

УДК 519.2; 314.7

DOI: 10.36871/2618-9976.2024.06.003

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ДО 2028 Г.

Роман Александрович Жуков¹

¹ Доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры математики и информатики, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Тульский филиал), Тула, Россия, e-mail: pluszh@mail.ru

Светлана Васильевна Прокопчина²

² Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры системного анализа в экономике, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия, e-mail: svprokopchina@mail.ru

Надежда Олеговна Козлова³

³ Кандидат технических наук, доцент кафедры математики и информатики, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Тульский филиал), Тула, Россия, e-mail: 95kno@mail.ru

Мария Александровна Плинская⁴

⁴ Магистрант 1-го курса направления «Стратегия и финансы бизнеса», Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Тульский филиал), Тула, Россия, e-mail: maria.plinskaya@gmail.com

Мария Анатольевна Желуницина⁵

⁵ Магистрант 1-го курса направления «Стратегия и финансы бизнеса», Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Тульский филиал), Тула, Россия, e-mail: maria202001@yandex.ru

Маргарита Анатольевна Королева⁶

⁶ Магистрант 1-го курса направления «Стратегия и финансы бизнеса», Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Тульский филиал), Тула, Россия, e-mail: ritakoroleva48@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Ключевые слова:

прогноз
миграция
число прибывших
число выживших
модель
байесовские интеллектуальные измерения

АННОТАЦИЯ

Целью исследования является разработка прогноза до 2028 г. числа прибывших и числа выживших в Тульской области, используемых для расчета миграционного прироста (убыли) населения на основе нечетких моделей, построенных в рамках методологии байесовских интеллектуальных измерений.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Жуков Р.А., Прокопчина С.В., Козлова Н.О., Плинская М.А., Желуницина М.А., Королева М.А. Прогнозирование миграции в Тульской области с учетом влияющих факторов до 2028 г. // Мягкие измерения и вычисления. 2024. № 6. Т. 79. С. 31–37; <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2024.06.003>.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследование выполнено за счет гранта Правительства Тульской области (договор ДС/123 от 27.09.2023).

FORECASTING MIGRATION IN THE TULA REGION, ACCORDING TO INFLUENCED FACTORS, UNTIL 2028

Roman A. Zhukov¹

¹ Doctor of Economic Sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Associate Professor, Department of Mathematics and Informatics, Financial University under the Government of the Russian Federation (Tula Branch), Tula, Russia, e-mail: pluszh@mail.ru

Svetlana V. Prokopchina²

² Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of System Analysis in Economics, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia, e-mail: svprokopchina@mail.ru

Nadezhda O. Kozlova³

³ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation (Tula Branch), Tula, Russia, e-mail: 95kno@mail.ru

Maria A. Plinskaya⁴

⁴ 1st Year Master's Student of the Direction «Business Strategy and Finance», Financial University under the Government of the Russian Federation (Tula Branch), Tula, Russia, e-mail: maria.plinskaya@gmail.com

Maria A. Zhelunitsina⁵

⁵ 1st Year Master's Student of the Direction «Business Strategy and Finance», Financial University under the Government of the Russian Federation (Tula Branch), Tula, Russia, e-mail: maria202001@yandex.ru

Margarita A. Koroleva⁶

⁶ 1st Year Master's Student of the Direction «Business Strategy and Finance», Financial University under the Government of the Russian Federation (Tula Branch), Tula, Russia, e-mail: ritakoroleva48@mail.ru

ARTICLE INFO

Keywords:

Forecast
Migration
Number of arrivals
Number of departures
Model
Bayesian intelligent measurements

ABSTRACT

The aim of the article is to develop a forecast until 2028 of the number of arrivals and the number of departures in the Tula region, used to calculate the migration increase (decrease) of the population based on a fuzzy models built within the framework of the Bayesian intelligent measurement methodology.

FOR CITATION: Zhukov R.A., Prokopchina S.V., Kozlova N.O., Plinskaya M.A., Zhelunitsina M.A., Koroleva M.A. (2024) Forecasting migration in the Tula region, according to influenced factors, until 2028. *Soft measurements and computing*, vol. 79, no. 6, pp. 31–37 (In Russ.); <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2024.06.003>.

FINANCIAL SUPPORT: The research was carried out with a grant from the Government of the Tula Region (agreement DS/123 dated September 27, 2023).

