

Научная статья

УДК 519.2; 314.7

DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.02.06.010

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

**Роман Александрович Жуков¹, Светлана Васильевна Прокопчина²,
Надежда Олеговна Козлова³, Мария Александровна Плинская⁴,
Мария Анатольевна Желуница⁵, Маргарита Анатольевна Королева⁶**
^{1, 3, 4, 5, 6} Тульский филиал Финансового университета

при Правительстве Российской Федерации

² Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

¹ pluszh@mail.ru

² svprokopchina@mail.ru

³ 95kno@mail.ru

⁴ maria.plinskaya@gmail.com

⁵ maria202001@yandex.ru

⁶ ritakoroleva48@mail.ru

Аннотация. Цель настоящего исследования – построение моделей связи числа прибывших и числа выбывших, являющихся составляющими миграционного прироста (убыли) населения, в зависимости от социально-экономических факторов, характеризующих специфику Тульской области.

Ключевые слова: число прибывших, число выбывших, региональная специфика, модель, интегральный фактор.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Правительства Тульской области (договор от 27.09.2023 № ДС/123).

Для цитирования: Жуков Р. А., Прокопчина С. В., Козлова Н. О. и др. Моделирование миграционных процессов в Тульской области // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. № 2. Т. 6. С. 80–87; <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.02.06.010>

Original article

Economic and social development of the regions

MODELING OF MIGRATION PROCESSES IN THE TULA REGION

Roman A. Zhukov¹, Svetlana V. Prokopchina², Nadezhda O. Kozlova³,
Maria A. Plinskaya⁴, Maria A. Zhelunitsina⁵, Margarita A. Koroleva⁶
^{1, 3, 4, 5, 6} Tula Branch of the Financial University under the Government

of the Russian Federation

² Financial University under the Government of the Russian Federation

¹ pluszh@mail.ru

² svprokopchina@mail.ru

³ 95kno@mail.ru

⁴ maria.plinskaya@gmail.com

© Жуков Р. А., Прокопчина С. В., Козлова Н. О., Плинская М. А., Желуница М. А., Королева М. А., 2024

⁵ maria202001@yandex.ru⁶ ritakoroleva48@mail.ru

Abstract. The aim of this study is to build models of the relationship between the number of arrivals and the number of departures, which are components of the migration increase (decrease) of the population, depending on socio-economic factors characterizing the specifics of the Tula region.

Keywords: number of arrivals, number of departures, regional specifics, model, integral factor.

Financial Support. This research was carried out with a grant from the Government of the Tula Region (agreement dated September 27, 2023 No. DS/123).

For citation: Zhukov R. A., Prokopchina S. V., Kozlova N. O. et al. (2024) Modeling of migration processes in the Tula region. *Ekonomika i upravlenie: problemy resheniya*. 2024. Vol. 6. No. 2. P. 80-87; <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.02.06.010>

Введение. Миграционные процессы, влияющие на численность населения, социально-экономический потенциал региона и являющиеся одними из источников формирования трудовых ресурсов, обусловлены различными факторами, включая экономические, социальные, политические и экологические. На международном уровне миграционные потоки все больше усиливаются. Это подтверждается множеством исследований, проведенных такими организациями, как Лаборатория миграционных исследований [8], Международная организация по миграции [21], Институт демографии имени А. Г. Вишневского [11], Фонд ООН в области народонаселения (ЮНФПА) [22].

Существует множество моделей и методов моделирования миграции, связанных с другими демографическими процессами [7]. Среди них гравитационные модели [3], регрессионные модели [19; 24], имитационные модели [2], агент-ориентированные модели [9], которые основаны на таких методах, как компонентный [20], факторный [4], регрессионный анализ [18], метод клеточных автоматов [17]. Подробный обзор исследований, посвященных миграционным процессам, представлен в работе Е. Б. Олейник, Н. В. Ивашиной, Ю. Д. Шмидта [10]. Однако применение каждого из методов не гарантирует получение качественных значений на выходе, поскольку миграционные процессы уникальны для каждой территориальной единицы, в том числе в Тульской области.

