

УДК 314.745:519.86

DOI: [https://doi.org/10.52754/16948645_2025_2\(7\)_11](https://doi.org/10.52754/16948645_2025_2(7)_11)

МИГРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КЫРГЫЗСТАНЕ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Аширбаева Айжаркын Жоробековна

д.ф.-м.н., профессор. Ошский технологический университет им. М.М. Адышева
ORCID 0000-0001-7706-0608, ajarkyn.osh@mail.ru

Садыкова Гульхан Курбанбековна

к.ф.-м.н., доцент. Ошский государственный университет
ORCID 0009-0002-9258-2054, gsadykova@oshsu.kg
723500, Ош, Кыргызская Республика

Сапиев Жеңишбек Эрмекбаевич

преподаватель, магистр. Ошский государственный университет
jsapiev@oshsu.kg

Аннотация. В статье анализируются миграционные процессы в Кыргызстане как фактор социально-экономического развития. Особое внимание уделено исследованию двойственного характера влияния внешней трудовой миграции на макроэкономические и социальные показатели. С одной стороны, ремиттансы (денежные переводы мигрантов) выступают мощным инструментом снижения уровня бедности населения и стимулирования внутреннего потребительского спроса. С другой стороны, данный процесс провоцирует масштабный отток квалифицированных кадров, усугубляет демографический дисбаланс и усиливает региональные диспропорции в развитии территорий. Поэтому прогнозирование в различных областях науки и техники является актуальным вопросом. С помощью эконометрической модели можно сделать анализ и прогнозирование по статистическим данным. Метод двойного экспоненциального сглаживания Брауна (Brown's double exponential smoothing) довольно часто применяется для прогнозирования миграционных потоков, численности населения с учётом миграции и связанных показателей (например, объёма ремиттансов), особенно когда данные представляют собой временные ряды с линейным трендом и случайными колебаниями, но без ярко выраженной сезонности.

Ключевые слова: миграция, ремиттансы, устойчивое развитие, миграционные процессы, моделирование, экспоненциальное сглаживание Брауна.

MIGRATION PROCESSES IN KYRGYZSTAN AND THEIR MATHEMATICAL FORECASTING

Ashirbayeva Aizharkyn Zhorobekovna,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor. Osh Technological University named after M.M. Adyshev. ORCID 0000-0001-7706-0608, ajarkyn.osh@mail.ru

Sadykova Gulkhan Kurbanbekova

Ph.D., Associate Professor. Osh State University
ORCID 0009-0002-9258-2054, gsadykova@oshsu.kg

Sapiev Zhenishbek Ermekbaevich

Teacher, Master of Education, Osh State University
jsapiev@oshsu.kg

Abstract. The article analyzes migration processes in Kyrgyzstan as a factor of socio-economic development. Particular attention is paid to the study of the dual nature of external labor migration's impact on macroeconomic and social indicators. On the one hand, remittances (migrants' money transfers) act as a powerful tool for reducing poverty and stimulating domestic consumer demand. On the other hand, this process provokes a large-scale outflow of qualified personnel, exacerbates demographic imbalance, and

reinforces regional disparities in territorial development. Therefore, forecasting in various fields of science and technology is a highly relevant issue. Using an econometric model, it is possible to analyze and forecast based on statistical data. Brown's double exponential smoothing method is quite frequently applied to forecast migration flows, population size factoring in migration, and related indicators (e.g., remittance volume), especially when the data represents time series with a linear trend and random fluctuations, but without a pronounced seasonality. It yields good results for short- and medium-term migration forecasts when complex models of system dynamics or agent-based modeling are redundant or when data is scarce.

Keywords: migration, remittances, sustainable development, migration processes, modeling, Brown's double exponential smoothing.

Введение

Миграционные процессы в Кыргызстане оказывают двойственное воздействие на устойчивое развитие: способствуя снижению бедности через ремиттансы, они одновременно усиливают демографические и структурные уязвимости экономики – моделирование этих взаимодействий необходимо для обоснования политики, направленной на замещение миграционного дохода внутренними драйверами роста [11]. Необходимость регулирования миграционных процессов и создания условий для безопасной, упорядоченной и легальной миграции признана Национальной стратегией развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы, утвержденной Указом Президента Кыргызской Республики от 31 октября 2018 года № 221 [13].

Трудовая миграция остаётся ключевым фактором краткосрочного снижения бедности и поддержки потребления в Кыргызстане за счёт ремиттансов (25–30% ВВП) [16], однако её масштабная нерегулируемая природа усиливает долгосрочные угрозы устойчивому развитию – демографический дисбаланс, отток человеческого капитала и структурную зависимость экономики от внешних шоков [9-12], что делает необходимым переход к математическому моделированию миграционно-экономических взаимодействий для обоснования политики замещения миграции внутренним ростом [14].

