

**Пространственный анализ взаимосвязи изменения доходов
и потребления населения на основе панельных данных**

Ирина Александровна Лакман^{а)},
Венера Маратовна Тимирьянова^{а)},
Денис Владимирович Попов^{б)}

^{а)} Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия;

^{б)} Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия

В статье отражены результаты исследования влияния динамики, региональных особенностей и видовой структуры доходов населения на его потребление. Возможность исследовать пространственные зависимости и территориальные эффекты, проявляющиеся в течение определенного времени, появилась благодаря авторегрессионным пространственным моделям, построенным на панельных данных. В статье описаны особенности таких моделей, последовательность проведения расчетов, а также представлены модифицированные тесты, позволяющие обосновать выбор спецификации модели.

Расчеты проводились по данным 83 субъектов Российской Федерации (кросс-секционных наблюдений) в период 2010–2019 гг. (10 временных периодов). Проведенный анализ показал, что и доходы населения, и оборот розничной торговли, во многом определяющий уровень и структуру потребления населения, пространственно зависимы. Построенная модель пространственной ошибки с фиксированными эффектами показала положительную связь между фиксируемыми объемами потребления в соседних территориях. В рамках модели также были подтверждены и ранее выявляемые взаимосвязи: положительное влияние среднедушевых доходов и негативное влияние индекса Джини на объемы потребления. Построенная модель с фиксированными эффектами позволила выделить индивидуальные эффекты территорий, визуализированные на картограмме. На основе полученных оценок определены несколько групп территорий с общими свойствам и особенностями.

В отличие от ранее выстраиваемых моделей разработанная авторами авторегрессионная модель пространственной ошибки, построенная на панельных данных, позволила одновременно учесть территориальную неоднородность и пространственную зависимость среднедушевых доходов и оборота розничной торговли, расширив существующие представления о связи потребления и доходов населения. Это в свою очередь создает условия для выработки управленческих решений, которые учитывают не выявляемые ранее особенности и повышают их обоснованность.

Ключевые слова: показатели доходов населения, показатели потребления населения, панельные данные, корреляционно-регрессионный метод, пространственная модель на панельных данных, пространственная автокорреляция данных.

JEL: C23, D12, D31, R20.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2021-28-2-128-139>.

Для цитирования: Лакман И.А., Тимирьянова В.М., Попов Д.В. Пространственный анализ взаимосвязи доходов и потребления населения на основе панельных данных. Вопросы статистики. 2021;28(2):128–139.

Spatial Analysis of the Relationship Between Income and Consumption of the Population Based on Panel Data

Irina A. Lakman^{a)},

Venera M. Timiryanova^{a)},

Denis V. Popov^{b)}

^{a)} Bashkir State University, Ufa, Russia;

^{b)} Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

The article presents results of a study on influence of population dynamics, regional characteristics and the type structure of income on consumption. The ability to investigate spatial dependencies and territorial effects over time was made possible by autoregression spatial models built on panel data. The article describes features of such models, sequence of calculations, and also presents modified tests to justify the choice of the model specification.

Calculations were made using data from 83 constituent entities of the Russian Federation (cross-sectional observations) for 2010–2019 (10 time periods). The analysis showed that both population income and retail turnover, which largely determine the level and structure of population consumption, have spatial dependencies. The built spatial error model with fixed effects showed a positive influence on population consumption in the neighboring territories. The model also confirmed previously identified relationships: the positive impact of average per capita income and the negative impact of the Gini index on consumption. The built model with fixed effects allowed to isolate the individual effects of the territories, visualized using cartogram. On the basis of these assessments, several groups of territories with common properties and characteristics have been identified.

Unlike previously built models, the authors' spatial error autoregression model, built on panel data, took into account both the geographical heterogeneity and spatial dependence of average per capita income and retail turnover, expanding the existing understanding of the relationship between consumption and income. This, in turn, enables management decisions that take into account previously undetected features and enhance their validity.

Keywords: population income indicators, population consumption indicators, panel data, correlation and regression method, spatial panel data model, spatial autocorrelation of data.

JEL: C23, D12, D31, R20.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2021-28-2-128-139>.

For citation: Lakman I.A., Timiryanova V.M., Popov D.V. Spatial Analysis of the Relationship Between Income and Consumption of the Population Based on Panel Data. *Voprosy Statistiki*. 2021;28(2):128–139. (In Russ.)

Введение

Потребление населения и определяющие его факторы [1–6], равно как и влияние потребления на экономическое развитие территорий [7–9], являются одними из самых обсуждаемых вопросов в экономической науке. С одной стороны, учеными отмечается дифференциация доходов различных социальных групп населения, которая наряду с климатическими, национально-культурными и другими свойствами, характеризующими территорию проживания населения, проявляется в региональных различиях потребления населения [5]. С другой стороны, исследования показывают, что и доходы, и потребление пространственно зависимы, то есть их изменение на одной территории нахо-

дит отражение в их динамике на соседних территориях [10]. Соответственно, исследуя изменения потребления населения во времени, необходимо учитывать и территориальную неоднородность, и пространственную зависимость значений показателей.

Данная работа посвящена исследованию потребления населения, характеризуемого оборотом розничной торговли на душу населения. В центре внимания авторов находится пространственный аспект в изменении потребления и влияние неравномерности распределения доходов населения на его уровень. Учесть влияние этих факторов на изменение потребления населения во времени позволяет авторегрессионная модель пространственного лага, построенная на панельных данных.

Обзор литературы и задачи исследования

Связь потребления и доходов населения. Исследование взаимосвязи потребления и доходов населения вызывает интерес ученых уже многие годы. Еще в середине прошлого века в работе М. Фридмана представлены функции, характеризующие влияние доходов населения на объемы его потребления [6]. Именно доход, по мнению Е.И. Капустина является ключевым фактором, влияющим на различия в структуре потребления, как среди разных групп людей, так и среди регионов [3]. Аналогичного мнения придерживаются и другие ученые [1 и 2]. Однако, несмотря на множество попыток объяснить происходящие процессы в потреблении населения, в настоящее время не всегда удается предсказать их изменение. Все больше и больше дополнительных факторов влияния выявляется учеными.

