Research*. 2017. doi: 10.1007/s10479-017-2728-4.

15. Jaya I. G.N.M., Toharudin T., Abdullah A.S. A bayesian spatial autoregressive model with k-NN optimization for modeling the learning outcome of the junior high schools in West Java // *Model Assisted Statistics and Applications*. 2018. Vol. 13 (3). P. 207-219. doi: 10.3233/mas-180435.

16. Ripamonti E., Barberis S. The Effect of Cultural Capital on High School Dropout: An Investigation in the Italian Provinces // *Social Indicators Research*. 2017. doi: 10.1007/s11205-017-1754-6.

17. Гафарова Е.А. Исследование пространственного распределения человеческого капита-

ла в региональной системе // *Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем*. Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2017. С. 84–88.

18. Technical notes. Human development report. 2016. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://hdr.unds.org/sites/default/files/hdr2016_technical_notes.pdf.

19. Валиахметов Р.М., Баймурзина Г.Р., Хилажева Г.Ф., Бурханова Ф.Б. Семья и человеческое развитие. Доклад о развитии человеческого потенциала в Республике Башкортостан. Под ред. Р.М. Валиахметова, Ф.Б. Бурхановой, Г.Ф. Хилажевой. Уфа: Восточная печать, 2013. 283 с.

20. Getis A., Aldstadt J. Constructing the Spatial Weights Matrix Using a Local Statistic // *Geographical Analysis*. 2004. Vol. 36 (2). P. 90–104. doi:10.1111/j.1538-4632.2004.tb01127.x.

21. Lesage J. P., Pace R. K. Introduction to spatial econometrics. Boca Raton, FL: CRC Press, 2009.

References

1. Anichin V.L., Timofeyev I.YU. Using the UNDP methodology to assess the development of the human potential of the regions of the Russian Federation. *Nauchnyye vedomosti. Seriya Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika = Scientific reports. Series History. Political science. Economy. Computer science*. 2013; 1 (144): 15–20. (In Russ.)

2. Doklad o chelovecheskom razvitii v Rossiyskoy Federatsii za 2015 god = Report on human development in the Russian Federation for 2015. Moscow: Analytical Center under the Government of the Russian Federation. 2015. (In Russ.)

3. Mazelis L.S., Lavrenyuk, K.I. . A quantitative model for assessing regional human capital. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravleniye = Azimuth of Scientific Research: Economics and Management*. 2017; 6; 4(21): 167–170. (In Russ.)

4. Kravchenko Ye.N., Sharkevich I.V. Features of the development of the human potential of the regions of modern Russia. *Ekonomika regiona = Economy of the region*. 2011; 3: 71–79. (In Russ.)

5. Fojtiková L., Staníková M. Modeling of human capital and impact on eu regional competitiveness. *Modeling Human Behavior: Individuals and Organizations*; 2016. 133–164 p.

6. Ren Z., He J.-J. The research on human capital and economic development of reservoir area: Based on the empirical study of Yunyang. 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: Engineering Management. 2013: 329–335.

7. Menéndez Blanco J.M., Montes-Botella J.-L. Exploring nurtured company resilience through human capital and human resource development: Findings from Spanish manufacturing companies.

International Journal of Manpower. 2017; 38; 5: 661–674.

8. Matveyenko V.D., Al'kayeva M.S., Korolev A.V. Spatial model of economic growth taking into account human capital. *Nauchno-tehnicheskiye vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskiye nauki = Scientific and technical statements of St. Petersburg State Polytechnical University. Economic sciences*. 2014; 1(187): 184–190. (In Russ.)

9. Shamsutdinova N. et al. Spatial Distribution of Human Development Index in the Regions of Russia. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2018; 8; 8: 2594–2604.

10. Mendoza-González M., Valdivia-López M., Quintana-Romero L. Spatial Interaction Regional Model for the Mexican Economy (SIRMME): A Special Case for Mexico City Metropolitan Area. *Journal of Reviews on Global Economics*. 2016; 5: 84–100. Available from: <http://dx.doi.org/10.6000/1929-7092.2016.05.08>.

11. Zhang J., Liu Q., Wang C., Li H. Spatial-Temporal Modeling for Regional Economic Development: A quantitative Analysis with Panel Data from Western China. *Sustainability*. 2017; 9: 19–55. Available from: 10.3390/su9111955.

