

Миграция как фактор устойчивости региональных экономических систем: сплайн-анализ структурных изменений связи

Олег Григорьевич Смешко¹, Руслан Хизраилевич Ильясов²,
Владимир Александрович Плотников³✉

^{1, 3} Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Санкт-Петербург, Россия

² Чеченский государственный университет имени А. А. Кадырова, Грозный, Россия

¹ o.smeshko@spbacu.ru

² ilyasov_95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7040-798X>

³ plotnikov_2000@mail.ru✉

Аннотация

Цель. Изучить особенности миграции, рассматриваемой как фактор устойчивости региональных экономических систем, с использованием инструментария сплайн-анализа.

Задачи. Описать влияние миграции на региональное развитие; изучить факторы и тенденции миграции новыми эконометрическими методами, реализованными на базе сплайн-функций; исследовать эволюцию зависимости потоков миграции в контексте событийных составляющих экономической динамики.

Методология. При проведении исследования использованы как общенаучные методы (сравнительный, ретроспективный, макроэкономический анализ), так и специальные методы эконометрического, экономико-статистического и сплайн-моделирования.

Результаты. Демографическая ситуация в большинстве регионов Российской Федерации (РФ) в последние годы отличается отрицательным естественным приростом населения. В среднем по России коэффициент естественного прироста населения в 2021 г. составил –7.1 промилле. Прирост населения в указанном году также остается в нашей стране отрицательным –4 промилле. Важную роль в достижении положительной динамики численности населения регионов РФ играет миграционный прирост. Становится актуальным поиск факторов и анализ тенденций миграционного прироста населения в регионах РФ. Основные факторы миграции населения в современном мире имеют социально-экономическую природу. В статье в качестве наиболее значимого фактора миграционного прироста населения в России и ее регионах определен показатель напряженности на рынке труда, то есть численности безработных на каждую вакансию. Исследовано влияние миграции на региональное развитие, а также с использованием инструментария сплайн-анализа изучены ее особенности как фактора устойчивости региональных экономических систем.

Выводы. В анализе воздействия напряженности на рынке труда на тенденции миграционного прироста населения предложено учитывать вариативность тесноты связи в условиях изменяющейся социально-экономической конъюнктуры. Для изучения факторов и тенденций миграционного прироста населения предложен принципиально новый метод — моделирование динамики сплайн-функциями. Построенные сплайн-модели динамики напряженности на рынке труда и миграционного прироста преобразуются в модели скорости роста (тенденции) дифференцированием. Примененный в исследовании метод сплайн-анализа позволил оценивать последовательные изменения в корреляции тенденций миграционного прироста и напряженности на рынке труда. В качестве направления дальнейшего исследования показано использование научно-методического аппарата сплайн-моделирования применительно к миграционным процессам и состоянию рынков труда тех или иных территорий, в том числе с учетом новых данных, характеризующих региональную социальную, демографическую и экономическую динамику по итогам 2022 г.

Ключевые слова: региональная экономика, региональное развитие, политико-экономическая турбулентность, макрошок, демография, миграция, рынок труда, факторный анализ, тенденции, моделирование, сплайн-анализ

Для цитирования: Смешко О. Г., Ильясов Р. Х., Плотников В. А. Миграция как фактор устойчивости региональных экономических систем: сплайн-анализ структурных изменений связи // *Экономика и управление*. 2023. Т. 29. № 12. С. 1417–1432. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-12-1417-1432>

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-10076, <https://rscf.ru/project/23-28-10076/>; гранта Санкт-Петербургского научного фонда.

Migration as a factor of stability of regional economic systems: Spline analysis of structural changes in connectivity

Oleg G. Smeshko¹, Ruslan Kh. Ilyasov², Vladimir A. Plotnikov³✉

^{1, 3} St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, St. Petersburg, Russia

² Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia

¹ o.smeshko@spbacu.ru

² ilyasov_95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7040-798X>

³ plotnikov_2000@mail.ru ✉

Abstract

Aim. To study the features of migration, considered as a factor of stability of regional economic systems, using the toolkit of spline analysis.

Objectives. To describe the impact of migration on regional development; to study the factors and trends of migration by new econometric methods realized on the basis of spline functions; to investigate the evolution of the dependence of migration flows in the context of event components of economic dynamics.

Methods. Both general scientific methods (comparative, retrospective, macroeconomic analysis) and special methods of econometric, economic-statistical and spline modeling were used in the research.

Results. The demographic situation in most regions of the Russian Federation (RF) in recent years is characterized by negative natural population growth. On average in Russia, the coefficient of natural population growth in 2021 amounted to -7.1 ppm. Population growth in the specified year also remains negative in our country -4 ppm. Migration growth plays an important role in achieving positive population dynamics in the Russian regions. It becomes relevant to search for factors and analyze trends in migration population growth in the regions of the Russian Federation. The main factors of population migration in the modern world are socio-economic in nature. The article defines the indicator of tension in the labor market, i.e. the number of unemployed for each vacancy, as the most significant factor of migration population growth in Russia and its regions. The influence of migration on regional development is investigated, and its peculiarities as a factor of stability of regional economic systems are studied using spline analysis tools.

Conclusions. In the analysis of the impact of tension in the labor market on the trends of migratory population growth it is proposed to take into account the variability of the closeness of the relationship in the conditions of changing socio-economic conjuncture. To study the factors and trends of migration population growth a fundamentally new method — modeling of dynamics by spline functions — is proposed. The constructed spline models of the dynamics of tension in the labor market and migration growth are transformed into growth rate (trend) models by differentiation. The method of spline analysis applied in the study allowed us to assess the consistent changes in the correlation between the trends of migration growth and tension in the labor market. The use of scientific and methodological apparatus of spline modeling in relation to migration processes and the state of labor markets of certain territories, including taking into account new data characterizing regional social, demographic and economic dynamics at the end of 2022, is shown as a direction for further research.

Keywords: regional economy, regional development, political and economic turbulence, macro-shock, demography, migration, labor market, factor analysis, trends, modeling, spline analysis

For citation: Smeshko O.G., Ilyasov R.Kh., Plotnikov V.A. Migration as a factor of stability of regional economic systems: Spline analysis of structural changes in connectivity. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(12):1417-1432. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-12-1417-1432>

Acknowledgments: The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-28-10076, <https://rscf.ru/project/23-28-10076/>; Grant from the St. Petersburg Science Foundation.

Введение

Российская экономика отличается значительным разнообразием региональных условий развития [1; 2], которое в условиях высокой политико-экономической турбулентности, вызванной макрошоками последних лет [3; 4], оказывает слабопредсказуемое влияние на региональные хозяйственные комплексы. Быстрые и не всегда просчитываемые изменения могут приводить к тому, что региональные факторы, которые в предшествующий период развития были рассмотрены в качестве драйверов роста, могут оказаться в роли факторов, тормозящих развитие.

Примером такого рода факторов служит высокая экспортоориентированность экономик или приграничное положение регионов. Традиционно эти факторы считали способствующими более эффективному развитию. Но введение недружественными странами антироссийских санкций, включающих в себя запреты на внешне-экономическую деятельность (как это произошло, например, с лесопромышленным комплексом в Ленинградской области), и обострение военных угроз безопасности, что приводит к физическому разрушению хозяйственной инфраструктуры (как это происходит, например, в Белгородской области), вынуждают пересмотреть оценку этих факторов как стимуляторов регионального развития.

Вследствие указанного турбулентного влияния макросреды на региональное развитие в современных условиях требуется углубленное изучение факторов устойчивости региональных экономических систем с учетом изменившихся обстоятельств. В частности, основной акцент в авторском исследовании сделан на миграции, значимость которой в условиях беспрецедентно низкой безработицы (по заявлению Президента РФ на пленарном заседании Восточ-

ного экономического форума 12 сентября 2023 г., «безработица на историческом минимуме — 3 %, такого никогда не было»¹) существенно возрастает.