Так, оперируя агрегированными на уровне субъектов РФ данными о доходах населения, ученые отметили, что «за средними характеристиками объема и структуры потребления скрывается высокая дифференциация» [11, с. 23]. Она проявляется в значительном различии потребления наиболее бедных и наиболее богатых слоев населения. Низкий уровень фактического конечного потребления среди наиболее бедных слоев населения отмечается как отечественными, так и зарубежными учеными [4, 11–13]. В свою очередь, несмотря на то, что доля расходов на приобретение товаров у наиболее богатого населения низкая [13], совокупный объем расходов на душу населения в данной группе безусловно выше, чем в других группах. Необходимо отметить, что предположение о связи неравенства доходов и совокупного потребления сделано еще Дж. Кейнсом [9] и в последующем не раз проверялось [4 и 14]. В частности, эмпирическим путем учеными доказывалось, что значения индекса Джини, как одного из показателей, характеризующих неравенство, негативно влияет на совокупное потребление населения [4, с. 72]. Таким образом, совокупное потребление зависит как от среднего уровня доходов на душу населения, так и от его распределения, что и определяет необходимость включения этих факторов в разрабатываемые учеными модели потребления.

Пространственный аспект в потреблении. Развитие инструментов пространственного анализа способствует активному изучению изменения

доходов и потребления населения в соседних территориях. Логика таких исследований строится на том, что в целях получения желаемого дохода (зарботной платы) или приобретения необходимого товара человек может перемещаться в пространстве, тем самым оказывая влияния на достигаемые, соответственно, рынками труда и товаров точки равновесия. При этом исследование пространственной зависимости доходов проводится чаще. В первую очередь это связано с более острой проблемой бедности населения в отдельных странах [15 и 16]. Отечественных ученых в рамках пространственного анализа доходов населения в большей степени интересуют конвергенция восточных и западных территорий и перспективы сокращения разрыва в уровне доходов между регионами страны [10 и 17].

Аналогично потребителям, предприятия переходят на рынки с более высоким спросом и низкой конкуренцией, тем самым оказывая влияние на соотношение продавцов и покупателей на рынках. Развитие инструментов пространственной статистики способствовало началу анализа территориальной взаимосвязи потребления и сбыта относительно друг друга с перекрестным перехватом точек сбыта, транспортных коридоров, охватывающих места проживания и работы. Пространственная эконометрика позволила как зарубежным, так и отечественным ученым моделировать пространственные зависимости в динамике региональных рынков товаров [18–20]. Эти исследования показали, что наблюдается пространственная автокорреляция доходов и расходов населения, в связи с чем в разрабатываемых моделях необходимо выделять пространственные эффекты.

Применение панельных моделей для оценки связи доходов и потребления населения. Выявляемая учеными связь доходов и потребления населения, а также их пространственная автокорреляция могут быть проанализированы во времени. С целью выявления эффектов по периодам в конце прошлого века были предложены панельные модели. С точки зрения статистики, их главным преимуществом является то, что они дают возможность проследить индивидуальные изменения характеристик всех объектов выборки во времени, при этом в результате объединения наблюдений в рамках таких моделей увеличивается число степеней свободы и снижается зависимость между

объясняющими переменными, а следовательно, и средние стандартные ошибки оценок. Такие модели позволили по-новому взглянуть на связь доходов и потребления населения. Посредством построения панельных моделей анализировалось влияние на потребление продуктов размера заработной платы и продолжительности работы [21], зависимость совокупного потребления населения от доходов и бюджетов домашних хозяйств [22]. Помимо эффектов по периодам, в рамках таких моделей выделялись индивидуальные эффекты территорий [12 и 23]. Так, Е.А. Постников построил модель с фиксированными индивидуальными эффектами на основе данных 79 регионов России за период с 2010 по 2014 г. [23]. В предложенной им системе уравнений, характеризующей экономику регионов и позволяющей выделять эффекты по периодам, отдельно рассматривалась зависимость фактического конечного потребления на душу населения от среднедушевых денежных доходов населения и среднемесячной номинальной заработной платы. Таким образом, помимо объемов и неравенства доходов населения, учеными с помощью панельных моделей выявлялся эффект времени.

Панельные модели позволяют учесть особенности территорий, но не их взаиморасположение относительно друг друга. Для этого необходимо «привязать» к данным матрицу, описывающую пространственные связи между территориями. Сравнительно недавно такое решение, предусматривающее объединение преимуществ панельного и пространственного анализа, было найдено [24 и 25]. Оно позволило вновь обратиться к исследованиям связи потребления населения и его доходов [27–29], способствуя выявлению новых, ранее не отмечаемых особенностей потребления, а именно – в рамках пространственной панельной регрессии возможность исследовать территориальные различия и зависимости в потреблении одновременно.

Цель проводимого исследования состояла в количественной оценке влияния факторов времени и пространства, а также неоднородности доходов на изменение объемов потребления населения. Для ее достижения решались следующие задачи: оценивалась с помощью статистических критериев возможность построения панельных моделей; статистически тестировалось наличие пространственной автокорреляции данных; были построены модели и выделены эффекты времени, пространства и индивидуальные эффекты территорий.

Спецификация пространственных панельных моделей и оценка их качества

Разнообразие пространственных панельных моделей определяется существующими подходами к выделению эффектов времени и пространства. Выделение эффекта времени возможно в рамках обобщенной модели панельных данных (pooling model) или сквозной регрессии, модели с фиксированными эффектами (fixed effect model), модели со случайными эффектами (random effects model). В первом случае предписывается одинаковое изменение всех объектов выборки во все периоды времени и не учитываются индивидуальные различия. Во втором и третьем случае различие заключается в предположении о случайности и неслучайности индивидуальных отличий объектов наблюдения. Если ни одна из перечисленных выше спецификаций панельных моделей, согласно проводимым тестам, построена быть не может, имеет место семейство несвязных регрессионных уравнений. В свою очередь, учесть пространственную зависимость данных можно путем построения модели пространственного лага (SAR – Spatial Autoregressive Model или SLM – Spatial Lag Model), модели пространственной ошибки (SEM – Spatial Error Model), модели пространственной автокорреляции и пространственной ошибки (SAC – Spatial Autocorrelation Model). В первом случае учитывается связь зависимой переменной с ее значениями в соседних территориях, во втором случае определяется пространственная зависимость ошибок. Третий вариант объединяет оба подхода. Спецификация пространственных панельных моделей помимо описанных выше вариантов дополнительно расширяется за счет различных методов оценки пространственной автокорреляции ошибок (по методу Балтаги [25] или Капура [30]).