Таким образом, целью настоящего исследования является построение моделей числа прибывших и числа выбывших с учетом региональной специфики Тульской области.

Методология и информационная база исследования.

Методология основана на построении регрессионных моделей связи между показателями миграции и факторов (существенных) – особенностей состояния Тульской области. Методология включает следующие этапы:

1. Отбор факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на результирующие признаки, на основе оценок корреляционной зависимости между ними.

2. Формирование моделей различных функциональных форм и выбор лучших из них на основании проверки адекватности с использованием статистических критериев. Отметим, что в случае наличия нескольких существенных факторов и их включения в модели для обеспечения адекватности приходится «жертвовать» некоторыми из них, что приводит к потере учета влияния факторов, значимых как со статистической, так и с качественной точки зрения.

3. Для возможного учета нескольких факторов предложено использовать интегральные характеристики, агрегация которых осуществляется посредством квадратичной свертки с учетом коэффициентов корреляции между ними по формуле, аналогичной свертке при получении интегральных показателей результативности [5]:

$$x_k^0 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} x_{k,i}^0 * x_{k,j}^0 * r_{k,i,j}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} r_{k,i,j}}}, \quad (1)$$

где: x_k^0 – интегральный фактор, характеризующий k -ю группу факторов;

$x_{k,i}^0$, $x_{k,j}^0$ – стандартизованные и приведенные к шкале от 0 до 1 с помощью унифицированного преобразования [1] факторы группы;

r_{ij} – парный коэффициент корреляции между x_{ki} и x_{kj} ;
 n_k – число факторов k -й группы.

Приведение к шкале от 0 до 1 определяется по формуле [1]:

$$()^0 = \frac{()^* - ()_{min}^*}{()_{max}^* - ()_{min}^*}, \tag{2}$$

где: $()^*$ – стандартизованные значения факторов;
 $()_{max}^*$, $()_{min}^*$ – их максимальное и минимальное значения соответственно.

Стандартизованные значения определяются по формуле:

$$()^* = \frac{() - \bar{x}}{\sigma_x}, \tag{3}$$

где: $\bar{x}$ – среднее отклонение;

σ_x – стандартное отклонение.

Используемые преобразования дают возможность исключить влияние единиц измерения и эффекта масштаба на интегральный фактор и обеспечивают корректность его построения.

В качестве информационной базы были использованы официальные открытые статистические данные за 2007–2022 гг., публикуемые в ста-

тистических сборниках Федеральной службой государственной статистики [13] и ее территориальным органом по Тульской области [12], специализация которой ориентирована на обрабатывающую промышленность.

На основании предварительного анализа статистических данных, посвященных миграционным процессам, в частности таких показателей, как число прибывших и число выбывших, оказалось, что до 2011 г. данные из различных официальных изданий отличаются друг от друга, что потребовало в дальнейшем рассматривать данные начиная с 2011 г.

При оценке валового регионального продукта (ВРП) в 2022 г. были использованы оценочные данные [14], а его структура по разделам общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД) была взята по данным 2021 г. в предположении о незначительном ее изменении на основании ранее наблюдавшейся тенденции (согласно официальной информации).

Результаты и обсуждение. На основании предварительного корреляционного анализа нами отобраны факторы, которые были использованы при построении моделей. Описание переменных представлено в табл. 1.