В России в последние годы сохраняется отрицательный естественный прирост населения, что является следствием низких показателей рождаемости. Это отразилось и на возрастной структуре населения, в которой, по данным Росстата, доля населения в возрасте младше трудоспособного в 2021 г. составила всего 18,8 %. Сравним с показателями в Чеченской Республике — регионе с высоким уровнем рождаемости: доля населения в возрасте младше трудоспособного составила почти вдвое большую величину — 32,6 %. Это создает межрегиональные различия в естественном пополнении трудовых ресурсов и, как следствие, вызывает напряженность на региональных рынках труда.

Подтверждением приведенных выше сведений, служат, например, данные, содержащиеся в таблице 1, обобщающие результаты исследований, выполненных специалистами «Эксперт Юг» в трех южных российских регионах. Указанные в таблице 1 показатели свидетельствуют о нарастающей напряженности на региональных рынках труда исследованных субъектов РФ. Существующий дефицит на рынке труда в регионах России можно признать одним из факторов миграционного прироста населения.

Материалы и методы

Факторы колебаний миграционного прироста разнообразны: причинами могут быть изменения в экономических, экологических, политических и социальных тенденциях. Ключевым фактором миграционного прироста населения считают устойчивость экономического роста региона. Интенсивный рост притоков миграции в последние несколько лет стал фактором социальной напряженности

¹ Цит. по: Путин заявил о беспрецедентно низком уровне безработицы в РФ // Regnum. 2023. 12 сентября. URL: <https://regnum.ru/news/3832544> (дата обращения: 10.06.2023).

Значения hh-индекса в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях по состоянию на июнь 2022 г. и июнь 2023 г. (фрагмент)

Table 1. Values of hh-index in Rostov region, Krasnodar and Stavropol Krai as of June 2022 and June 2023 (fragment)

Область занятости	Краснодарский край		Ростовская область		Ставропольский край	
	Июнь 2023 г.	Июнь 2022 г.	Июнь 2023 г.	Июнь 2022 г.	Июнь 2023 г.	Июнь 2022 г.
Все профессиональные области	3	5,2	2,8	4,9	3,1	5,2
Автомобильный бизнес	1,7	4	1	3,6	1,4	3,3
Закупки	5,6	9,5	4,4	8,3	4,5	5
Медицина, фармацевтика	1,3	1,8	2,1	2,4	1,9	2,4
Продажи, обслуживание клиентов	2	4,1	1,9	4,2	2,2	4,4
Производство, сервисное обслуживание	2,7	4,6	2,2	3,6	2,4	4,1
Рабочий персонал	2,1	4,7	1,5	3,5	1,8	4,1
Розничная торговля	1,9	3,8	1,5	3	1,4	2,6
Сельское хозяйство	2,7	3,4	2,3	3	2,2	2,8
Строительство, недвижимость	2,3	4	2,3	4	2,5	4,5
Транспорт, логистика, перевозки	2,6	6,8	2	5,5	2,2	6,5

Примечания:

1. hh-индекс представляет собой отношение количества резюме к количеству вакансий. Значение индекса меньше, чем 2, свидетельствует об остром дефиците, а от 2,0 до 3,9 — о дефиците кадров. Значение индекса в диапазоне от 4,0 до 7,9 становится характерным для рынка труда с умеренным уровнем конкуренции. О высоком уровне конкуренции среди соискателей можно говорить при значении индекса от 8,0 до 11,9, а о крайне высоком — от 12 и выше.

2. ■ — острый дефицит кадров, □ — дефицит кадров, □ — умеренная конкуренция между соискателями.

Источник: Сальникова Ю. Рынок труда на Юге России: зоны острого дефицита и благополучия // Эксперт Юг. 2023. 17 июля. URL: <https://expertsouth.ru/articles/rynok-truda-na-yuge-rossii-zony-ostrogo-defitsita-i-blagopoluchiya/> (дата обращения: 10.09.2023).

на принимающих территориях. Вместе с тем острые социально-экономические проблемы в ряде регионов вызывают исходящие потоки миграции [5].

Опыт европейских государств показывает, что при выборе принимающей территории мигранты ориентируются на возможности доступа к рабочим местам и общественным услугам. Принимающие территории также находят в миграции положительные стороны, обеспечивая свои экономические и демографические потребности [6]. В ряде работ [7; 8] обращено внимание на важность уровня доходов населения, поскольку это — одна из переменных, которая должна мотивировать миграцию. Степень воздействия факторов на миграцию может различаться в странах и регионах внутри стран [9].

В одном из исследований [10], в частности, показано, что факторы внутренней миграции существенно различаются в регионах России. Экономическое благополучие можно признать важной мотивацией для людей, покидающих или остающихся в регионах. Наблюдаемые в России социально-экономические и демографические тенденции позволяют включить в анализ факторов миграционного прироста населения показа-

тели рождаемости, среднедушевых доходов и напряженности на рынке труда.

Несмотря на множество научных публикаций о проблемах миграции, в том числе на региональном уровне, используемые методы исследования не позволяют изучать последовательные изменения взаимосвязей. Одновременное воздействие многочисленных факторов на потоки миграции порождает латентность в воздействии некоторых из них, а классические методы в ряде случаев оказываются чересчур грубыми для их идентификации. Научный интерес вызывают и изменения в тенденциях миграции, возникающие под воздействием событийных составляющих динамики: различных шоков и кризисов экономической, политической, техногенной, иной природы.

В статье решены одновременно две задачи. Во-первых, авторами поставлена задача изучения факторов и тенденций миграции новыми эконометрическими методами, реализованными на базе сплайн-функций. Во-вторых, исследована эволюция зависимости потоков миграции в контексте событийных составляющих динамики, в частности экономического кризиса 2014 г. и распространения заболеваемости COVID-19 в начале

Динамика показателей миграционного прироста, напряженности на рынке труда, рождаемости и среднедушевых доходов населения в России в 2010, 2015–2021 гг.

Table 2. Dynamics of indicators of migration growth, tension in the labor market, birth rate and average per capita income in Russia in 2010, 2015–2021

Показатель	2010	...	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Миграционный прирост населения, процимилле	19	...	17	18	14	9	19	9	30
Напряженность на рынке труда, безработных на одну вакансию	1.8	...	1	0.9	0.6	0.5	0.5	1.7	0.5
Общий коэффициент рождаемости, процимилле	12.5	...	13.3	12.9	11.5	10.9	10.1	9.8	9.6
Среднедушевые денежные доходы населения в месяц, руб.	18 958	...	30 254	30 865	31 897	33 178	35 506	36 240	40 272

Источник: по данным Росстата.

Корреляция миграционного прироста населения с напряженностью на рынке труда, рождаемостью и среднедушевыми доходами населения в России с 2010 по 2021 г.

Table 3. Correlation of migration growth with labor market tension, birth rate and average per capita income in Russia from 2010 to 2021

	Кол-во безработных на одну вакансию	Кол-во родившихся на 1 000 человек населения	Среднедушевые денежные доходы населения, руб. в месяц
Российская Федерация, процимилле	-0,25	0,13	-0,11

Источник: по данным Росстата.

2020 г. Влияние санкционного макрошока 2022 г. нами пока не рассмотрено, что обусловлено недостаточным объемом необходимых данных. Этот вопрос планируем раскрыть в дальнейших исследованиях.

В целях определения ограничений классической эконометрики нами применены методы корреляционно-регрессионного анализа потоков миграции. Для этого рассмотрен социально-экономический «портрет» России в 2021 г. В среднем по России миграционный прирост населения составил 30 процимилле в условиях относительно низкой напряженности на рынке труда. В среднем в 2021 г. в нашей стране на каждого безработного приходилось две вакансии, что говорит о заметном дефиците рабочей силы, как видно из таблицы 2.