В самом обобщенном виде пространственная модель, построенная на панельных данных, может иметь вид:

$$ORT_{it} = \alpha + \mu_i + \gamma_t + \beta_1 D_{it} + \beta_2 G_{it} + \rho WORT_{it} + \lambda Wu_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

где ORT_{it} – зависимая переменная, оборот розничной торговли на душу населения, тыс. рублей;

D_{it} – независимая переменная (фактор), среднедушевые денежные доходы населения в i -м субъекте РФ, тыс. рублей;

G_{it} — независимая переменная (фактор), индекс Джини (коэффициент);

$WORT_{it}$ — пространственно взвешенные значения зависимой переменной (зависимая переменная, умноженная на матрицу соседства), тыс. рублей;

Wu_{it} — матрица пространственной автокорреляции ошибки;

ρ — авторегрессионный пространственный коэффициент;

λ — вектор не зависящих от времени индивидуальных пространственно зависимых специфических эффектов;

μ_i — индивидуальный эффект i -го субъекта РФ, не зависящий от времени t ;

γ_t — временные эффекты в момент времени t для каждого субъекта РФ i , которые подлежат оцениванию;

β_1, β_2, α — неизвестные параметры модели;

ε_{it} — остатки (ошибки), нормально распределенные случайные величины как по времени t ($1 \dots K$), так и территориям i ($1 \dots N$).

При $\gamma_t = 0$, $\alpha = 0$ рассматривается модель панельных данных с фиксированными эффектами по объектам исследования; при $\mu_i = 0$, $\alpha = 0$ — модель с эффектами по периодам. При $\alpha = 0$ рассматривается двунаправленная модель панельных данных, которая содержит одновременно как индивидуальные, так и временные эффекты. В случае если $\lambda = 0$, рассматривается модель пространственного лага, а если $\rho = 0$, то модель пространственной ошибки.

В представленной модели в качестве независимых переменных включены среднедушевые доходы населения и индекс Джини, в совокупности характеризующие потребительские возможности населения и неравномерность их распределения. Таким образом, представленная модель позволяет анализировать зависимость объема розничных продаж товаров от доходов населения и их распределения, от особенностей потребления в соседних территориях, а также дает возможность выделять эффект по периодам.

Построению пространственно-панельных моделей предшествует предварительное тестирование данных на возможность применения к ним инструментов панельного анализа, а также на присутствие пространственной зависимости данных.

В первую очередь необходимо исключить возможное наличие ложной регрессии. Для чего проводятся тесты на наличие единичных корней в панельных переменных: тест Левина — Лина —

Чу, тест Има — Песарана — Шина, тест Маддалы — Ву и др. [26]. Нулевой гипотезой данных тестов является предположение о том, что все временные ряды имеют единичный корень (являются независимыми случайными блужданиями). Тест Левина — Лина — Чу представляет собой однородную альтернативу нулевой гипотезы, согласно которой авторегрессионный параметр одинаков для всех кросс-секционных субъектов. Тест Има — Песарана — Шина является неоднородной альтернативой нулевой гипотезы, согласно которой все кросс-секционные субъекты являются стационарными с индивидуальными авторегрессионными коэффициентами. Недостаток обоих тестов состоит в том, что в случае небольшого количества периодов при относительно большом количестве кросс-наблюдений тесты не будут корректными. В отличие от них тест Маддалы — Ву позволяет проводить оценку на короткой панели. Он представляет собой неоднородную альтернативу, основанную на p -значениях статистик, индивидуальных для каждого временного ряда. Основная идея теста, состоит в том, что значения p из N независимых тестов ADF (*расширенных тестов Дики — Фуллера*) могут быть легко объединены, чтобы получить тест на совместную гипотезу, касающуюся всех N единиц:

$$P = -2 \sum_{i=1}^N \ln(p_i) \xrightarrow{d} \chi^2(2N). \quad (2)$$

Тест учитывает авторегрессию тестируемой переменной, что вызывает необходимость определения максимального лага запаздывания. Длина лага может быть рассчитана исходя из минимумов значений модифицированных критериев Акаике, Шварца, согласно методу Холла, или анализу кросс-коррелограмм [21 и 26]. Тесты могут проводиться в трех вариациях: без экзогенных переменных, с включением индивидуальных констант и временных трендов.

Далее проводится оценка пространственной зависимости показателей, характеризующих потребление и доходы населения. Одним из наиболее известных показателей, позволяющих проводить такие оценки, является глобальный индекс Морана:

$$Im_x = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3)$$

где N — число исследуемых территориальных единиц, ед.; $\bar{x}$ — среднее значение показателя; w_{ij} — элементы пространственной матрицы.

Он оценивает пространственную зависимость (автокорреляцию) в пространственных данных, то есть показывает степень линейной связи между вектором значений исследуемого показателя на рассматриваемой территории и вектором пространственно взвешенных значений исследуемого показателя в соседних территориальных единицах. В настоящем исследовании вектор пространственно взвешенных значений определяется путем умножения данных на матрицу смежности w_{ij} , учитывающую соседство i -ой и j -ой территорий первого порядка. При ее формировании сделаны следующие допущения: Сахалинская область, несмотря на водную преграду, рассматривается как соседняя с Приморским, Хабаровским и Камчатским краями; г. Калининград — с Санкт-Петербургом и Смоленской областью. Последнее допущение является спорным, но оно позволяет захватывать в исследовании Калининградскую область, рассматривать всю территорию страны как единое целое, учитывая факт морского и железнодорожного сообщения между этими территориями.

Значение индекса Морана сравнивается с ожидаемым значением $E(I) = -1/(n-1)$. Если значение индекса выше ожидаемого, то имеется положительная пространственная автокорреляция, то есть в целом значения наблюдений в соседних территориях являются подобными. В обратном случае наблюдается отрицательная автокорреляция, то есть в целом значения наблюдений в соседних территориях различаются. В случае когда фактическое значение индекса Морана равно ожидаемому, считается, что значения наблюдений в соседних территориях расположены случайным образом.

Для оценки возможностей построения пространственных панельных моделей разработаны специализированные тесты, учитывающие структуру данных. Они включают модифицированные тесты множителей Лагранжа [25], позволяющие проверить наличие пространственной корреляции в наблюдениях и идиосинкразических эффектов (индивидуальных региональных эффектов), и модифицированный тест Хаусмана [31], в котором проверяется предположение о случайных эффектах в данных [26].