Материалы и методы исследования

Прогнозирование в различных областях науки и техники является актуальным вопросом. С помощью эконометрической модели можно сделать анализ и прогнозирование по статистическим данным [1, 8]. Оптимальным решением для оценивания параметров и близлежащего прогноза объемов ремиттансов и миграционных потоков, характеризующихся линейным вектором и стохастическими колебаниями, является аппарат адаптивного моделирования. Его теоретические истоки восходят к классической концепции Р. Брауна [3,4] и методическим разработкам Ю. П. Лукашина [6]. Предложенный Брауном метод двойного экспоненциального сглаживания (Brown's double exponential smoothing) ценен тем, что он оперативно интегрирует новые данные и подстраивается под динамику процесса, сохраняя структурную простоту и прозрачность вычислений.

Метод двойного экспоненциального сглаживания Брауна довольно часто применяется для прогнозирования миграционных потоков, численности населения с учётом миграции и связанных показателей (например, объёма ремиттансов), особенно когда данные представляют собой временные ряды с линейным трендом и случайными колебаниями, но без ярко выраженной сезонности [5]. Метод простой, адаптивный, требует мало параметров (только один α), легко реализуется в Excel – идеально для начального/среднесрочного прогнозирования (1–5 лет). Он даёт хорошие результаты для

краткосрочных и среднесрочных прогнозов миграции, когда сложные модели системной динамики, агентного моделирования избыточны или данных мало [2].

Миграционные данные (число выехавших, чистая миграция по годам/кварталам, ремиттансы из России/Казахстана) обычно имеют линейный или слабо нелинейный тренд (рост в 2000–2010-е, спад во время пандемии, восстановление после 2022–2025 годы) [7]. Метод Брауна применяется для сглаживания данных с учётом линейного тренда (один параметр сглаживания для уровня и тренда одновременно), что позволяет строить краткосрочные прогнозы с минимальными вычислениями. Это типичный подход в эконометрике, демографии или статистике для несезонных рядов с трендом.

Рассмотрен исходный временной ряд, который содержит девятнадцать уровней наблюдения заданного показателя $Y(t)$ (количество выбывших мигрантов за последние 19 лет) [15]. Данные за 2007–2025 годы, использованные в прогнозировании, были получены с сайта <https://stat.gov.kg/ru/publications/demograficheskij-ezhegodnik-kyrgyzskoj-respubliki/>.

Таблица 1.

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
54 608	41 287	33 380	54 531	45 740	49 349	44 209	43 171	38169	38 367
2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
42 876	51 248	48 989	69 136	45 970	53 410	57 229	61 978	67000	?
2027									
?									

Реализован алгоритм адаптивного моделирования временных рядов. Методом наименьших квадратов (МНК) определены параметры A_0 , A_1 линейной модели для первых девятнадцати показателей временного ряда:

$$Y_p(t) = A_0 + A_1 t.$$

Первичные оценки искомых коэффициентов получены с применением стандартного инструментария МНК следующим образом:

$$A_1 = \frac{\sum[(t - t_{cp}) \cdot (Y(t) - Y_{cp})]}{\sum(t - t_{cp})^2} \approx -4492:10 = -449,2,$$

$$A_0 = Y_{cp} - A_1 \cdot t_{cp} = 45909,2 + 449,2 \cdot 3 \approx 47256,8,$$

где t_{cp} – среднее значение фактора “время”,

Y_{cp} – среднее значение исследуемого показателя.

Оценка начальных значений параметров модели в MS Excel приведены в следующей таблице №2.

Возьмем $k=1$, параметр α сглаживания равным 0,5. Подставив в уравнение тренда $t=1$, находим:

$$Y_p(1) = 47256,8 - 449,2 \cdot 1 = 46807,6$$

Ошибка прогноза:

$$e(1) = Y(1) - Y_p(1) = 7800,4.$$

Сделана корректировка коэффициентов, учитывая ошибки:

$$A_1(t) = A_1 + (1 - \beta)^2 e(t), \quad A_0(t) = A_0 + A_1 + (1 - \beta^2) e(t).$$

В условиях задачи $\alpha = 0,5$. Соответственно $\beta = 1 - \alpha = 0,5$.

Таблица №2.