Низкие значения напряженности на рынке труда в России могут быть следствием комплекса взаимосвязанных факторов — низкой рождаемости, малой доли населения в возрасте младше трудоспособного, малой интенсивности естественного пополнения трудовых ресурсов. Ответ на вопрос о том, как влияет динамика численности и изменение возрастной структуры населения на миграционные потоки, вызывает противоречивые суждения. Быстрый рост населения в регионе, по мнению ряда авторов, должен оказывать положительное

влияние на миграционные потоки, предлагая больше экономических возможностей и услуг, а следовательно, привлекая мигрантов [11].

Однако снижение рождаемости в России коррелирует положительно с динамикой миграционного прироста, будучи источником менее интенсивного естественного пополнения трудовых ресурсов. Недостаточная интенсивность естественного пополнения трудовых ресурсов, в свою очередь, порождает дефицит рабочей силы на рынке труда в России. Это определяет направление миграционных потоков из регионов с более высокой напряженностью на рынке труда в регионы, в которых давление на рынок труда естественного пополнения рабочей силы слабее.

Для аргументированного определения наиболее существенного фактора оценим корреляцию значений миграционного прироста населения со значениями напряженности на рынке труда, рождаемости и среднедушевых доходов с 2010 по 2021 г. [12]. Результаты расчетов противоречивы, а значит, не позволяют однозначно интерпретировать возможные корреляции между процессами, как следует из таблицы 3.

Корреляция миграционного прироста населения в России с выбранными факторами оказалась очень слабой: коэффициенты

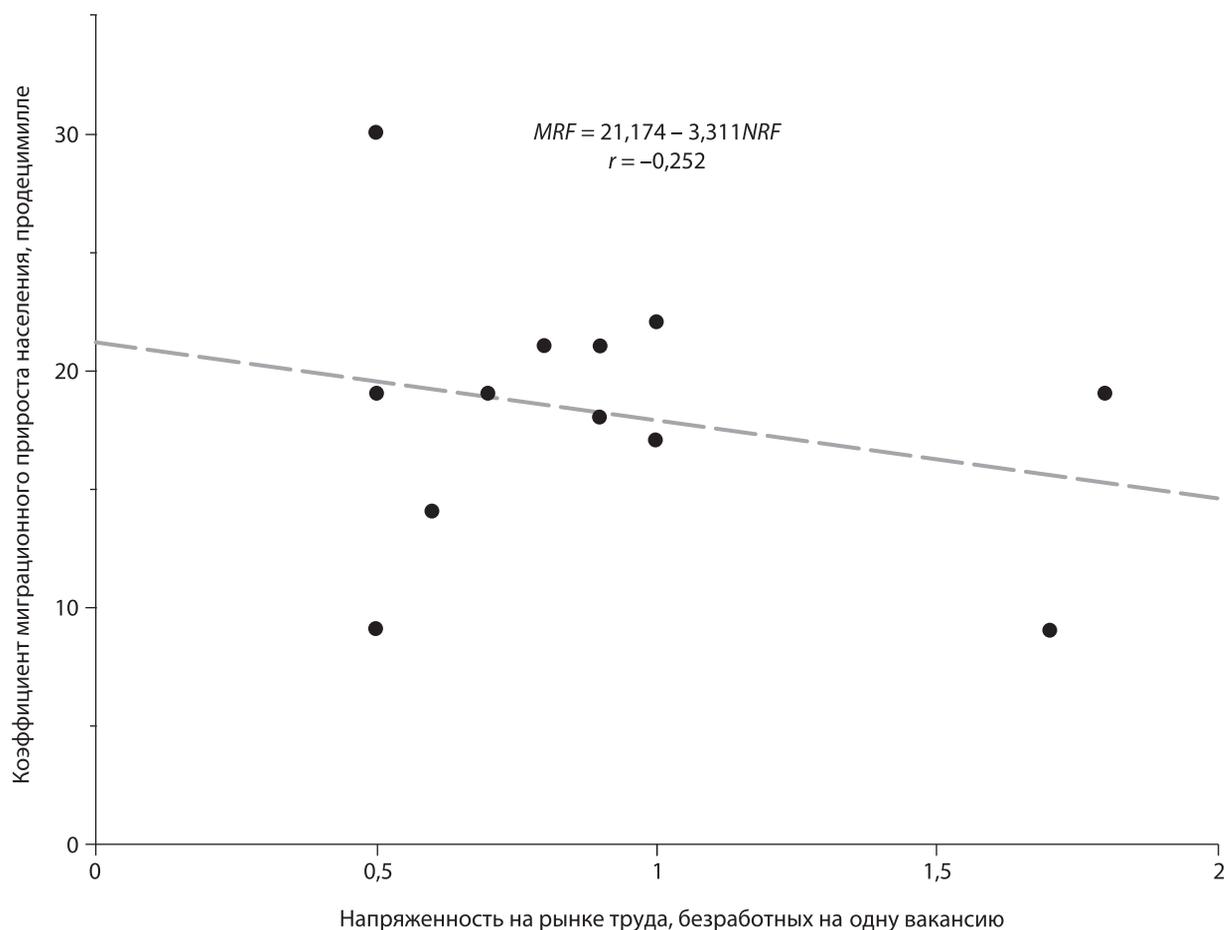


Рис. 1. Взаимосвязь между миграционным приростом населения и напряженностью на рынке труда в России
 Fig. 1. Correlation between migration population growth and labor market tension in Russia

Источник: моделирование проведено Р. Х. Ильясовым.

корреляции со всеми тремя показателями близки к нулю. Данное обстоятельство должно свидетельствовать об отсутствии связи между изменениями сальдо миграции и выбранными факторами. Среди исследуемых факторов выделен показатель напряженности на рынке труда, в частности корреляция миграционного прироста с ним видится наиболее тесной среди выбранных. Это позволяет нам выделить напряженность на рынке труда как фактор, оказывающий основное влияние на динамику миграционного прироста населения в регионах РФ [13], как показано на рисунке 1.

Близость к нулю коэффициентов корреляции может быть объяснена несколькими причинами. Одной из «системных» причин неоднозначности результатов корреляционного анализа может служить алгоритм расчета, сглаживающий или усредняющий динамические изменения тесноты и направления связи внутри выбранного интервала времени. Очевиден тот факт, что степень

взаимного воздействия процессов может изменяться с течением времени, усиливаясь или ослабляясь в различные периоды.

Кратковременное воздействие событийных составляющих динамики способно изменить и направление связи: стать причиной «переключения» регрессии. Например, распространение COVID-19 в 2020 г. послужило событийной составляющей динамики, ограничив трудовую миграцию населения, несмотря на существенное повышение напряженности на региональных рынках труда.

Коэффициент корреляции не позволяет наблюдать локальные изменения связи на фоне внезапных или последовательных изменений конъюнктуры. Этот недостаток характерен и для регрессионных моделей классической эконометрики, описывающих только сглаженную траекторию связи. Построенная модель линейной регрессии $MRF = 21,174 - 3,311NRF$ показывает, что при увеличении напряженности на рынке труда NRF на единицу миграционный при-

рост населения в России MRF в среднем уменьшится на 3,311 процентимилле. Однако при низких значениях коэффициентов корреляции и детерминации построенная модель регрессии не может быть релевантной задачам изучения связи.

Классическая эконометрика предлагает в подобных случаях оценивать изменения связи с помощью корреляционной функции, определяя точки «переключения» регрессии. Однако требования к количеству узловых точек ограничивают эффективность метода для коротких временных рядов. Высокая вариативность динамики потоков миграции заметно ограничивает релевантность сглаженных моделей регрессии задачам наблюдения последовательных изменений связи [14; 15].

Являясь системными, перечисленные ограничения не позволяют изучать взаимосвязи методами классической эконометрической методологии. Принципиально новый в эконометрике подход предлагает методы моделирования динамики и поиска взаимосвязей на математической платформе сплайн-функций [16; 17]. Именно этот

методический аппарат использован в настоящем исследовании.