Модифицированные тесты множителей Лагранжа позволяют проверить несколько гипотез, разделяя случайные региональные эффекты, пространственно автокоррелированные остаточные возмущения и авторегрессионный остаток возмущения первого порядка:

1. $H_0: \lambda = \rho = \sigma_\mu^2 = 0$; совместная гипотеза об отсутствии пространственной и последовательной корреляции ошибок и случайных региональных эффектов;
2. $H_0: \sigma_\mu^2 = 0$ (при условии $\rho = 0$);
3. $H_0: \rho = 0$ при условии отсутствия случайных эффектов ($\sigma_\mu^2 = 0$);
4. $H_0: \rho = 0$ при условии возможного существования случайных эффектов;
5. $H_0: \sigma_\mu^2 = 0$ при условии возможного существования пространственной автокорреляции.

Тест Хаусмана сравнивает случайные и фиксированные оценки эффектов и проверяет предположение о наличии случайных эффектов в панельных данных. Ж. Мутл и М. Пфафермайр модифицировали данный тест, распространив его на пространственно зависимые данные:

$$H = NT(\hat{\theta}_{FGLS} - \hat{\theta}W)^T(\hat{\Sigma}_W - \hat{\Sigma}_{FGLS})^{-1} \times (\hat{\theta}_{FGLS} - \hat{\theta}W), \quad (4)$$

где $\hat{\theta}_{FGLS}$ и $\hat{\theta}_{FGLS}$, соответственно оценки, полученные пространственным обобщенным методом наименьших квадратов (generalized least squares (GLS)) и «within» панельные оценки; $\hat{\Sigma}_W$ и $\hat{\Sigma}_{FGLS}$ — соответствующие оценки коэффициентов вариации ковариационных матриц.

Статистика H асимптотически распределена в соответствии с распределением χ^2 с k степенями свободы, равными числу регрессоров в модели [26, с. 24].

Предварительное тестирование направлено не только на обоснование возможности построения пространственно-панельных моделей, но и необходимо для определения наиболее подходящей спецификации модели. Критериями отбора подходящей спецификации модели являются минимальные значения информационных критериев Акаике и Шварца, а также максимальная «объясняющая сила» модели, такая как коэффициент детерминации R^2 .

Результатом моделирования являются выделенные эффекты по периодам и индивидуальные эф-

фекты, которые позволяют делать выводы о связи доходов и потребления в пространстве и времени.

Расчеты проводились по данным 83 субъектов РФ (кросс-секционных наблюдений) в период 2010–2019 гг. (10 временных периодов). Не учитывались сведения по Республике Крым и г. Севастополю в силу отсутствия сопоставимой статистики по ним в период до 2015 г.

Анализ связи потребления и доходов

Рассматриваемые данные имеют относительно небольшую ретроспективную длину (10 лет), при этом охватывают 83 объекта наблюдения. Соответственно, тест на единичный корень проводился по методу Маддалы – Ву. Он показал, что при включении в тестируемое уравнение индивидуальных констант и детерминированного тренда можно отвергнуть гипотезу о существовании общего единичного корня для всей панельной переменной и индивидуальных единичных корней для каждого из временных рядов, объединенных в панель. При этом при анализе с исключенным детерминированным линейным трендом и индивидуальными константами гипотеза о наличии единичного корня не отклоняется (см. таблицу 1). Таким образом, тесты позволили дополнительно выдвинуть гипотезу о наличии фиксированных эффектов в спецификации модели.

С целью обоснования пространственной зависимости потребления был проведен расчет индекса Морана. В период с 2010 по 2019 г. его значение для оборота розничной торговли колебалось в диапазоне 0,168–0,269. Наиболее высокая пространственная зависимость наблюдается по доходам населения. Индекс Морана изменялся от 0,42 до 0,46. Аналогично достаточно высокая пространственная зависимость доходов в России отмечалась и другими исследователями [17]. В свою очередь индекс Морана для коэффициента Джини колебался в диапазоне 0,16–0,23. При

этом по всем трем рассматриваемым показателям с 2015 г. наблюдается ежегодный рост значения индекса Морана. Отмеченные пространственные связи указывают на возможность исследования пространственного аспекта в рассматриваемой взаимосвязи потребления и доходов.

С целью определения возможности построения пространственных моделей на панельных данных были проведены тесты Балтаги – Сонга – Коха и модифицированные тесты Хаусмана, результаты которых представлены в таблице 2.

Проведенные тесты показали наличие пространственной корреляции в наблюдениях и идиосинкразических эффектах (индивидуальных региональных эффектах). Так, значение расчетной статистики теста LM-H (множитель Лагранжа) 2288 соответствует отклонению от нулевой гипотезы, которая говорит об отсутствии пространственной автокорреляции ($H_0: \lambda = \rho = 0$), что предполагает существование пространственных эффектов, связанных с зависимой переменной и/или пространственной корреляции ошибки (альтернативная гипотеза состоит в том, что хотя бы один компонент не равен нулю). Рассчитанные ранее индексы корреляции Морана I также показали существование пространственных эффектов в исследуемых зависимостях. В целом все пять тестов Балтаги – Сонга – Коха показали, что нулевая гипотеза (об отсутствии эффектов по регионам и пространственной автокорреляции ошибки) отклоняется. Следовательно, в модели могут быть учтены оба компонента, учитывающие пространственные связи территорий. Также был проведен модифицированный тест Хаусмана [31], подтвердивший гипотезу о необходимости введения фиксированных эффектов только для спецификации модели пространственной ошибки. Модели пространственного лага и модели пространственного лага и ошибки предпочтительнее выстраивать с вычислением случайных панельных эффектов.