Введение

В условиях текущей социально-экономической ситуации моделирование и прогнозирование миграционных потоков является важной и актуальной научно-практической задачей, позволяющей органам управления скорректировать миграционную политику не только на уровне субъектов Российской Федерации, но и в масштабах всей страны. Миграция – важный компонент формирования трудового потенциала регионов, она существенно воздействует на экономику страны.

Традиционно при прогнозировании демографических процессов используют экстраполяционные, интерполяционные и мультикаузальные методы. Экстраполяционные методы разрабатываются на основе трендовых моделей, построенных с использованием значений, наблюдаемых в базисном периоде. При прогнозировании миграции используют ряд моделей, такие как гравитационные [1], регрессионные [2, 3], имитационные [4], агент-ориентированные модели [5]. Однако в условиях неопределенности социально-экономической и политической ситуации, неполноты и нечеткости данных для прогнозирования миграционных потоков целесообразно использовать нечеткие модели, построенные на основе методологии байесовских интеллектуальных измерений (БИИ) [6]. При этом необходимо учитывать социальные, экономические и экологические факторы, влияющие на миграцию в целом, в том числе для конкретных субъектов Российской Федерации, в частности Тульской области.

Таким образом, целью настоящего исследования является разработка прогноза на среднесрочный период (до 2028 г.) числа прибывших и числа выбывших в Тульской области, являющихся составляющими показателя миграционного прироста (убыли) в соответствии с перечнем основных показателей, прописанных в рекомендуемой форме по основным показателям, представляемым органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в Минэкономразвития России для разработки прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочный период.

Методология и информационная база исследования

Методика исследования базируется на методологии БИИ на базе регуляризирующего байесовского подхода [6], апробированной в ряде прикладных исследований [7–9].

Результаты измерений представляются в виде значений случайных величин, которые отображаются на числовых и лингвистических шкалах. Вероятности могут быть рассчитаны по формуле Байеса [6]:

$$P(H_i/S) = \frac{P(H_i) \cdot P(S | H_i)}{\sum_{i=1}^k P(H_i) \cdot P(S | H_i)}, \quad (1)$$

где: H_i – i -е эталонное распределение;

$P(H_i)$ – априорная вероятность появления H_i -го эталонного распределения;

S – событие, заключающееся в совместном появлении значений оценок индикатора;

$P(S/H_i)$ – апостериорная вероятность совместного появления значений индикаторов при условии справедливости гипотезы H_i ;

k – количество классов эталонных гипотез.

На числовой шкале итоговое значение характеризуется числом и вероятностью появления этого значения, на лингвистической шкале отображаются номер класса и вероятность того, что измерение принадлежит этому классу.

При учете влияющих факторов результативный признак представляет собой интегральный фактор, определяемый байесовской сверткой [6], что позволяет учесть влияние факторов, характеризующих условия функционирования конкретного субъекта Российской Федерации, в частности Тульской области.

Инструмент анализа – программная платформа новой версии «Инфоаналитик 2.0», являющейся развитием базового функционала «Инфоаналитик» [10].

Прогноз осуществлялся пошагово на основе встроенного в «Инфоаналитик 2.0» алгоритма, учитывающего порядок производной и числа точек, берущихся в рассмотрение, для усреднения значения производных при построении прогноза.

В качестве информационной базы были использованы открытые статистические данные за 2011–2022 гг. [11, 12].

Результаты и обсуждение

После предварительного корреляционного анализа в качестве влияющих на число прибывших и число выбывших в Тульской области факторов были выбраны показатели, представленные [таблице 1](#).

Таблица 1

Описание переменных модели

№	Фактор	Описание фактора
1	y_1	Число прибывших, чел.
2	y_2	Число выбывших, чел.
3	x_1	Валовой региональный продукт (ВРП) по виду деятельности. Раздел D(C). Обрабатывающие производства, млн руб.
4	x_2	Среднегодовая численность занятых по виду деятельности. Раздел F(F). Строительство, тыс. чел.
5	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.
6	x_4	Инвестиции в основной капитал по виду деятельности. Раздел D(C). Обрабатывающие производства, млн руб.
7	x_5	Пассажиروоборот автобусов общего пользования, млн пасс.-км
8	x_6	Отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования, тыс. чел.
9	x_7	Расходы консолидированного бюджета на образование, млн руб.
10	x_8	Среднедушевые денежные доходы населения, руб.
11	x_9	Объем платных услуг населению, млн руб.
12	x_{10}	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. т
13	x_{11}	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м ³

Результаты прогноза и модели представлены на [рисунках 1 и 2](#). R^2 и MAPE на рисунках показывают значения коэффициента детерминации и средней относительной ошибки соответственно для моделей нижнего, наиболее вероятного (базового) и верхнего уровней.