Результаты и обсуждение

Обращение к сплайн-функциям реализует концептуально новое для эконометрики требование к моделированию динамики: все изменения в экономической динамике описаны с нулевой погрешностью в узловых точках. Интерполяцией кубическим сплайном находим кривую, соединяющую точки исследуемого ряда динамики отрезками полиномов третьей степени. При сплайн-интерполировании получаем гладкие и непрерывные кривые. Непрерывными в узловых точках будут первая и вторая производные кубического сплайна. Интерполяционное поведение кривой кубического сплайна между узловыми точками удовлетворяет требованию минимальной кривизны.

Так, динамика напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения в России аналитически представлена кубическими сплайнами:

$$SPL3_NRF := \begin{cases} 2,785 - 0,985 \times t + 0,185 \times (t-1)^3, & t < 2 \\ 1,860 - 0,430 \times t + 0,555 \times (t-2)^2 - 0,225 \times (t-2)^3, & t < 3 \\ 0,886 + 0,5e - 2 \times t - 0,121 \times (t-3)^2 + 0,16e - 1 \times (t-3)^3, & t < 4 \\ 1,554 - 0,189 \times t - 0,73e - 1 \times (t-4)^2 + 0,161 \times (t-4)^3, & t < 5 \\ -0,49e - 1 + 0,150 \times t + 0,411 \times (t-5)^2 - 0,261 \times (t-5)^3, & t < 6 \\ -0,137 + 0,190 \times t - 0,371 \times (t-6)^2 + 0,82e - 1 \times (t-6)^3, & t < 7 \\ 3,056 - 0,308 \times t - 0,126 \times (t-7)^2 + 0,134 \times (t-7)^3, & t < 8 \\ 1,863 - 0,158 \times t + 0,276 \times (t-8)^2 - 0,219 \times (t-8)^3, & t < 9 \\ 2,847 - 0,261 \times t - 0,379 \times (t-9)^2 + 0,640 \times (t-9)^3, & t < 10 \\ -8,510 + 0,901 \times t + 1,541 \times (t-10)^2 - 1,242 \times (t-10)^3, & t < 11 \\ -1,125 + 0,257 \times t - 2,185 \times (t-11)^2 + 0,728 \times (t-11)^3, & t < 12 \end{cases}$$

$$SPL3_MRF := \begin{cases} -(664\,544/564\,719) \times t^3 + (1\,993\,632/564\,719) \times t^2 + (365\,069/564\,719) \times t + 16, & t < 2 \\ (1\,063\,844/564\,719) \times t^3 - (8\,376\,696/564\,719) \times t^2 + (21\,105\,725/564\,719) \times t - 4\,791\,600/564\,719, & t < 3 \\ -(767\,237/564\,719) \times t^3 + (8\,103\,033/564\,719) \times t^2 - (28\,333\,462/564\,719) \times t + 44\,647\,587/564\,719, & t < 4 \\ (310\,947/564\,719) \times t^3 - (210\,225/24\,553) \times t^2 + (23\,419\,370/564\,719) \times t - 566\,423/13\,133, & t < 5 \\ (652\,887/564\,719) \times t^3 - (9\,964\,275/564\,719) \times t^2 + (49\,064\,870/564\,719) \times t - 67\,098\,689/564\,719, & t < 6 \\ -(1\,242/571) \times t^3 + (23\,897\,775/564\,719) \times t^2 - (154\,107\,430/564\,719) \times t + 339\,245\,911/564\,719, & t < 7 \\ -(257\,287/564\,719) \times t^3 + (81\,528/13\,133) \times t^2 - (11\,362\,933/564\,719) \times t + 6\,175\,418/564\,719, & t < 8 \\ (4\,516\,362/564\,719) \times t^3 - (111\,061\,872/564\,719) \times t^2 + (905\,177\,675/564\,719) \times t - 2\,437\,932\,870/564\,719, & t < 9 \\ -(8\,772\,657/564\,719) \times t^3 + (247\,741\,641/564\,719) \times t^2 - (2\,324\,053\,942/564\,719) \times t + 7\,249\,761\,981/564\,719, & t < 10 \\ (10\,809\,101/564\,719) \times t^3 - (339\,711\,099/564\,719) \times t^2 + (3\,550\,473\,458/564\,719) \times t - 12\,331\,996\,019/564\,719, & t < 11 \\ -(5\,663\,078/564\,719) \times t^3 + (203\,870\,808/564\,719) \times t^2 - (2\,428\,927\,519/564\,719) \times t + 9\,592\,474\,230/564\,719, & t < 12 \end{cases}$$

где $SPL3$ — кубический сплайн;

NRF — напряженность на рынке труда, безработных на одну вакансию;

MRF — миграционный прирост населения, процентимилле.

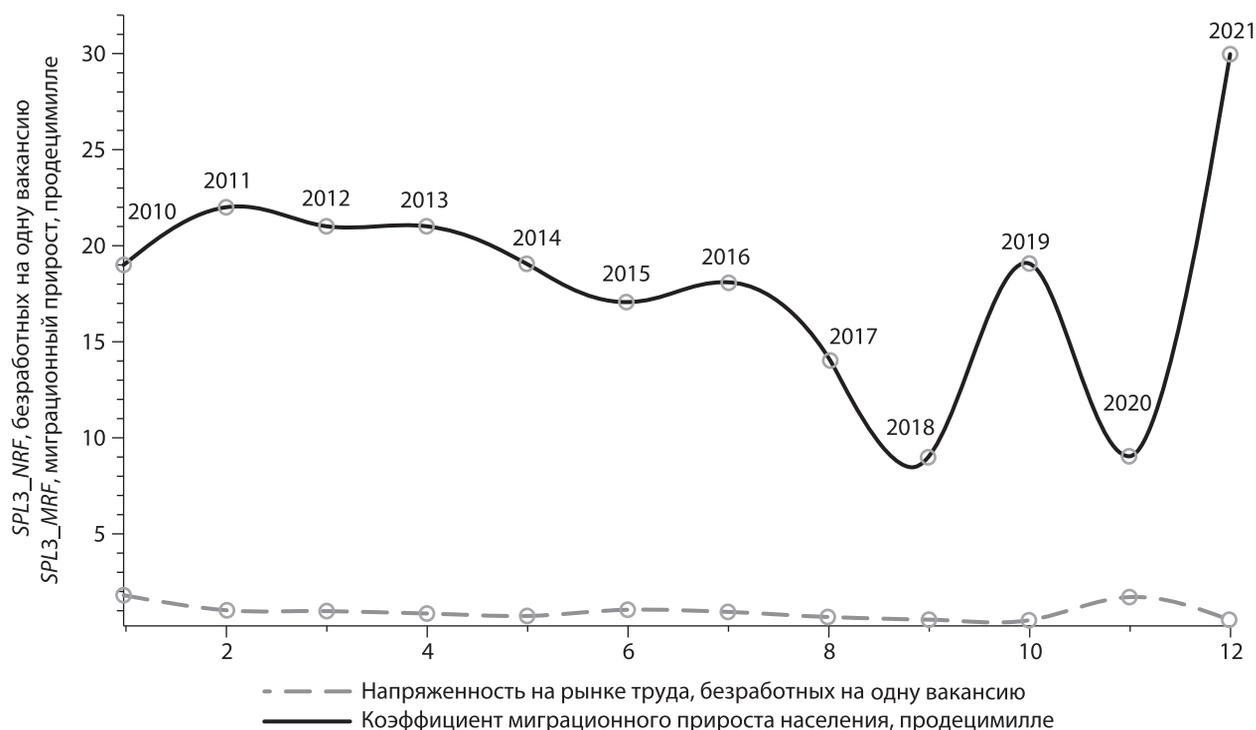


Рис. 2. Сплайн-модели динамики напряженности на рынке труда и коэффициента миграционного прироста в среднем по России

Fig. 2. Spline models of the dynamics of labor market tension and migration growth rate in Russia on average

Источник: моделирование проведено Р. Х. Ильясовым.