Таблица 1

Результаты тестирования гипотезы о наличии единичных корней в показателе «Оборот розничной торговли»

Наименование теста	Простая модель	Индивидуальный перехват	Индивидуальный перехват и временной тренд
Тест Маддалы – Ву на наличие единичных корней	Выбор длины лага на основе модифицированного критерия Шварца		
	$\chi^2 = 7,7$; $df = 166$; $p\text{-value} = 1$	$\chi^2 = 297,56$; $df = 166$; $p\text{-value} < 0,0001$	$\chi^2 = 592,18$; $df = 166$; $p\text{-value} < 0,0001$
	Выбор длины лага на основе модифицированного критерия Акаике		
	$\chi^2 = 7,89$; $df = 166$; $p\text{-value} = 1$	$\chi^2 = 297,56$; $df = 166$; $p\text{-value} \leq 0,0001$	$\chi^2 = 596,28$; $df = 166$; $p\text{-value} < 0,0001$
	Выбор длины лага на основе модифицированного критерия Холла		
	$\chi^2 = 6,05$; $df = 166$; $p\text{-value} = 1$	$\chi^2 = 312,21$; $df = 166$; $p\text{-value} \leq 0,0001$	$\chi^2 = 551,66$; $df = 166$; $p\text{-value} < 0,0001$

Таблица 2

Тесты на наличие пространственных эффектов

Наименование теста	Значение	Альтернативная гипотеза
Тест Балтаги – Сонга – Коха $H_0: \lambda = 0; \rho = 0; \sigma_u^2 = 0$	LM-H = 2288; $p\text{-value} < 0,00001$	Присутствуют случайные региональные эффекты и пространственная автокорреляция
Тест Балтаги – Сонга – Коха на маржинальный эффект $H_0: \sigma_u^2 = 0$ при предположении, что $\rho = 0$	LM1 = 46,1; $p\text{-value} < 0,00001$	Присутствуют случайные эффекты
Тест Балтаги – Сонга – Коха на маржинальный эффект $H_0: \rho = 0$ при условии отсутствия случайных эффектов ($\sigma_u^2 = 0$)	LM2 = 12,7; $p\text{-value} < 0,00001$	Присутствует пространственная автокорреляция
Условный тест Балтаги – Сонга – Коха $H_0: \rho = 0$ при условии возможного существования случайных эффектов	LM*- λ = 7,6772; $p\text{-value} < 0,00001$	Присутствует пространственная автокорреляция
Условный тест Балтаги – Сонга – Коха $H_0: \sigma_u^2 = 0$ при условии возможного существования пространственной автокорреляции	LM*- μ = 50,2; $p\text{-value} < 0,00001$	Присутствуют эффекты по объектам-регионам
Модифицированный тест Хаусмана для пространственных моделей: – с пространственным лагом; – с пространственной ошибкой; – с пространственным лагом и ошибкой	$\chi^2 = 0,035; df = 2;$ $p\text{-value} = 0,9828$ $\chi^2 = 109,33; df = 2;$ $p\text{-value} < 0,00001$ $\chi^2 = 0,41; df = 2;$ $p\text{-value} = 0,8134$	Одна модель не совместима

Таблица 3

Результаты построения пространственных панельных моделей

Коэффициент модели	Спецификация модели		
	Модель со случайными эффектами		Модель с фиксированными эффектами
	пространственного лага	пространственного лага и ошибки*	пространственной ошибки*
Константа	39,17 (16,39) $p\text{-value} < 0,01$	55,5 (16,99) $p\text{-value} < 0,001$	92,2 (15,13) $p\text{-value} < 0,0001$
Среднедушевые денежные доходы, β_1	3,602 (0,088) $p\text{-value} < 0,0001$	3,867 (0,1) $p\text{-value} < 0,0001$	4,227 (0,126) $p\text{-value} < 0,0001$
Индекс Джини, β_2	-90,53 (37,57) $p\text{-value} < 0,01$	-116,2 (38,32) $p\text{-value} < 0,001$	-126,157 (37,109) $p\text{-value} < 0,0001$
Пространственный авторегрессионный коэффициент, ρ	0,078 (0,039) $p\text{-value} < 0,0001$	0,064 (0,006) $p\text{-value} < 0,0001$	-
Коэффициент пространственной ошибки, λ	-	0,059 (0,013) $p\text{-value} < 0,0001$	0,142 (0,004) $p\text{-value} < 0,0001$
Коэффициент детерминации R^2	0,47	0,05	0,93
Критерий Акаике	9 331,281	9 053,652	6 814,967
Критерий Шварца	9 350,167	9 072,538	6 833,853

Примечание. В скобках указана стандартная ошибка оценок коэффициентов.

* – представлены оценки пространственной автокорреляции ошибок по методу Капура.

Учитывая результаты тестов, были построены модели, представленные в таблице 3. Метод оценки коэффициентов моделей – метод максимального правдоподобия.

Среди оцененных моделей наименьшее значение критериев Акаике и Шварца, при наибольшем значении R^2 , наблюдается у модели с фиксированными эффектами, в рамках которой выделяется пространственная корреляция остатков. Интерес представляют коэффициенты

модели. Как видно, уровень доходов населения положительно связан с изменением оборота розничной торговли. Таким образом, с ростом доходов населения растет и потребление. Как отмечалось в ранее проводимых исследованиях, увеличение неравенства (см. индекс Джини в таблице 3) негативно влияет на потребление, то есть с ростом неравенства доходов населения оборот розничной торговли снижается. При этом существует положительная связь потребления