Таблица 1

Описание переменных модели

№	Фактор	Описание фактора
1	y_1	Число прибывших, чел.
2	y_2	Число выбывших, чел.
3	<i>IndexEconomics</i>	Интегральный экономический фактор
3.1	x_1	ВРП по виду деятельности. Раздел D(C). Обрабатывающие производства, млн руб.
3.2	x_2	Среднегодовая численность занятых по виду деятельности. Раздел F(F). Строительство, тыс. чел.
3.3	x_3	Стоимость основных фондов по полной четной стоимости на конец года. Раздел G(G). Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования, млн руб.
3.4	x_4	Инвестиции в основной капитал по виду деятельности. Раздел D(C). Обрабатывающие производства, млн руб.
4	<i>MobileIndex</i>	Интегральный инфраструктурный индекс
4.1	x_5	Пассажирооборот автобусов общего пользования, млн пасс.-км
4.2	x_6	Отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования, тыс. чел.
5	<i>SocialIndex</i>	Интегральный социальный индекс
5.1	x_7	Расходы консолидированного бюджета на образование, млн руб.
5.2	x_8	Среднедушевые денежные доходы населения, руб.
5.3	x_9	Объем платных услуг населению, млн руб.
6	<i>EcolIndex</i>	Интегральный экологический индекс
6.1	x_{10}	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. т

№	Фактор	Описание фактора
6.2	x_{11}	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м ³

Примечание: В скобках указано значение по ОКВЭД2, действующему с 2017 г.

Источник: Расчеты произведены авторами настоящей статьи на основе [12–14; 16].

Все стоимостные показатели были скорректированы на уровень инфляции [16] и приведены к уровню 2007 г.

и проведении расчетов были использованы программный комплекс «ЭФРА» [6] и разработанный на языке Python программный модуль с использованием среды разработки PyCharm [23].

В результате тестирования моделей, в том числе различных функциональных форм и спецификаций, и обеспечения статистической адекватности моделей были получены следующие соотношения:

соотношения:

$$y_1 = \exp \left(9,927 + 0,260 * IndexEconomics + +0,00003 * x_9 \right) \quad (4)$$

$$y_2 = \exp \left(9,119 + 0,373 * IndexEconomics + +0,00004 * x_9 \right) \quad (5)$$

Результаты тестирования моделей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты тестирования моделей

Статистика / Модель	Модель 1			Модель 2		
	Значение	p-value	Гипотеза	Значение	p-value	Гипотеза
a_0	9,927	0,000	Принимается	9,119	0,000	Принимается
a_1	0,260	0,000	Принимается	0,373	0,000	Принимается
a_2	0,00003	0,020	Принимается	0,00004	0,005	Принимается
R_2	0,775	0,001	Принимается	0,703	0,003	Принимается
$E_{отн}$	3,775	–	–	5,193	–	–
n	9	–	–	9	–	–
$Rand$	4/6	0,05	Принимается	4/10	0,05	Принимается
$M(e)$	0,138	0,893	Принимается	0,188	0,855	Принимается
DW	1,745	0,050	Принимается	1,648	0,050	Принимается
R/S	2,945	–	–	3,561	–	–
K^2	3,874	0,184	Принимается	0,981	0,673	Принимается
W	0,877	0,107	Принимается	0,927	0,367	Принимается
c_2	12,893	0,069	Принимается	10,971	0,206	Принимается
r_{x1}	–0,025	0,430	Принимается	–0,139	0,665	Принимается
r_{x2}	0,077	0,812	Принимается	0,245	0,443	Принимается

Примечание: p-value – уровень статистической значимости.

a_i – значения коэффициентов моделей.

R^2 – коэффициент детерминации.

ν – число степеней свободы.

$Rand$ – критическое (для уровня значимости 0,05) и расчетное количество поворотных точек (проверка на случайность ряда остатков).

$M(e)=0$ (t-statistic) – t-статистика (проверка равенства 0 математического ожидания ряда остатков).

DW – критерий Дарбина-Уотсона (проверка отсутствия автокорреляции ряда остатков, критерий значим на указанном уровне).

R/S , K^2 , W – критерии R/S, Д'Агостино K^2 , Шапиро-Вилка соответственно (проверка на нормальность ряда остатков, для R/S критерий значим на указанном уровне).

r_{x_i} – t-статистика по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена фактора x_i (тест на гомоскедастичность).