Каждая из сплайн-интерполяционных моделей динамики напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения в России за 12 лет состоит из 11 полиномов третьей степени, которые «сшивают» в узловых точках процесса в кусочно-непрерывную модель. Кубические сплайны занимают особое место среди различных типов интерполирующих функций. Решая практически важную задачу о проведении гладкой кривой через заданные узловые точки, кусочно-кубическая функция с двумя непрерывными производными становится в исследовании инструментом анализа корреляции между ускорениями и замедлениями экономических процессов. Решение подобной задачи приведено на рисунке 2.

В настоящее время кубическая сплайн-интерполяция служит полезным инструментом математического моделирования кривых и поверхностей сложной геометрической формы в авиастроении, судостроении, производстве гидротурбин и многих других областях науки и техники. Посредством сплайн-моделирования экономической динамики достигают непрерывного, последовательного описания эволюции взаимос-

вязей между процессами, учитывающего даже малые изменения процессов в узловых точках [18].

Построенные при интерполировании кубическими сплайнами модели демонстрируют последовательные изменения в динамике напряженности на рынке труда и миграционного прироста в России. Кривые сплайн-моделей показывают, что сохраняется положительное сальдо миграции в России на протяжении исследуемого интервала времени. Напряженность на рынке труда остается на относительно низком уровне, стимулируя положительный миграционный прирост населения.

По сравнению с изменениями сальдо миграции, колебания напряженности на рынке труда происходят внутри малого диапазона. Это затрудняет качественный анализ взаимосвязи между процессами. Стоит вспомнить и расчеты коэффициента корреляции между показателями: его величина составила $-0,25$. Слабая вариативность факторного признака, несмотря на обоснованные качественные предпосылки, не обнаруживает количественными методами заметное воздействие на резуль- тативный признак.

Непрерывность построенных сплайн-моделей позволяет выполнить переход от сравнения абсолютных изменений к поиску взаимосвязей между тенденциями экономических процессов (между колебаниями скорости роста) дифференцированием. Сохранение даже малых изменений показателя в сплайн-моделях, интерполирующих динамику с нулевой погрешностью в узловых точках, избавляет поиск корреляций в колебаниях скорости роста от искажений.

В исследовании взаимосвязей применим новый подход, предлагающий искать кор-

реляцию между колебаниями скорости роста колебаний. «Латентные» для методов классической эконометрики взаимосвязи могут быть обнаружены в ускорениях и замедлениях роста результативной переменной под воздействием факторов. Тем самым осуществляется переход от поиска корреляций между экономическими показателями (между $SPL3_NRF$ и $SPL3_MRF$) к поиску корреляций между первыми производными ($D1_SPL3_NRF$ и $D1_SPL3_MRF$) — колебаниями скорости роста:

$$D1_SPL3_NRF := \begin{cases} -0,985 + 0,555 \times (t - 1,000)^2, & t < 2 \\ -2,651 + 1,110 \times t - 0,676 \times (t - 2,000)^2, & t < 3 \\ 0,729 - 0,241 \times t + 0,48e^{-1} \times (t - 3,000)^2, & t < 4 \\ 0,392 - 0,145 \times t + 0,484 \times (t - 4,000)^2, & t < 5 \\ -3,960 + 0,822 \times t - 0,782 \times (t - 5,000)^2, & t < 6 \\ 4,643 - 0,742 \times t + 0,245 \times (t - 6,000)^2, & t < 7 \\ 1,461 - 0,253 \times t + 0,403 \times (t - 7,000)^2, & t < 8 \\ -4,581 + 0,553 \times t - 0,656 \times (t - 8,000)^2, & t < 9 \\ 6,568 - 0,759 \times t + 1,921 \times (t - 9,000)^2, & t < 10 \\ -29,922 + 3,082 \times t - 3,726 \times (t - 10,000)^2, & t < 11 \\ 48,333 - 4,371 \times t + 2,185 \times (t - 11,000)^2, & t < 12 \end{cases}$$

$$D1_SPL3_MRF := \begin{cases} -(1\,993\,632/564\,719) \times t^2 + (3\,987\,264/564\,719) \times t + 365\,069/564\,719, & t < 2 \\ (3\,191\,532/564\,719) \times t^2 - (16\,753\,392/564\,719) \times t + 21\,105\,725/564\,719, & t < 3 \\ -(2\,301\,711/564\,719) \times t^2 + (16\,206\,066/564\,719) \times t - 28\,333\,462/564\,719, & t < 4 \\ (932\,841/564\,719) \times t^2 - (420\,450/24553) \times t + 23\,419\,370/564\,719, & t < 5 \\ (1\,958\,661/564\,719) \times t^2 - (19\,928\,550/564\,719) \times t + 49\,064\,870/564\,719, & t < 6 \\ -(3\,726/571) \times t^2 + (47\,795\,550/564\,719) \times t - 154\,107\,430/564\,719, & t < 7 \\ -(771\,861/564\,719) \times t^2 + (163\,056/13\,133) \times t - 11\,362\,933/564\,719, & t < 8 \\ (13\,549\,086/564\,719) \times t^2 - (222\,123\,744/564\,719) \times t + 905\,177\,675/564\,719, & t < 9 \\ -(26\,317\,971/564\,719) \times t^2 + (495\,483\,282/564\,719) \times t - 2\,324\,053\,942/564\,719, & t < 10 \\ (32\,427\,303/564\,719) \times t^2 - (679\,422\,198/564\,719) \times t + 3\,550\,473\,458/564\,719, & t < 11 \\ -(16\,989\,234/564\,719) \times t^2 + (407\,741\,616/564\,719) \times t - 2\,428\,927\,519/564\,719, & t < 12 \end{cases}$$

Наблюдение производной гораздо точнее, чем наблюдение показателя — это свойство эффективно используется и в PID -управлении [19]. Дифференцируемость сплайн-моделей, кривые которых проходят через узловые точки процессов с нулевой погрешностью, становится для анализа тенденций неотъемлемым свойством. Известная в физике интерпретация первой производной аналитической модели движения как мгновенной скорости движения в экономике находит описание как мгновенная скорость изменений процесса [20].

Достижение сплайн-моделированием нулевой погрешности в узловых точках позволит искать корреляции в реальных ускорениях и замедлениях роста миграционного прироста, напряженности на рынке труда в полученных дифференцированием моделях мгновенной скорости, как показано на рисунке 3. При дифференцировании построенных кубическими сплайнами моделей динамики нами получены модели тенденций, то есть мгновенной скорости роста напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения в России. Корреляция



Рис. 3. Тенденции (мгновенная скорость роста) напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения в России

Fig. 3. Trends (instantaneous growth rate) of labor market tension and migration growth rate in Russia

Источник: моделирование проведено Р. Х. Ильясовым.

между ускорениями роста напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения в России оказалась теснее корреляции абсолютных значений. Так, коэффициент корреляции между колебаниями мгновенной скорости роста в исследуемом интервале времени равен 0.77.

Кривые первой производной не только более «рельефно» описывают даже малые изменения в динамике показателей, но и однозначно определяют направления изменений по знаку производной. При «чтении» графиков следует помнить и о том, что в точках пересечения кривых первой производной с осью абсцисс определяют экстремумы, то есть точки, в которых значения показателей максимальны или минимальны. В колебаниях тенденций можно искать и реакции на воздействия «событийных составляющих» в изучаемой динамике — *unusual events*.