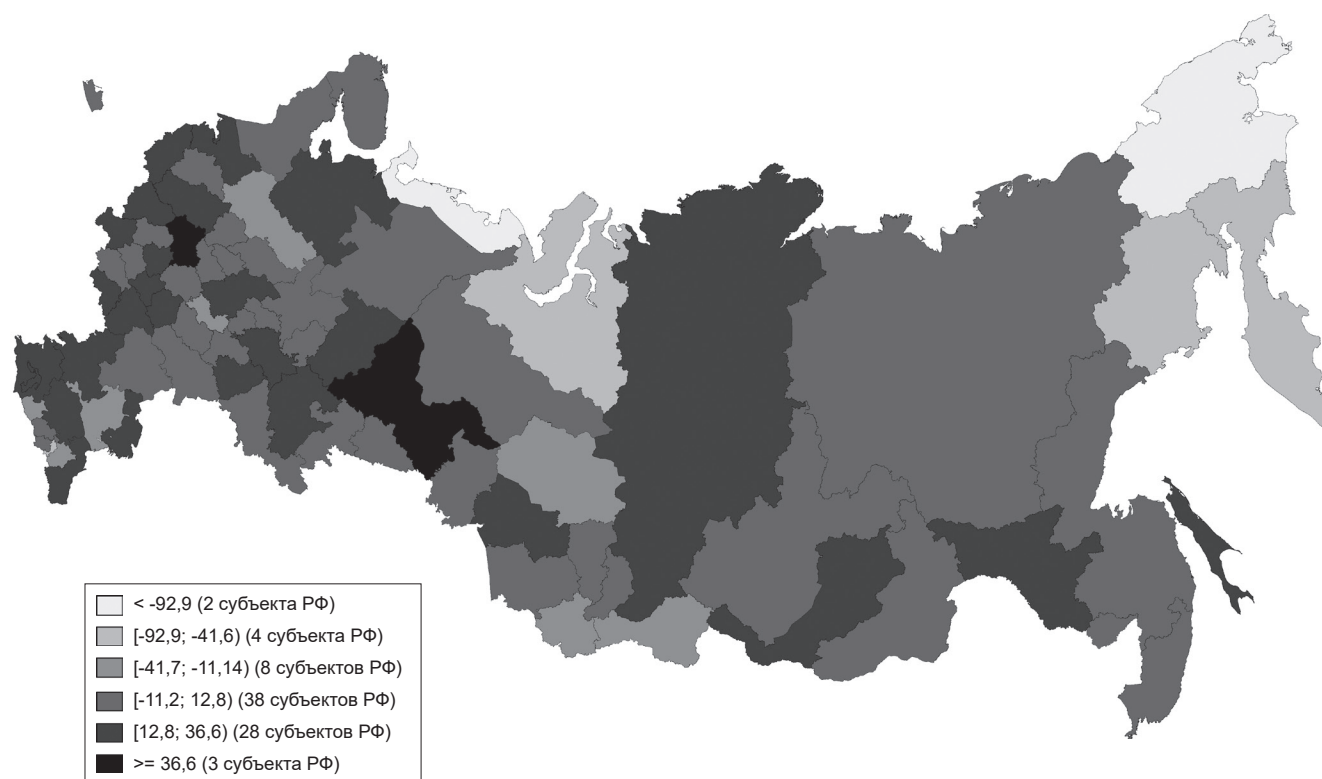


Рисунок. Индивидуальные эффекты территорий

с изменениями, происходящими в соседних территориях, которые в последующем можно раскрыть путем включения дополнительных факторов. На это указывает пространственная корреляция остатков.

Модели с фиксированными эффектами позволяют анализировать индивидуальные эффекты территорий, то есть учитывать ненаблюдаемую (нефиксируемую официально) информацию, присущую каждой из них в отдельности. С целью группировки субъектов РФ по получаемым индивидуальным фиксированным эффектам была построена картограмма, в рамках которой выделение групп осуществлялось по критерию наименьшей внутригрупповой вариации значений показателя. Как видно на рисунке, наименьшее значение эффекта территории отмечается в двух субъектах РФ, расположенных на севере страны. В целом эта группа может быть объединена со второй группой, в рамках которой 3 из 4 субъектов РФ также расположены на севере страны. Отрицательный индивидуальный эффект здесь безусловно связан с особенностью субъектов. Люди сюда приезжают зарабатывать, а тратят денежные средства в месте постоянного проживания, в том числе путем перечисления денежных средств семье.

Интерес также вызывает последняя из шести выделенных групп, куда входят г. Москва, Свердловская и Тюменская области. В действительности в Москве отмечается высокое потребление, которое определяется как более высокими доходами местного населения, так и значительным количеством приезжающих за покупками из соседних областей. Аналогично в Свердловской и Тюменской областях тратятся денежные средства, заработанные на севере. В четвертую и пятую группы в целом попали территории с относительно более низкими и более высокими доходами и потреблением населения. В целом 34 из 83 рассмотренных субъектов РФ имеют индивидуальный эффект отрицательный, а 49 — положительный.

Выводы

Проведенный анализ показал, что построение пространственных моделей на панельных данных позволяет расширить представления о потреблении, в том числе за счет выделения индивидуальных эффектов территорий и пространственных зависимостей. В многообразии возможных спецификаций моделей позволяют ориентироваться специализированные статистические тесты,

определяющие возможности оценки пространственного лага и ошибки, позволяющие сделать выбор между моделями с фиксированными или случайными эффектами.

Построенная модель подтвердила выявленные ранее связи: доходы населения положительно, а индекс Джини отрицательно связаны с потреблением. В свою очередь потребление является важным элементом в системе воспроизводства. Его снижение не позволяет возместить расходы по уже произведенным товарам, замедляя производственные циклы. Таким образом, рост доходов населения должен сопровождаться постепенным их выравниванием.

Полученные оценки, также позволяют утверждать, что рост потребления пространственно положительно связан с потреблением в соседних субъектах РФ. Таким образом, изменение потребления на одной территории находит отражение на соседних территориях. В данном случае рост оборота розничной торговли наблюдается на фоне роста его значения в соседних территориях. Изменения не происходят изолированно, и во многом это связано с высокой пространственной зависимостью доходов населения.

Выделяемые при построении панельной модели с фиксированными эффектами индивидуальные особенности территорий позволяют их группировать. Это в свою очередь создает условия для формирования обобщений относительно сложившейся на территориях связи доходов и потребления и, соответственно, более обоснованных управленческих решений.

Литература

1. Аганбегян А.Г. Преодоление бедности и сокращение неравенства по доходам и потреблению в России // ЭКО. 2017. № 9 (519). С. 66–84.
2. Зубаревич Н.В., Сафронов С.Г. Люди и деньги: доходы, потребление и финансовое поведение населения российских регионов в 2000–2017 гг. // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 5. С. 3–17.
3. Капустин Е.И. Уровень, качество и образ жизни населения России. Ин-т экономики РАН. М.: Наука, 2006. 324 с.
4. Dai S.I.S., Sulila I. Purchase Power and Consumption Pattern Change of Society (Analysis of 34 Panel Data in Indonesia) // Journal of Economics and Sustainable Development. 2020. Vol. 11. No. 2. P. 66–73. doi: <https://doi.org/10.7176/JESD/11-2-07>.
5. Dubovik M.V., Timiryanova V.M., Zimin A.F. Modeling of the Deferred Demand on the Market of Household

Appliances // European Research Studies Journal. 2017. Vol. XX. No. 2B. P. 149–161.

6. Friedman M.A. A Theory of the Consumption Function. Princeton: Princeton University Press, 1957. 243 p.

7. Леонидова Е.Г. Стимулирование конечного потребления в контексте снижения регионального неравенства // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13. № 3. С. 59–73. doi: <https://doi.org/10.15838/esc.2020.3.69.5>.

8. Awaworyi Churchill S., Yew S.L. Are government transfers harmful to economic growth? A meta-analysis // Economic Modelling. 2017. No. 64. P. 270–287. doi: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.03.030>.