Как видно из табл. 2, все модели удовлетворяют всем статистическим критериям, то есть модели можно считать статистически адекватными. При этом точность моделей составляет 3,775 и 5,193%, что можно считать достаточно хорошим полученным результатом.

На рис. 1 и 2 представлены фактические и расчетные значения для числа прибывших и числа выбывших для Тульской области.

Из рис. 1 видно, что наибольшие расхождения между расчетным и фактическим значениями наблюдалось 2020 г.

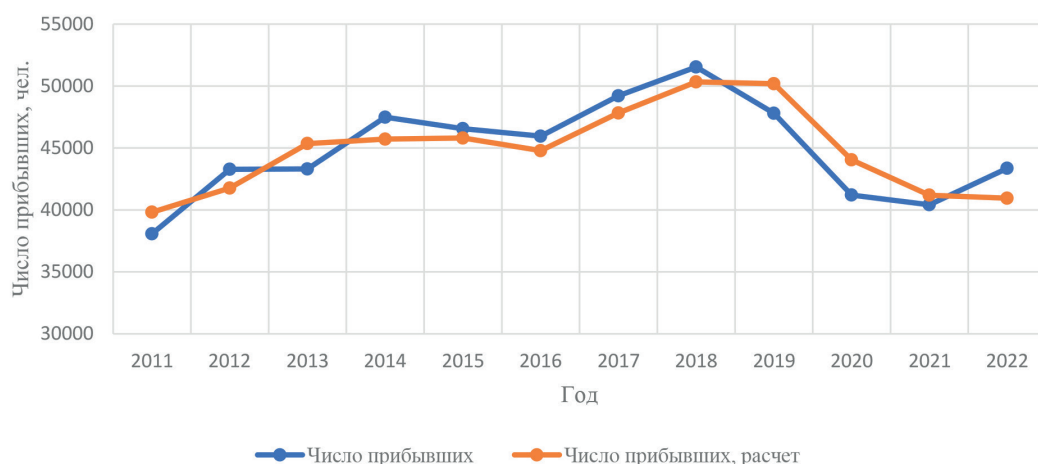


Рис. 1. Фактические и расчетные значения числа прибывших в Тульскую область за 2011–2022 гг., чел.

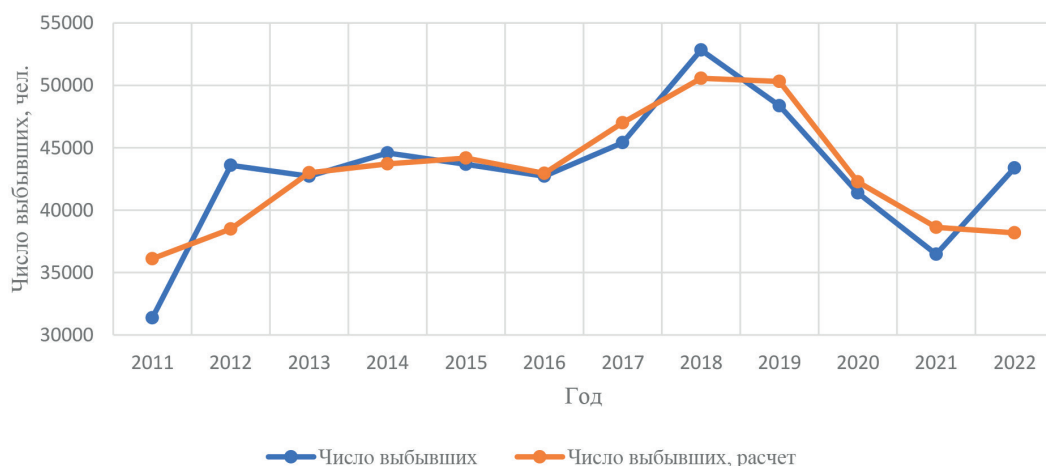


Рис. 2. Фактические и расчетные значения числа выбывших из Тульской области за 2011–2022 гг., чел.