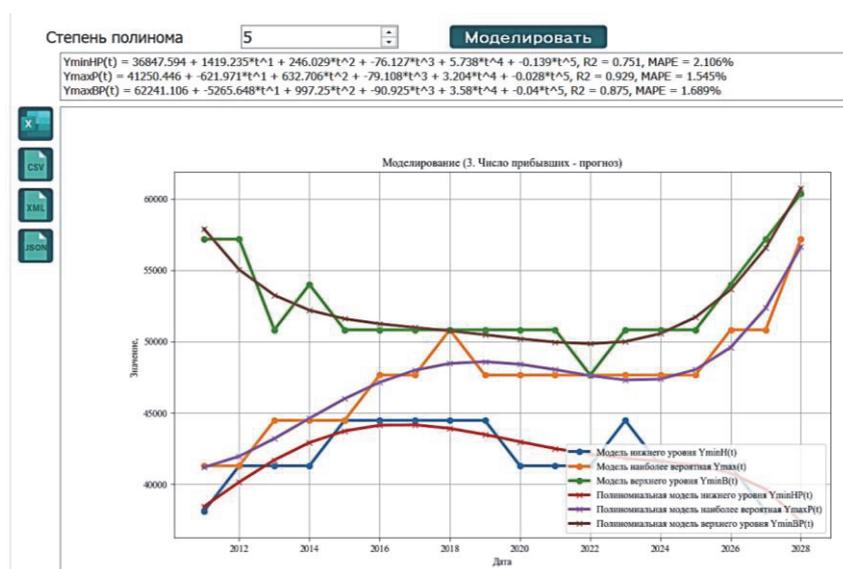


Рис. 1. Результаты моделирования и прогнозирования числа прибывших в Тульской области до 2028 г., чел.

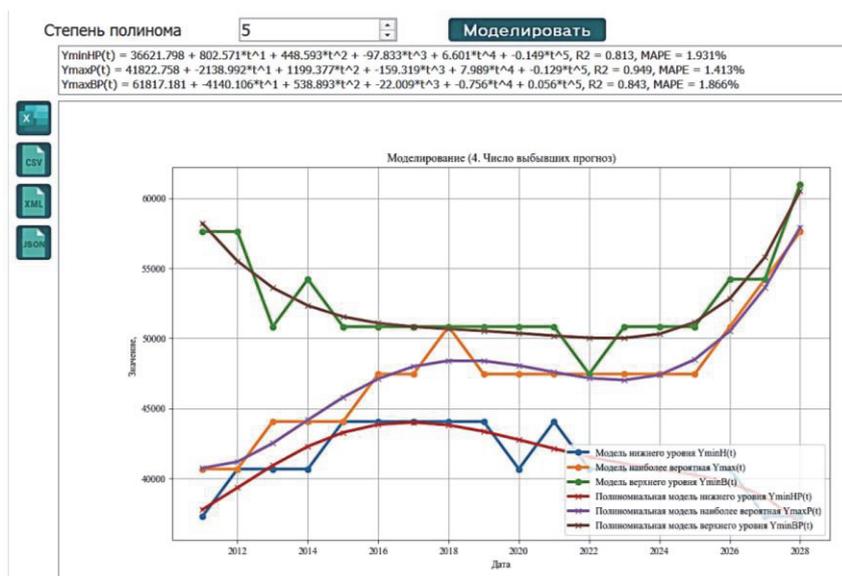


Рис. 2. Результаты моделирования и прогнозирования числа выбывших из Тульской области до 2028 г., чел.

За счет учета влияния факторов, характеризующих некоторые показатели развития Тульской области, базовые прогнозные значения оказались ниже, чем без учета их влияния. При этом верхняя и нижняя границы прогноза существенно расширились по сравнению с областью, полученной по данным с 2011 по 2022 г.

Заключение

В результате исследования на базе методологии байесовских интеллектуальных измерений получены прогнозные значения числа прибывших и числа выбывших в Тульской области до 2028 г. Разность между числом прибывших и выбывших дает абсолютное значение миграционного прироста (убыли), который используется в соответствии с перечнем основных показателей, перечисленных в рекомендуемой форме по основным показателям, представляемым органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в Минэкономразвития России для разработки прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочный период.

Результаты исследования могут быть использованы региональными органами управления для анализа и разработки мероприятий для формирования региональной миграционной политики.