Термин «*unusual events*» описан в литературе [21] как «совокупность результатов воздействия неординарных событий на динамику показателя». Сплайн-анализ позволяет решить задачу исследования изменений параметров взаимосвязи между

процессами под влиянием ряда «событий». Классические модели связи со стабильной структурой описывают реакции резуль- тативного показателя гладкой мономоделью, абстрагируясь от воздействия «событийных составляющих» в динамике факторов. Такой подход предполагает инерционность, невозможность существенного изменения тесноты и направления связи внутри малых интервалов времени.

Напротив, предлагаемые модели с переменной структурой на базе сплайн-функций учитывают все изменения в динамике резуль- тативного показателя и факторов, в том числе и воздействие «выбросов». При построении модели связи с переменной структурой необходимы предпосылки относительно наличия или отсутствия «переключений» регрессии. При появлении существенных «событийных составляющих» в динамике исследуемых процессов возникает задача выявления времени и характера воздействия «событий» на тесноту и направление связи.

Для идентификации областей или точек возникновения структурных изменений связи

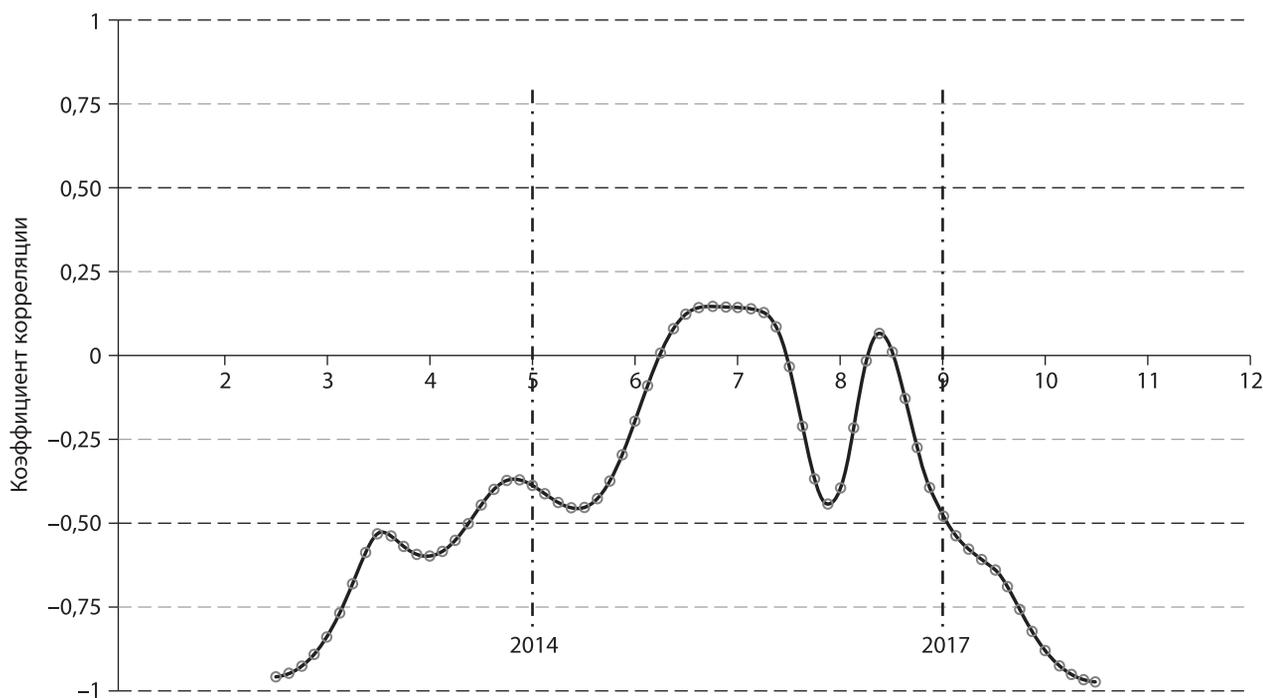


Рис. 4. Определение точек «переключения» регрессии между колебаниями скорости роста напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения в России по корреляционной функции
 Fig. 4. Determination of regression "switching" points between fluctuations in the growth rate of tension on the labor market and migration growth rate in Russia according to the correlation function

Источник: моделирование проведено Р. Х. Ильясовым.

возможны два подхода. Во-первых, время появления реакции процесса на воздействие «события» неизвестно, точки «переключения» регрессии необходимо найти, например, с помощью корреляционной функции, как видно на рисунке 4.

Для построения корреляционной функции интерполированы дополнительные точки с интервалом 0,125. Базой для расчета коэффициента корреляции выбран интервал, содержащий 25 интерполированных точек. Последовательно смещая базу данных для расчета, нами получена корреляционная функция зависимости между колебаниями скорости роста напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения в России.

По кривой корреляционной функции обнаружены изменения в тесноте и направлении связи между двумя процессами. Значение коэффициента корреляции, близкое по абсолютной величине к 0,5, можно выбрать уровнем, на котором происходит «переключение» регрессии. В начале исследуемого интервала времени колебания скорости роста коррелируют отрицательно и тесно: коэффициент корреляции близок к -1 . В дальнейшем наблюдаем ослабление связи: с 2014 по 2017 г. значения коэффи-

циента корреляции изменяются в диапазоне от $-0,5$ до $0,125$, что можно интерпретировать как исчезновение связи.

С 2017 г. обратная зависимость скорости роста миграционного прироста населения от скорости роста напряженности на рынке труда усиливается. Идентификацию точек «переключения» регрессии по корреляционной функции выполняем с некоторым приближением, зависящим от выбранного диапазона данных. В нашем случае база расчета включает в себя четыре года, а полученное значение коэффициента корреляции соответствует середине выбранного интервала. Расчет каждого нового коэффициента корреляции выполнен смещением базы данных вправо на 0,125.

Расчеты показали вариативность тесноты и направления связи, определяя три интервала с различными параметрами связи:

- с 2010 по 2014 г. — тесная обратная связь;
- с 2014 по 2017 г. — отсутствие значимой связи;
- с 2017 по 2021 г. — тесная обратная связь.

Другой подход позволяет, априори зная время наступления «событий», задавать



Рис. 5. Первые производные сплайн-моделей. Структурно-вариативная взаимосвязь между тенденциями роста напряженности на рынке труда и коэффициента миграционного прироста в России

Fig. 5. First derivatives of spline models. Structure-variant relationship between the trends in the growth rate of tension in the labor market and migration growth rate in Russia

Источник: моделирование проведено Р. Х. Ильясовым.

точки возможного «переключения» регрессии и оценивать изменения в характере связи в интервалах между так называемыми событиями. В исследуемом интервале времени можно выделить два явления, которые могли привести к существенным изменениям экономической конъюнктуры. К этим явлениям отнесены экономический кризис 2014 г. и начало пандемии COVID-19.

Первое «событие» совпадает с «переключением» регрессии в 2014 г., выявленным по корреляционной функции, как видно на рисунке 4. Начало воздействия второго «события» по природе возникновения определено априори: конец 2019 г. или начало 2020 г. Это позволяет нам оценивать корреляцию между тенденциями процессов внутри трех интервалов (с 2010 по 2014 г., с 2014 по 2019 г., с 2019 по 2021 г.), внутри которых корреляция скорости роста показателей может быть различной [22].

Для количественного определения тесноты связи внутри полученных интервалов времени рассчитаем коэффициенты корреляции между сгенерированными точками

сплайн-интерполяционных кривых. Свойство сплайнов восстанавливать пропущенные или генерировать дополнительные точки становится эффективным при поиске взаимосвязей в рядах динамики разной длины и с небольшим количеством точек [23].

Расчет коэффициента корреляции между тенденциями (мгновенной скоростью роста) напряженности на рынке труда и сальдо миграции в России в 2010–2014 гг. обнаруживает тесную обратную связь ($r = -0.93$): с ускорением роста напряженности на рынке труда замедляется скорость миграционного прироста населения. С 2014 г. корреляция между процессами практически не проявляется: с началом экономического кризиса значение коэффициента корреляции приблизилось к нулю ($r = -0.09$), демонстрируя отсутствие связи между колебаниями скорости роста напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения.