	A	B	C	D	E	F
1	t	Y(t)	(t-tcp)^2	Y(t)-Ycp	t-tcp	(Y(t)-Ycp)(t-tcp)
2	1	54608	4	8698,8	-2	-17397,6
3	2	41287	1	-4622,2	-1	4622,2
4	3	33380	0	-12529,2	0	0
5	4	54531	1	8621,8	1	8621,8
6	5	45740	4	-169,2	2	-338,4
7	tcp=3	Ycp=45909,2	10	0	0	-4492
8						
9			A1=	-449,2		
10			A0=	47256,8		
11						

Вычислительный этап реализован с помощью инструментария надстройки "Анализ данных" программного комплекса Excel:

$$A_1(1) = D2 + (1 - 0,5)^2 * F3, \quad A_0(t) = C2 + D2 + (1 - 0,5^2) * F3.$$

Текущее прогнозное моделирование осуществляется с опорой на скорректированные к данному моменту структурные коэффициенты:

$$Y_p(2) = C3 + D3 = 54158,8; \quad e(2) = Y(2) - Y_p(2) = B4 - E4 = -12871,8$$

Итерационный процесс последовательного уточнения параметров реализуется до последнего наблюдения.

Выполним прогноз на два следующие периода времени (2026, 2027 годы):

$$Y_p(20) = C21 + D21 = 69378,1; \quad Y_p(21) = C21 + D2 * 2 = 72693,3.$$

Результаты расчетов.

Таблица 3.

	A	B	C	D	E	F
1	t	Y(t)	A ₀	A1	Y _p (t)	e(t)
2			47256,8	-449,2		
3	1	54608	52657,9	1500,9	46807,6	7800,4
4	2	41287	44505	-1717,05	54158,8	-12871,8
5	3	33380	35732	-4069,03	42787,9	-9407,9
6	4	54531	48814	1647,99	31663	22868,1
7	5	45740	46920,5	467,494	50462	-4721,98
8	6	49349	48858,7	957,747	47388	1961,01
9	7	44209	45610,9	-444,127	49816,5	-5607,49
10	8	43171	43669,9	-943,063	45166,7	-1995,75
11	9	38169	39308,5	-2082,53	42726,9	-4557,87
12	10	38367	38081,7	-1797,27	37225,9	1141,06
13	11	42876	41228,1	-149,383	36284,5	6591,53
14	12	51248	48705,7	2392,93	41078,7	10169,3
15	13	48989	49516,4	1865,53	51098,6	-2109,62
16	14	69136	64697,5	6304,05	51381,9	17754,1
17	15	45970	52227,9	46,1636	71001,5	-25031,5
18	16	53410	53126	330,152	52274	1135,95
19	17	57229	56285,8	1273,36	53456,2	3772,84
20	18	61978	60873,3	2378,07	57559,2	4418,85
21	19	67000	66062,8	3315,23	63251,4	3748,64
22	20				69378,1	
23	21				72693,3	0

Как показано в таблице 3, расчёты проведены в Microsoft Excel с использованием метода двойного экспоненциального сглаживания Брауна, что позволило учесть линейный тренд и получить прогноз за 2026 год 69379 выбывших и за 2027 год 72694 выбывших.

В таблице №4 представлен сравнительный анализ фактических статистических показателей миграционного оттока населения Кыргызской Республики за последние 19 лет и теоретических значений, полученных в результате трендового моделирования.

Таблица №4.

	A	B
1	$Y(t)$	$Y_p(t)$
2		
3	54608	46807,6
4	41287	54158,8
5	33380	42787,9
6	54531	31663
7	45740	50462
8	49349	47388
9	44209	49816,5
10	43171	45166,7
11	38169	42726,9
12	38367	37225,9
13	42876	36284,5
14	51248	41078,7
15	48989	51098,6
16	69136	51381,9
17	45970	71001,5
18	53410	52274
19	57229	53456,2
20	61978	57559,2
21	67000	63251,4
22		69378,1
23		72693,3

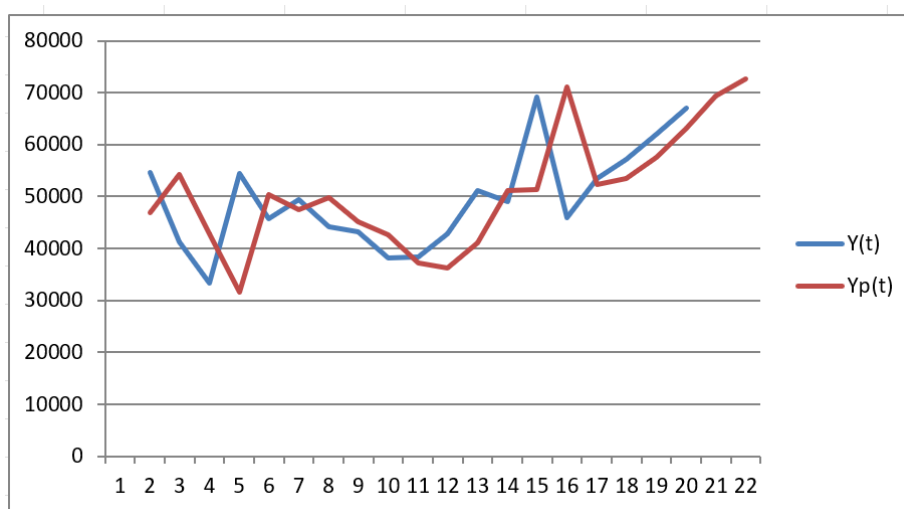


Рис. 1. Результаты аппроксимации и прогнозирования по адаптивной модели Брауна (параметр сглаживания равен 0,5).