Список литературы

- [1] *Василенко П.В.* Применение гравитационной модели для анализа внутриобластных миграций (на примере Новгородской и Псковской областей) // Псковский региональный журнал. 2013. № 15. С. 83–90. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-gravitatsionnoy-modeli-dlya-analiza-vnutrioblastnyh-migratsiy-na-primere-novgorodskoy-i-pskovskoy-oblastey>.
- [2] *Gerber T.* Individual and contextual determinants of internal migration in Russia, 1985–2001. USA, University of Wisconsin, 2005.
- [3] *Sardavar S., Vakulenko E.* Estimating and interpreting internal migration flows in Russia by accounting for network effects. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2020, no. 69, P. 1–14.
- [4] *Белотелов Н.В.* Имитационная модель процессов миграции в странах с учетом уровня образования // Математическое моделирование и численные методы. 2019. № 4(24). С. 91–98.

- [5] 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.
- [6] Прокопчина С.В., Щербаков Г.А., Ефимов Ю.В. Моделирование социально-экономических систем в условиях неопределенности: учебное пособие. М.: Научная библиотека, 2019. 508 с.
- [7] Березин А.С., Жуков Р.А., Прокопчина С.В. Байесовские интеллектуальные измерения индексов и показателей региональной обеспеченности объектами культуры // Мягкие измерения и вычисления. 2022. Т. 53, № 4. С. 5–15.
- [8] 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.
- [9] Жуков Р.А., Прокопчина С.В., Гиниатов И.А. и др. Применение библиотеки «Байесовская математическая статистика» в программном комплексе «Инфоинтегратор» // Мягкие измерения и вычисления. 2022. Т. 54, № 5. С. 99–108.
- [10] Прокопчина С.В. Инфоаналитик (свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004611741 от 12.08.2004).
- [11] Регионы России. Социально-экономические показатели. Статистический сборник. 2007–2023 гг. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>.
- [12] Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Тульской области. URL: <https://71.rosstat.gov.ru/>.

References

- [1] Vasilenko P.V. Applying gravity model to interregional migration analysis in relation to Novgorod and Pskov region. *Pskov Journal of Regional Studies*, no 15, pp. 83-90. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-gravitatsionnoy-modeli-dlya-analiza-vnutrioblastnyh-migratsiy-na-primere-novgorodskoy-i-pskovskoy-oblastey>.
- [2] Gerber T. Individual and contextual determinants of internal migration in Russia, 1985–2001. USA, University of Wisconsin, 2005.
- [3] Sardavar S., Vakulenko E. Estimating and interpreting internal migration flows in Russia by accounting for network effects. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2020, no. 69, pp. 1–14.
- [4] Belotelov N.V. Simulation model of migration processes in countries taking into account the level of education. *Mathematical Modeling and Computational Methods*, 2019, no. 4(24), pp. 91–98.
- [5] Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. et al. Development of an Agent-Based Demographic Model of Russia and Its Supercomputer Implementation. *Numerical Methods and Programming*, 2018, vol. 19, pp. 368–378.
- [6] Prokopchina S.V., Shcherbakov G.A., Efimov Yu.V. Modeling of socio-economic systems in conditions of uncertainty. Moscow, Nauchnaya biblioteka, 2019, 508 p.
- [7] Berezin A.S., Zhukov R.A., Prokopchina S.V. Bayesian intellectual measurements of indices and indicators of regional availability of cultural objects. *Soft Measurements and Computing*, 2022, vol. 53, no. 4, pp. 5–15.
- [8] Zhukov R.A., Grigoryev E.V., Plinskaya M.A. et al. Forecasting the mortality rate of the population in the Tula region, according to influenced factors. *Soft measurements and calculations*, 2023, vol. 65, no 4, pp. 15–24.
- [9] Zhukov R.A., Prokopchina S.V., Giniatov I.A. et al. Application of the Bayesian mathematical statistics library in the Infointegrator software package. *Soft Measurements and Computing*, 2022, vol. 54, no. 5, pp. 99–108.
- [10] Prokopchina S.V. Infoanalyst. (Certificate of Registration of the Computer Program No. 2004611741, 12.08.2004).

- [11] Regions of Russia. Socio-economic indicators. Statistical collection. 2007–2023 URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>.
- [12] Official website of the territorial authority of the Federal State Statistics Service for the Tula region. URL: <https://71.rosstat.gov.ru/>.
-

*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 07.06.2024; одобрена после рецензирования 13.06.2024; принята к публикации 23.06.2024.

The article was submitted 07.06.2024; approved after reviewing 13.06.2024; accepted for publication 23.06.2024.