С началом пандемии COVID-19 прослеживаются выраженные асинхронные колебания кривых скорости роста. В этот период заметно возрастает скорость роста

напряженности на рынке труда и падает скорость миграционного прироста населения в России. В 2021 г., после снижения ограничений на перемещение населения, рынок отреагировал всплеском миграционного прироста населения и быстрым падением напряженности на рынке труда. В интервале с 2019 по 2021 г. колебания скорости роста напряженности на рынке труда и миграционного прироста населения проявили тесную обратную связь. В частности, коэффициент корреляции приближен к максимальному значению $r = -0,99$, как показано на рисунке 5.

Выводы и направление дальнейших исследований

Как показывает теория и практика регионального развития, миграционные процессы оказывают существенное влияние не только на экономическую, но и на социальную компоненту региональной системы. Особенно возрастает значимость миграционного фактора в периоды неустойчивого, турбулентного развития экономики. Именно такой период наблюдается сегодня. Это дает основание рассматривать миграцию как один из важнейших факторов устойчивости региональных экономических систем.

Примененный в работе метод сплайн-анализа взаимосвязей позволил глубже изучить закономерности миграционного прироста населения в России. Анализ показал, что изменения напряженности на рынке труда служат наиболее существенным фактором миграционного прироста населения. Если в динамике абсолютных показателей взаимосвязь имела латентный

характер, то в динамике тенденций (колебаний скорости роста) корреляция оказалась намного теснее.

Аналитический потенциал сплайн-функций становится полезным и при изучении реакции процессов на воздействие «событийных составляющих» динамики. Сплайны выступают эффективным инструментом для решения самых разнообразных задач аппроксимации функций, они оказались более точными, чем классические методы, моделирующие взаимосвязи сглаживающими регрессионными функциями [24].

Обращение к производным обнаружило значимые для анализа взаимосвязей достоинства сплайн-интерполяционных моделей. Во-первых, преобразование сплайн-моделей в модели скорости роста оказалось эффективным при выявлении латентных корреляций между процессами [25]. Во-вторых, точность моделирования процессов сплайнами сохранила информацию обо всех колебаниях скорости роста, что позволило искать корреляции в тенденциях (скорости роста). В-третьих, свойство сплайнов генерировать дополнительные точки процесса предоставило возможность выявлять «переключения» регрессии и оценивать корреляцию внутри временных отрезков различной длины.

В качестве направления дальнейшего исследования авторами рассмотрено использование научно-методического аппарата сплайн-моделирования применительно к миграционным процессам и состоянию рынков труда ряда территорий, в том числе с учетом новых данных, характеризующих региональную социальную, демографическую и экономическую динамику по итогам 2022 г.

Список источников

1. Дифференциация регионов в соответствии с фазами развития: модифицированная методика оценки структурного цикла / Ю. В. Вертакова, М. Г. Клевцова, Ю. С. Положенцева, А. С. Некипелова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2015. № 3. С. 15–19.
2. Гришков В. Ф. Воздействие политико-экономической турбулентности на экономику региона (на материалах Ленинградской области) // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2022. № 4. С. 88–95.
3. Плотников В. А. Перспективы экономического развития в условиях постнормальности // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2022. № 6. С. 15–21.
4. Сметшко О. Г., Плотников В. А., Вертакова Ю. В. Государственная инвестиционная политика как инструмент преодоления угроз национальной экономической безопасности, вызванных антироссийскими санкциями // Экономика и управление. 2023. Т. 29. № 7. С. 747–762. DOI: 10.35854/1998-1627-2023-7-747-762
5. Пруель Н. А., Липатова Л. Н., Градусова В. Н. Миграция в современной России: масштабы, основные направления и проблемы // Регионоведение. 2020. Т. 28. № 1. С. 133–158. DOI: 10.15507/24131407.110.028.202001.133-158

6. Потемкина О. Ю. Многоуровневое управление миграцией в Европейском Союзе // Современная Европа. 2020. № 2. С. 100–110. DOI: 10.15211/soveurope22020100110
7. Ventivogli C., Pagano P. Regional disparities and labour mobility: The Euro-11 versus the USA // Labour. 1999. Vol. 13. No. 3. P. 737–760. DOI: 10.1111/1467-9914.00113
8. Furceri D. Does labour respond to cyclical fluctuations? The case of Italy // Applied Economics Letters. 2006. Vol. 13. No. 3. P. 135–139. DOI: 10.1080/13504850500392925
9. Crozet M. Do migrants follow market potentials? An estimation of a new economic geography model // Journal of Economic Geography. 2004. Vol. 4. No. 4. P. 439–458. DOI: 10.1093/jnlecg/lbh029
10. Sardadvar S., Vakulenko E. Interregional migration within Russia and its East-West divide: Evidence from spatial panel regressions // Review of Urban & Regional Development Studies. 2016. Vol. 28. No. 2. P. 123–141. DOI: 10.1111/rurd.12050
11. Combes P.-P., Mayer T., Thisse J.-F. Economic geography: The integration of regions and nations. Princeton: Princeton University Press, 2008. 399 p.
12. Регионы России. Социально-экономические показатели 2022: стат. сб. М.: Росстат. 2022. 1124 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf (дата обращения: 15.09.2023).
13. Демографические тенденции как фактор напряженности на рынке труда в Чеченской Республике / Р. Х. Ильясов, З. В. Алиев, М. А. Хамзаева, Т. Р. Ильясов // Вектор экономики: электрон. науч. журнал. 2020. № 10. С. 30. URL: http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2020/10/regionaleconomy/Ilyasov_Khamzayeva_Aliev_Ilyasov.pdf (дата обращения: 15.09.2023).
14. Кулькова И. А. Влияние пандемии коронавируса на демографические процессы в России // Human Progress: электрон. науч. журнал. 2020. Т. 6. № 1. С. 5. DOI: 10.34709/IM.161.5
15. Денисенко М. Б., Мукомель В. И. Трудовая миграция в России в период коронавирусной пандемии // Демографическое обозрение. 2020. Т. 7. № 3. С. 84–107. DOI: 10.17323/demreview.v7i3.11637
16. Винтизенко И. Г., Ильясов Р. Х. Новая эконометрика. Ставрополь: Агрус, 2018. 478 с.
17. Ilyasov R. H. About the method of analysis of economic correlations by differentiation of spline models // Modern Applied Science. 2014. Vol. 8. No. 5. P. 197–203. DOI: 10.5539/mas.v8n5p197
18. Methods of “new econometrics” in study of interrelations with variable structure / R. Kh. Ilyasov, V. S. Yakovenko, T. D. Maljutina [et al.] // Social and cultural transformations in the context of modern globalism (SCTCMG 2018). (Groznyi, 01-03 November, 2018) / ed. D. K. Bataev. London: Future Academy, 2019. P. 497–504. (European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. Vol. 58). DOI: 10.15405/epsbs.2019.03.02.57
19. Piraisoodi T., Maria Siluvairaj W. I., Kappuva M. A. K. Multi-objective robust fuzzy fractional order proportional-integral-derivative controller design for nonlinear hydraulic turbine governing system using evolutionary computation techniques // Expert Systems. 2019. Vol. 36. No. 2. Article e12366. DOI: 10.1111/exsy.12366
20. Ильясов Р. Х. О многоаспектной роли производных в анализе и моделировании экономических потоков // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2019. Т. 60. № 4. С. 36–42.
21. Бессонов В. А. Введение в анализ российской макроэкономической динамики переходного периода. М.: Ин-т экономики переходного периода, 2003. 151 с.
22. Ильясов Р. Х. Сплайн-моделирование и анализ взаимосвязей в экономике при возможном наличии точек переключения регрессии // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 4. С. 165–175. DOI: 10.18721/JE.11412
23. Сплайн-функции в экономико-статистических исследованиях: сб. ст. / отв. ред. Б. Б. Розин. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1987. 203 с.
24. De Boor C. A practical guide to splines. New York: Springer-Verlag, 2001. 366 p. (Applied Mathematical Sciences. Vol. 27).
25. Ильясов Р. Х. «Латентные» корреляции потоков в экономике: сплайн-анализ // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2021. № 1. С. 35–41.