Аналогичные расхождения в фактических и расчетных значениях наблюдаются на рис. 2, в том числе для 2021 г.

Это можно объяснить в том числе локдауном, произошедшим в 2020 г. и его последствиями. Действительно, ограничения, связанные с пандемией Covid-19, привели к снижению интенсивности миграционных потоков. Однако в 2022 г. произошло изменение тенденции, наблюдавшейся в 2019–2021 гг.

Включение в данные фактора смертности от Covid-19 (число умерших – 750 чел. в 2020 г., 3502 чел. в 2021 г. и 1104 чел. в 2022 г.) в Туль-

ской области [15] может скомпенсировать соответствующие различия. Однако представление зависимости с дополнительным фактором из эконометрических и статистических соображений (всего 3 наблюдения) будет некорректным. Требуются более длинные ряды, например месячные данные или дополнительные данные по совокупности регионов.

Закключение. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- На миграционные потоки влияют множество факторов, имеющих экономический, социаль-

ный, экологический характер, в том числе связанный с региональной спецификой.

- В рамках разработанной модели показано, что специализация Тульской области влияет на миграцию населения. Интуитивно ожидаемое влияние экологических факторов и развитости транспортной инфраструктуры не было выявлено в рамках разработанной модели. Однако это может быть связано с ограниченностью статистических данных и особенностями эконометрического подхода с необходимостью удовлетворения требуемых статистических критериев при формировании адекватных моделей.

- Адекватности моделей удалось достичь в том числе за счет агрегирования частных факторов, тогда как их включение в модели по отдельности приводило к неадекватности последних.

Результаты исследования могут быть использованы региональными органами управления как инструмент анализа и прогнозирования миграционных потоков с целью формирования собственной политики и мероприятий в этой сфере.

Список источников

1. Айвазян С. А. Анализ качества и образа жизни населения. М.: Наука, 2012. 430 с.
2. Белотелов Н. В. Имитационная модель процессов миграции в странах с учетом уровня образования // Математическое моделирование и численные методы. 2019. № 4 (24). С. 91–98.
3. Василенко П. В. Применение гравитационной модели для анализа внутриобластных миграций (на примере Новгородской и Псковской областей) // Псковский регионологический журнал. 2013. № 15. С. 83–90. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-gravitatsionnoy-modeli-dlya-analiza-vnutrioblastnyh-migratsiy-na-primere-novgorodskoy-i-pskovskoy-oblastey>.
4. Единак Е. А., Коровкин А. Г., Долгова И. Н. Факторный подход к прогнозно-аналитическому исследованию миграционной активности населения России // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2011. № 9. С. 398–415.
5. Жуков Р. А. Метод оценки результатов функционирования иерархических социально-экономических систем на основе агрегированной производственной функции // Экономика и математические методы. 2021. Т. 57, № 3. С. 17–31.
6. Жуков Р. А. Программный комплекс для оценки функционирования сложных систем и принятия решений «ЭФРА» («EFRA»). Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020614151, 26.03.2020.
7. Жуков Р. А., Григорьев Е. В., Плинская М. А. и др. Прогнозирование показателя смертности населения Тульской области с учетом влияющих факторов // Мягкие измерения и вычисления. 2023. Т. 65, № 4. С. 15–24.
8. Лаборатория миграционных исследований. Официальный сайт Института социально-экономических проблем народонаселения имени Н. М. Римашевской. URL: <http://www.isesp-ras.ru/structure/lab/migratory>.
9. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. и др. Разработка агент-ориентированной демографической модели России и ее суперкомпьютерная реализация // Вычислительные методы и программирование. 2018. Т. 19. С. 368–378.
10. Олейник Е. Б., Ивашина Н. В., Шмидт Ю. Д. Моделирование процессов миграции населения: методы и инструменты (обзор) // Компьютерные исследования и моделирование. 2021. Т. 13, № 6 С. 1205–1232.
11. Официальный сайт Института демографии имени А. Г. Вишневского. URL: <https://www.hse.ru/demo/>.
12. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Тульской области. URL: <https://71.rosstat.gov.ru/>.
13. Регионы России. Социально-экономические показатели. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>.
14. Рейтинг социально-экономического развития регионов в 2022 году. Реальное время. URL: <https://realnoevremya.ru/attachments/1760>.
15. Статистика коронавируса по регионам России. Внешняя торговля России. URL: <https://russian-trade.com/coronavirus-russia/>.
16. Таблицы уровня инфляции. Инфляция в России. URL: <https://уровень-инфляции.рф/таблицы-инфляции>.
17. Шмидт Ю. Д., Ивашина Н. В., Озерова Г. П. Моделирование межрегиональных мигра-