12. Li J., Miao C. Impact of population flow on regional economic disparities in the Yangtze River economic belt. *Acta Geographica Sinica*. 2017; 72(2): 197–212. Available from: 10.11821/dlxb201702002.

13. Goschin Z. Exploring regional economic convergence in Romania. A spatial modeling approach. *Eastern journal of European studies*. 2017; 8; 2: 127–146.

14. Kalapouti K., Petridis K., Malesios C., Dey P.K. Measuring efficiency of innovation

using combined Data Envelopment Analysis and Structural Equation Modeling: empirical study in EU regions. *Annals of Operations Research*. 2017. Available from: 10.1007/s10479-017-2728-4.

15. Jaya I.G.N.M., Toharudin T., Abdullah A.S. A bayesian spatial autoregressive model with k-NN optimization for modeling the learning outcome of the junior high schools in West Java. *Model Assisted Statistics and Applications*. 2018; 13(3): 207–219. Available from: 10.3233/mas-180435.

16. Ripamonti E., Barberis S. The Effect of Cultural Capital on High School Dropout: An Investigation in the Italian Provinces. *Social Indicators Research*. 2017. Available from: 10.1007/s11205-017-1754-6.

17. Gafarova Ye.A. Issledovaniye prostranstvennogo raspredeleniya chelovecheskogo kapitala v regional'noy sisteme. *Problemy funktsionirovaniya i razvitiya territorial'nykh sotsial'no-ekonomicheskikh sistem* = The study of the spatial distribution of human capital in the regional system. Problems of the functioning and development of territorial

socio-economic systems. Ufa: ISEI UC RAS; 2017. 84–88s. (In Russ.)

18. Technical notes. Human development report. 2016. [Internet]. Available from: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2016_technical_notes.pdf.

19. Valiakhmetov R.M., Baymurzina G.R., Khilazheva G.F., Burkhanova F.B. Sem'ya i chelovecheskoye razvitiye. *Doklad o razvitiichelovecheskogo potentsiala v Respublike Bashkortostan*. Pod red. R.M. Valiakhmetova, F.B. Burkhanovoy, G.F. Khilazhevoy = Family and human development. Human Development Report in the Republic of Bashkortostan. Ed. R.M. Valiakhmetova, F.B. Burkhanova, G.F. Hilazhevoy. Ufa: Eastern press; 2013. 283 p. (In Russ.)

20. Getis A., Aldstadt J. Constructing the Spatial Weights Matrix Using a Local Statistic. *Geographical Analysis*. 2004; 36(2): 90–104. Available from: 10.1111/j.1538-4632.2004.tb01127.x.

21. Lesage J. P., Pace R. K. Introduction to spatial econometrics. Boca Raton, FL: CRC Press; 2009.

Сведения об авторах

Ирина Александровна Лакман

к.т.н., доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики¹, заведующий Лабораторией исследования социально-экономических проблем регионов²

¹Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Эл. почта: lackmania@mail.ru

Анастасия Вячеславовна Горшечникова

Аспирант

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

Эл. почта: nastyu-987@mail.ru

Наиля Кадымовна Шамсутдинова

к.и.н., с.н.с., Центр исследования социального развития и формирования человеческого капитала Институт стратегических исследований Республики Башкортостан,

Башкортостан, Россия

Эл. почта: shamsutdinova@gmail.com

Вадим Борисович Прудников

к.т.н., доцент кафедры математических методов в экономике

Башкирский государственный университет, Башкортостан, Россия

E-mail: prudnikov.bgu@mail.ru

Information about the authors

Irina A. Lakman

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Department of Computational Mathematics and Cybernetics I; Head of the Laboratory of Research in Socio-Economic Problems of Regions 2

1Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

2Bashkir State University, Ufa, Russia

E-mail: lackmania@mail.ru

Anastasia V. Gorshechnikova

Postgraduate

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

E-mail: nastyu-987@mail.ru

Nailya K. Shamsutdinova

Cand. Sci. (History), Senior Research, Center for the Study of Human Development Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan,

Ufa, Russia

E-mail: shamsutdinova@gmail.com

Vadim B. Prudnikov

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Department of Mathematical Methods in Economics, Bashkir State University,

Ufa, Russia

E-mail: prudnikov.bgu@mail.ru