References

1. Vertakova Yu.V., Klevtsova M.G., Polozhentseva Yu.S., Nekipelova A.S. Differentiation of regions according to the phases of development: The modified method of the structural cycle evaluation. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2015;(3):15-19. (In Russ.).
2. Griskov V.F. Impact of political and economic turbulence on the regional economy (by the materials of the Leningrad region). *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2022;(4):88-95. (In Russ.).

3. Plotnikov V.A. Prospects for economic development under postnormal conditions. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2022;(6):15-21. (In Russ.).
4. Smeshko O.G., Plotnikov V.A., Vertakova Yu.V. State investment policy as a tool to overcome threats to national economic security caused by anti-Russian sanctions. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(7):747-762. (In Russ.). DOI: 10.35854/1998-1627-2023-7-747-762
5. Pruel N.A., Lipatova L.N., Gradusova V.N. Migration in modern Russia: Scope, main directions and problems. *Regionologiya = Regionology: Russian Journal of Regional Studies*. 2020;28(1):133-158. (In Russ.). DOI: 10.15507/24131407.110.028.202001.133-158
6. Potemkina O.Yu. Multilevel governance of the EU migration policy. *Sovremennaya Evropa = Contemporary Europe*. 2020;(2):100-110. (In Russ.). DOI: 10.15211/soveurope2020100110
7. Bentivogli C., Pagano P. Regional disparities and labour mobility: The Euro-11 versus the USA. *Labour*. 1999;13(3):737-760. DOI: 10.1111/1467-9914.00113
8. Furceri D. Does labour respond to cyclical fluctuations? The case of Italy. *Applied Economics Letters*. 2006;13(3):135-139. DOI: 10.1080/13504850500392925
9. Crozet M. Do migrants follow market potentials? An estimation of a new economic geography model. *Journal of Economic Geography*. 2004;4(4):439-458. DOI: 10.1093/jnlecg/lbh029
10. Sardadvar S., Vakulenko E. Interregional migration within Russia and its East-West divide: Evidence from spatial panel regressions. *Review of Urban & Regional Development Studies*. 2016;28(2):123-141. DOI: 10.1111/rurd.12050
11. Combes P.-P., Mayer T., Thisse J.-F. Economic geography: The integration of regions and nations. Princeton, NJ: Princeton University Press; 2008. 399 p.
12. Regions of Russia. Socio-economic indicators 2022: Stat. coll. Moscow: Rosstat; 2022. 1124 p. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf (accessed on 15.09.2023). (In Russ.).
13. Ilyasov R.H., Aliev Z.V., Khamzayeva M.A., Ilyasov T.R. Demographic trends as a factor of tension in the labor market in the Chechen Republic. *Vektor ekonomiki*. 2020;(10):30. URL: http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2020/10/regionaleconomy/Ilyasov_Khamzayeva_Aliev_Ilyasov.pdf (accessed on 15.09.2023). (In Russ.).
14. Kulkova I. The coronavirus pandemic influence on demographic processes in Russia. *Human Progress*. 2020;6(1):5. DOI: 10.34709/IM.161.5
15. Denisenko M., Mukomel V. Labour migration in Russia during the coronavirus pandemic. *Demograficheskoe obozrenie = Demographic Review*. 2020;7(3):84-107. (In Russ.). DOI: 10.17323/demreview.v7i3.11637
16. Vintizenko I.G., Ilyasov R.H. New econometrics. Stavropol: Agrus; 2018. 478 p. (In Russ.).
17. Ilyasov R.H. About the method of analysis of economic correlations by differentiation of spline models. *Modern Applied Science*. 2014;8(5):197-203. DOI: 10.5539/mas.v8n5p197
18. Ilyasov R.Kh., Yakovenko V.S., Malyutina T.D. et al. Methods of "new econometrics" in study of interrelations with variable structure. In: Bataev D.K., ed. Social and cultural transformations in the context of modern globalism (SCTCMG 2018). (Groznyi, 01-03 November, 2018). London: Future Academy; 2019:497-504. (European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. Vol. 58). DOI: 10.15405/epsbs.2019.03.02.57
19. Piraisoodi T., Maria Siluvairaj W.I., Kappuva M.A.K. Multi objective robust fuzzy fractional order proportional-integral-derivative controller design for nonlinear hydraulic turbine governing system using evolutionary computation techniques. *Expert Systems*. 2019; 36(2):e12366. DOI: 10.1111/exsy.12366
20. Ilyasov R.H. On the multidimensional role of derivatives in the analysis and modeling of economic flows. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie = Modern High Technologies. Regional Application*. 2019;60(4):36-42. (In Russ.).
21. Bessonov V.A. Introduction to the analysis of Russian macroeconomic dynamics of the transition period. Moscow: Institute of Economics in Transition; 2003. 151 p. (In Russ.).
22. Ilyasov R.H. Spline-modeling and analysis of interactions in the economy with the possible presence of switching points of regression. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki = St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2018;11(4):165-175. (In Russ.). DOI: 10.18721/JE.11412
23. Rozin B.B., ed. Spline functions in economic and statistical research: Coll. pap. Novosibirsk: Nauka; 1987. 203 p. (In Russ.).
24. De Boor C. A practical guide to splines. New York: Springer-Verlag, 2001. 366 p. (Applied Mathematical Sciences. Vol. 27).
25. Ilyasov R.H. "Latent" correlations of flows in the economy: Spline analysis. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2021;(1):35-41. (In Russ.).

Сведения об авторах

Олег Григорьевич Смешко

доктор экономических наук, доцент, ректор
Санкт-Петербургский университет технологий
управления и экономики
190020, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр.,
д. 44а

Руслан Хизраилевич Ильясов

доктор экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой учета, анализа и аудита
в цифровой экономике
Чеченский государственный университет
имени А. А. Кадырова
364024, Грозный, А. Шерипова ул., д. 32

Владимир Александрович Плотников

доктор экономических наук, профессор,
профессор кафедры общей экономической теории
и истории экономической мысли¹,
главный научный сотрудник²

¹ Санкт-Петербургский государственный
экономический университет

191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова,
д. 30-32

² Санкт-Петербургский университет технологий
управления и экономики

190020, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр.,
д. 44а

Поступила в редакцию 08.11.2023
Прошла рецензирование 30.11.2023
Подписана в печать 08.12.2023

Information about the authors

Oleg G. Smeshko

D.Sc. in Economics, Associate Professor, rector
St. Petersburg University of Management
Technologies and Economics
44A Lermontovskiy Ave., St. Petersburg 190020,
Russia

Ruslan Kh. Ilyasov

D.Sc. in Economics, Associate Professor,
Head of the Department of Accounting, Analysis
and Audit in the Digital Economy
Kadyrov Chechen State University

32 Sheripova st., Grozny, 364024, Russia

Vladimir A. Plotnikov

D.Sc. in Economics, Professor, Professor
at the Department of General Economic Theory
and the History of Economic Thought¹,
chief researcher²

¹ St. Petersburg State University of Economics

30-32 emb. Griboedov Canal, St. Petersburg
191023, Russia

² St. Petersburg University of Management
Technologies and Economics

44A Lermontovskiy Ave., St. Petersburg 190020,
Russia

Received 08.11.2023
Revised 30.11.2023
Accepted 08.12.2023

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest
related to the publication of this article.