- ционных потоков клеточными автоматами // Компьютерные исследования и моделирование. 2020. Т. 12, № 6. С. 1467–1483.
18. Юкиш В. Ф. Миграционные процессы в России: социально-экономические проблемы и следствия: Монография. М.: Мир науки, 2022.
 19. Gerber T. (2005) Individual and contextual determinants of internal migration in Russia, 1985–2001. USA, University of Wisconsin.
 20. Kashnitsky I., Mkrtchyan N., Leshukov O. (2016) Interregional Youth Migration in Russia: A Comprehensive Analysis of Demographic Statistical Data. *Educational Studies*, no. 3, pp. 169–203.
 21. Official website of the International Organization for Migration. URL: <https://www.iom.int/>.
 22. Official website of the United Nations Population Fund. URL: <https://www.unfpa.org/>.
 23. PyCharm. IDE для Data Science и веб-разработки на Python. JetBrains. URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/>.
 24. Sardavar S., Vakulenko E. (2020) Estimating and interpreting internal migration flows in Russia by accounting for network effects. *Socio-Economic Planning Sciences*, no. 69, pp. 1–14.
 5. Zhukov R. A. (2021) Method for assessing the results of the functioning of hierarchical socio-economic systems based on the aggregated production function. *Ekonomika i matematicheskiye metody*, vol. 57, no. 3, pp. 17–31. (In Russ.).
 6. Zhukov R. A. (2020) Software package for assessing the functioning of complex systems and making decisions “EFRA” (“EFRA”). Certificate of registration of a computer program RU 2020614151, 26.03.2020. (In Russ.).
 7. Zhukov R. A., Grigoriev E. V., Plinskaya M. A. et al. (2023) Forecasting the mortality rate of the population of the Tula region taking into account influencing factors. *Myagkiye izmereniya i vychisleniya*, vol. 65, no. 4, pp. 15–24. (In Russ.).
 8. Laboratory of Migration Research. Official website of the Institute of Socio-Economic Problems of Population named after N. M. Rimashevskaya. (In Russ.). URL: <http://www.isesp-ras.ru/structure/lab/migratory>.
 9. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Sushko E. D. et al. (2018) Development of an agent-based demographic model of Russia and its supercomputer implementation. *Vychislitel'nyye metody i programmirovaniye*, vol. 19, pp. 368–378. (In Russ.).
 10. Oleinik E. B., Ivashina N. V., Shmidt Yu. D. (2021) Modeling of population migration processes: methods and tools (review). *Komp'yuternyye issledovaniya i modelirovaniye*, vol. 13, no. 6 p. 1205–1232. (In Russ.).
 11. Official website of the A. G. Vishnevsky Institute of Demography. (In Russ.). URL: <https://www.hse.ru/demo/>.
 12. Official website of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Tula Region. (In Russ.). URL: <https://71.rosstat.gov.ru/>.
 13. Regions of Russia. Socio-economic indicators. Official website of the Federal State Statistics Service. (In Russ.). URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>.
 14. Rating of socio-economic development of regions in 2022. Real'noye vremya. (In Russ.). URL: <https://realnoevremya.ru/attachments/1760>.
 15. Coronavirus statistics by regions of Russia. Vneshnyaya trgovlya Rossii. (In Russ.). URL: <https://russian-trade.com/coronavirus-russia/>.
 16. Inflation rate tables. Inflyatsiya v Rossii. (In Russ.). URL: <https://уровень-инфляции.рф/таблицы-инфляции>.