Результаты и обсуждения

Таким образом, расчёты, проведенные в Microsoft Excel с использованием метода двойного экспоненциального сглаживания Брауна, позволили учесть линейный тренд и получить краткосрочный прогноз об увеличении количества выбывших и связанных с ними показателей для анализа влияния миграции на социально-экономические показатели устойчивого развития Кыргызстана. Для достижения устойчивого социально-экономического развития Кыргызстана в условиях сохраняющейся высокой миграционной мобильности населения требуется интеграция миграционных процессов в национальную стратегию до 2040 года через разработку и верификацию комплексных моделей (включая влияние ремиттансов на ВВП, человеческий капитал и демографию), что позволит минимизировать негативные эффекты и трансформировать диаспору в ресурс для инвестиций и репатриации знаний.

Выводы

Метод Брауна использует один параметр α , что делает его более устойчивым и точным в условиях жесткого дефицита статистической информации или при работе со сравнительно короткими временными рядами миграционной статистики КР. Применение методов эконометрического прогнозирования позволяет количественно оценить влияние внешней трудовой миграции на достижение целей устойчивого развития Кыргызстана до 2040 года: с одной стороны – амортизация безработицы и приток ремиттансов, с другой – усиление региональных диспропорций и демографических рисков, что открывает возможность для разработки оптимальных сценариев государственной миграционной политики.

Литература

1. Айвазян С.А. Методы эконометрики: учебник /С.А. Айвазян. – М.:Магистр: ИНФРА.– М, 2010. – 512 с.
2. Аширбаева А.Ж., Каракозиев М.М. Прогноз по линейной модели Брауна количества больных детей из города Ош, поступивших в Ошскую межобластную детскую клиническую больницу [Текст] / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2022. –№ 2.– С. 69–72.
3. Brown, R. G. Statistical Forecasting for Inventory Control / R. G. Brown. – New York : McGraw-Hill, 1959.
4. Brown, R. G. Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series / R. G. Brown. – Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1963. (*Переиздано в 2004 г. издательством Dover Publications*).
5. Дорохина Е.Ю., Брацин Р.М. Современные подходы к моделированию и прогнозированию миграции [Текст] / Бизнес. Образование. Право. –2024. – № 1(66). – С.134–139.
6. Лукашин, Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов : учеб. пособие / Ю. П. Лукашин. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
7. Макыев С.Т., Эргешбаев У.Ж., Кутушева Н.Т. Вопросы внешней трудовой миграции населения кыргызской республики в рамках ЕАЭС. [Текст] / Вестник ОшГУ. Экономика. –2024. № 2 (5). – С. 43–50.

8. Светульников С. Г., Светульников И. С. Методы социально-экономического прогнозирования. В 2 т. – М.: Издательство Юрайт, 2019.
9. Эргешбаев У.Ж., Макыев С.Т., Кутушева Н.Т. Современные тенденции внешней трудовой миграции населения Кыргызстана [Текст] / Вестник ОшГУ. Экономика. – 2024. № 2 (5). – С. 22–32.
10. Эргешбаев У. Ж., Кочербаева А. А. Внешняя трудовая миграция населения Кыргызстана в условиях евразийской интеграции // Проект «Социально-политическое измерение реализации процессов евразийской интеграции» / Под общей редакцией С. В. Рязанцева, Г. И. Осадчей. Выпуск № 4; Центр исследования процессов евразийской интеграции ИСПИ РАН. – М.: Изд-во Экон-Информ, 2019.
11. Эргешбаев У. Ж. Влияние денежных переводов трудовых мигрантов на социально-экономическое развитие Кыргызстана // Наука, техника и образование. – 2016. – № 11 (29). – С. 58–61.
12. Эргешбаев У.Ж. Миграция населения Киргизской Республики в Россию: социальноэкономические последствия // Регион: экономика и социология. 2010. № 2. С. 156-165.
13. УКАЗ Президента КР от 31 октября 2018 года УП № 221 О Национальной стратегии развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы. <https://cbd.minjust.gov.kg/430002/edition/1095562/ru>
14. Концепция миграционной политики Кыргызской Республики на 2021-2030 годы.
15. Демографический ежегодник Кыргызской Республики за 2006-2024 гг. –Б: Нацстатком Кыргызской Республики.
16. Миграциялык абал боюнча баяндама, январь-июнь 2025. Эл Аралык Миграция Уюму (ЭАМУ) Ибраимов к., 103 Виктория Бизнес борбору Бишкек Кыргызстан.