9. Keynes J.M. The General Theory of Employment, Interest and Money. London: Macmillan, 1936.

10. Иванова В.И. Региональная конвергенция доходов населения: пространственный анализ // Пространственная экономика. 2014. № 4. С. 100–119.

11. Овчарова Л.Н. и др. Что изменилось в доходах, расходах и потреблении населения? М.: НИУ-ВШЭ, 2014. 42 с.

12. Гафарова Е.А., Лакман И.А. Эконометрическое моделирование развития муниципальных образований региона с учетом их неоднородности (на примере Республики Башкортостан) // Вопросы статистики. 2017. № 4. С. 54–63.

13. Региональные особенности уровня и качества жизни: Монография / Учреждение Российской академии наук Институт социально-экономических проблем народонаселения РАН. М.: ООО «М-Студио», 2012. 392 с.

14. Khan A.H. Aggregate consumption function and income distribution effect: Some evidence from developing countries. World Development. 1987. Vol. 15. Iss. 10–11. P. 1369–1374. doi: [https://doi.org/10.1016/0305-750x\(87\)90130-6](https://doi.org/10.1016/0305-750x(87)90130-6).

15. Li G. et al. Monitoring the spatiotemporal dynamics of poor counties in China: Implications for global sustainable development goals // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 227. P. 392–404. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.135>.

16. Palmer-Jones R., Sen K. It is where you are that matters: the spatial determinants of rural poverty in India // Agricultural Economics. 2006. Vol. 34. Iss. 3. P. 229–242. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1574-0864.2006.00121.x>.

17. Demidova O. Spatial effects for the eastern and western regions of Russia: a comparative analysis // International Journal of Economic Policy in Emerging Economies. 2015. Vol. 8. No. 2. P. 153–168. doi: <https://doi.org/10.1504/ijepee.2015.069594>.

18. Неганова В.П., Наумов И.В., Седельников В.М. Исследование и моделирование потребительского рынка мегаполиса // Практический маркетинг. 2019. № 8(270). С. 3–14.

19. Тимирьянова В.М., Зимин А.Ф., Жилина Е.В. Пространственная составляющая в изменении розничного рынка товаров // Экономика региона. 2018. Т. 14. Вып. 1. С. 164–175.

20. **Morrison K.T., Nelson T.A., Ostry A.S.** Mapping spatial variation in food consumption // *Applied Geography*. 2011. Vol. 31. Iss. 4. P. 1262–1267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.11.020>.
21. **Hall A.** Testing for a unit root in time series with pretest data-based model selection // *Journal of Business & Economic Statistics*. 1994. Vol. 12. Iss. 4. P. 461–470.
22. **Altonji J.G., Siow A.** Testing the Response of Consumption to Income Changes with (Noisy) Panel Data // *The Quarterly Journal of Economics*. 1987. Vol. 102. Iss. 2. P. 293–328. doi: <https://doi.org/10.2307/1885065>.
23. **Baker S.R.** Debt and the Consumption Response to Household Income Shocks // *SSRN Electronic Journal*. 2015. doi: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2541142>.
24. **Постников Е.А.** Эконометрическое моделирование развития регионов России на основе панельных данных // *Управление в современных системах*. 2016. № 2(9). С. 3–12.
25. **Baltagi B.H.** et al. Testing for Serial Correlation, Spatial Autocorrelation and Random Effects Using Panel Data // *Journal of Econometrics*. 2007. Vol. 140(1). P. 5–51.
26. **Millo G., Piras G.** Splm: Spatial Panel Data Models in R // *Journal of Statistical Software*. 2012. Vol. 47(i01). URL: <http://hdl.handle.net/10.18637/jss.v047.i01>.
27. **Ciccarelli C., Elhorst J.P.** A dynamic spatial econometric diffusion model with common factors: The rise and spread of cigarette consumption in Italy // *Regional Science and Urban Economics*. 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2017.07.003>.
28. **Jankiewicz M.** The Convergence of Food Expenditures in the European Union Countries – a Spatio-Temporal Approach // *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Oeconomica*. 2019. doi: <https://doi.org/10.18778/0208-6018.340.06>.
29. **Verhelst B., Van den Poel D.** Deep habits in consumption: a spatial panel analysis using scanner data // *Empirical Economics*. 2013. № 47(3). P. 959–976. doi: <https://doi.org/10.1007/s00181-013-0776-4>.
30. **Kapoor M., Kelejian H.H., Prucha I.R.** Panel Data Model with Spatially Correlated Error Components // *Journal of Econometrics*. 2007. Vol. 140(1). P. 97–130.
31. **Mutl J., Pfaffermayr M.** The Hausman Test in a Cliff and Ord Panel Model // *Econometrics Journal*. 2011. Vol. 14. P. 48–76.

Информация об авторах

Лакман Ирина Александровна — канд. техн. наук, доцент, зав. лабораторией исследования социально-экономических проблем регионов, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет». 450076, г. Уфа, ул. 3. Валиди, 32. E-mail: Lackmania@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9876-9202>.

Тимирьянова Венера Маратовна — канд. экон. наук, доцент, старший научный сотрудник, зам. зав. лаборатории исследования социально-экономических проблем регионов, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет». 450076, г. Уфа, ул. 3. Валиди, 32. E-mail: 79174073127@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1004-0722>.

Попов Денис Владимирович — канд. техн. наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой «Цифровые технологии и моделирование», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». 450064, г. Уфа., ул. Космонавтов, 1. E-mail: popov.denis@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7698-8858>.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FZWU-2020-0027).

References

1. **Aganbegyan A.G.** Overcoming Poverty and Reducing the Income and Consumption Inequalities in Russia. *ECO Journal*. 2017;9(519):66–84. (In Russ.)
2. **Zubarevich N.V., Safronov S.G.** People and Money: Incomes, Consumption and Financial Behavior of the Population of the Russian Regions in 2000–2017. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2019;(5):3–17. (In Russ.)
3. **Kapustin E.I.** *Level, Quality and Way of Life of the Population of Russia*. Institute of Economics RAS. Moscow: Nauka Publ.; 2006. 324 p. (In Russ.)
4. **Dai S.I.S., Sulila I.** Purchase Power and Consumption Pattern Change of Society (Analysis of 34 Panel Data in Indonesia). *Journal of Economics and Sustainable Development*. 2020;11(2):66–73. Available from: <https://doi.org/10.7176/JESD/11-2-07>.
5. **Dubovik M.V., Timiryanova V.M., Zimin A.F.** Modeling of the Deferred Demand on the Market of Household Appliances. *European Research Studies Journal*. 2017;XX-(2B):149–161.
6. **Friedman M.A.** *A Theory of the Consumption Function*. Princeton: Princeton University Press; 1957. 243p.
7. **Leonidova E.G.** Stimulating Final Consumption Within the Reduction of Regional Inequality. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2020;13(3):59–73. Available from: <https://doi.org/10.15838/esc.2020.3.69.5>. (In Russ.)
8. **Awaworyi Churchill S., Yew S.L.** Are Government Transfers Harmful to Economic Growth? A Meta-Analysis. *Economic Modelling*. 2017;64:270–287. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.03.030>
9. **Keynes J.M.** *The General Theory of Employment, Interest and Money*. London: Macmillan; 1936.