References

1. Ayvazyan S. A. (2012) Analysis of the quality and lifestyle of the population. Moscow, Nauka, 430 p. (In Russ.).
2. Belotelov N. V. (2019) Simulation model of migration processes in countries taking into account the level of education. *Matematicheskoye modelirovaniye i chislennyye metody*, no. 4 (24), pp. 91–98. (In Russ.).
3. Vasilenko P. V. (2013) Application of a gravity model for the analysis of intra-regional migrations (on the example of the Novgorod and Pskov regions). *Pskovskiy regionologicheskiy zhurnal*, no. 15, pp. 83–90. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-gravitatsionnoy-modeli-dlya-analiza-vnutri-oblastnyh-migratsiy-na-primere-novgorodskoy-i-pskovskoy-oblastey>.
4. Edinak E. A., Korovkin A. G., Dolgova I. N. (2011) Factorial approach to forecasting and analytical study of migration activity of the Russian population. *Nauchnyye trudy: Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN*, no. 9, pp. 398–415. (In Russ.).

17. Shmidt Yu. D., Ivashina N. V., Ozerova G. P. (2020) Modeling of interregional migration flows with cellular automata. *Komp'yuternyye issledovaniya i modelirovaniye*, vol. 12, no. 6, pp. 1467–1483. (In Russ.).
18. Yukish V. F. (2022) Migration processes in Russia: socio-economic problems and consequences: Monograph. Moscow, Mir nauki. (In Russ.).
19. Gerber T. (2005) Individual and contextual determinants of internal migration in Russia, 1985–2001. USA, University of Wisconsin.
20. Kashnitsky I., Mkrtchyan N., Leshukov O. (2016) Interregional Youth Migration in Russia: A Comprehensive Analysis of Demographic Statistical Data. *Educational Studies*, no. 3, pp. 169–203.
21. Official website of the International Organization for Migration. URL: <https://www.iom.int/>.
22. Official website of the United Nations Population Fund. URL: <https://www.unfpa.org/>.
23. PyCharm. IDE для Data Science и веб-разработки на Python. JetBrains. URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/>.
24. Sardavar S., Vakulenko E. (2020) Estimating and interpreting internal migration flows in Russia by accounting for network effects. *Socio-Economic Planning Sciences*, no. 69, pp. 1–14.

Информация об авторах:

Р. А. ЖУКОВ – доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры математики и информатики.

С. В. ПРОКОПЧИНА – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа в экономике.

Н. О. КОЗЛОВА – кандидат технических наук, доцент кафедры математики и информатики.

М. А. ПЛИНСКАЯ – магистрант 1-го курса направления «Стратегия и финансы бизнеса».

М. А. ЖЕЛУНИЦИНА – магистрант 1-го курса направления «Стратегия и финансы бизнеса».

М. А. КОРОЛЕВА – магистрант 1-го курса направления «Стратегия и финансы бизнеса».

Information about the authors:

R. A. ZHUKOV – Doctor of Economic Sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mathematics and Informatics.

S. V. PROKOPCHINA – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of System Analysis in Economics.

N. O. KOZLOVA – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics and Informatics.

M. A. PLINSKAYA – 1st Year Master's Student of the Direction "Business Strategy and Finance".

M. A. ZHELUNITSINA – 1st Year Master's Student of the Direction "Business Strategy and Finance".

M. A. KOROLEVA – 1st Year Master's Student of the Direction "Business Strategy and Finance".

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.12.2023; одобрена после рецензирования 19.12.2023; принята к публикации 24.12.2023.

The article was submitted 14.12.2023; approved after reviewing 19.12.2023; accepted for publication 24.12.2023.