10. **Ivanova V.I.** Regional Convergence of Income: Spatial Analysis. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*. 2014;(4):100–119. (In Russ.)
11. **Ovcharova L.N.** et al. *What Has Changed in the Income, Expenditure and Consumption of the Population?* Moscow: NRU-HSE; 2014. 42 p. (In Russ.)
12. **Gafarova E.A., Lakman I.A.** Econometric Modelling of Region's Municipalities Development with Account to Their Inhomogeneity (Case Study: Republic of Bashkortostan). *Voprosy Statistiki*. 2017;(4):54–63. (In Russ.)
13. *Regional Peculiarities of the Level and Quality of Life: A Monograph*. Institution of the Russian Academy of Sciences Institute of Socio-Economic Studies of Population RAS. Moscow: M-Studio Publ.; 2012. 392 p. (In Russ.)
14. **Khan A.H.** Aggregate Consumption Function and Income Distribution Effect: Some Evidence from Developing Countries. *World Development*. 1987;15(10-11):1369–1374. Available from: [https://doi.org/10.1016/0305-750x\(87\)90130-6](https://doi.org/10.1016/0305-750x(87)90130-6).
15. **Li G.** et al. Monitoring the Spatiotemporal Dynamics of Poor Counties in China: Implications for Global Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production*. 2019;227:392–404. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.135>.
16. **Palmer-Jones R., Sen K.** It Is Where You Are That Matters: The Spatial Determinants of Rural Poverty in India. *Agricultural Economics*. 2006;34(3):229–242. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1574-0864.2006.00121.x>.
17. **Demidova O.** Spatial Effects for the Eastern and Western Regions of Russia: A Comparative Analysis. *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies*. 2015;8(2):153–168. Available from: <https://doi.org/10.1504/ijepee.2015.069594>.
18. **Neganova V.P., Naumov I.V., Sedelnikov V.M.** Research and Modeling of the Megapolis Consumer Market. *Practical Marketing*. 2019;8(270):3–14. (In Russ.)
19. **Timiryanova V.M., Zimin A.F., Zhilina E.V.** The Spatial Change of the Indicators of Consumer Market. *Economy of Region*. 2018;14(1):164–175. (In Russ.)
20. **Morrison K.T., Nelson T.A., Ostry A.S.** Mapping Spatial Variation in Food Consumption. *Applied Geography*. 2011;31(4):1262–1267. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.11.020>.
21. **Hall A.** Testing for a Unit Root in Time Series with Pretest Data-Based Model Selection. *Journal of Business & Economic Statistics*. 1994;12(4):461–470.
22. **Altonji J.G., Siow A.** Testing the Response of Consumption to Income Changes with (Noisy) Panel Data. *The Quarterly Journal of Economics*. 1987;102(2):293. Available from: <https://doi.org/10.2307/1885065>.
23. **Baker S.R.** Debt and the Consumption Response to Household Income Shocks. *SSRN Electronic Journal*. 2015. Available from: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2541142>.
24. **Postnikov E.A.** Econometric Modelling of the Development of Russian Regions on the Basis of Panel Data. *Management in Modern System*. 2016;2(9):3–12. (In Russ.)
25. **Baltagi B.H.** et al. Testing for Serial Correlation, Spatial Autocorrelation and Random Effects Using Panel Data. *Journal of Econometrics*. 2007;140(1):5–51.
26. **Millo G., Piras G.** Splm: Spatial Panel Data Models in R. *Journal of Statistical Software*. 2012;47(i01). Available from: <http://hdl.handle.net/10.18637/jss.v047.i01>.
27. **Ciccarelli C., Elhorst J.P.** A Dynamic Spatial Econometric Diffusion Model with Common Factors: The Rise and Spread of Cigarette Consumption in Italy. *Regional Science and Urban Economics*. 2017. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2017.07.003>.
28. **Jankiewicz M.** The Convergence of Food Expenditures in the European Union Countries – a Spatio-Temporal Approach. *Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Oeconomica*. 2019;1(340):91–106. Available from: <https://doi.org/10.18778/0208-6018.340.06>.
29. **Verhelst B., Van den Poel D.** Deep Habits in Consumption: A Spatial Panel Analysis Using Scanner Data. *Empirical Economics*. 2013;47(3):959–976. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00181-013-0776-4>.
30. **Kapoor M., Kelejian H.H., Prucha I.R.** Panel Data Model with Spatially Correlated Error Components. *Journal of Econometrics*. 2007;140(1):97–130.
31. **Mutl J., Pfaffermayr M.** The Hausman Test in a Cliff and Ord Panel Model. *Econometrics Journal*. 2011;14:48–76.

About the authors

Irina A. Lakman – Cand. Sci. (Tech.), Assistant Professor, Head, Laboratory of Research in Socio-Economic Problems of Regions, Bashkir State University. 32, Zaki Validi St., Ufa, 450076, Russia. E-mail: Lackmania@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9876-9202>.

Venera M. Timiryanova – Cand. Sci. (Econ.), Assistant Professor, Senior Researcher, Deputy Head, Laboratory of Research in Socio-Economic Problems of Regions, Bashkir State University. 32, Zaki Validi St., Ufa, 450076, Russia. E-mail: 79174073127@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1004-0722>.

Denis V. Popov – Cand. Sci. (Tech.), Acting Head, Department of Digital Technologies and Modelling, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa State Petroleum Technological University» (USPTU). 1, Kosmonavtov St., Ufa, 450064, Russia. E-mail: popov.denis@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7698-8858>.

Funding

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (code of scientific theme: FZWU-2020-0027).