

УДК 519.25, 314.06

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-4-69-77

Изучение влияния потребления на рост рождаемости и снижение смертности в пространственно-временной дифференциации регионов Российской Федерации

К. В. Кетова, доктор физико-математических наук, профессор,
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Д. Д. Вавилова, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Устойчивость социально-экономического развития страны зависит от численного воспроизводства населения. Здесь важным фактором выступает благосостояние населения, получаемый денежный доход или уровень потребления. В данной статье исследуется возможность роста рождаемости и снижения смертности в регионах Российской Федерации в зависимости от вариации потребления. Информационная база исследования содержит официальные статистические данные о показателях рождаемости, смертности и среднедушевом потреблении населения по регионам РФ. Численный анализ и моделирование зависимости рождаемости и смертности от потребления проведены по данным, отраженным в системе федерального статистического учета, за период 2011–2021 годы по 85 регионам РФ. В работе использованы приемы, алгоритмы и методы математического и статистического моделирования. Проведенные расчеты зависимости рождаемости и смертности от фактора потребления на душу населения позволили выделить среди регионов РФ три кластера. Первый кластер с удельным ежемесячным потреблением 13–46 тыс. руб. содержит 75 регионов. Второй кластер состоит из регионов с удельным ежемесячным потреблением 13 тыс. руб. и менее. В него входят Алтай, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Калмыкия, Карачаево-Черкесская Республика, Мордовия, Тыва, Чеченская Республика. В третий кластер входит г. Москва с наибольшим удельным потреблением по РФ (свыше 51 тыс. руб. в месяц). Значения потребления рассчитаны в сопоставимых ценах 2021 года. Выявлено, что в областях со средними потребительскими расходами (первый кластер) увеличение потребления в 2 раза позволит увеличить рождаемость на 16,3 % и уменьшить смертность на 15,9 %. Построенные функции возможного повышения рождаемости и снижения смертности населения могут быть использованы для демографических прогнозов, а также стратегий социально-экономического развития.

Ключевые слова: математическое моделирование, социально-экономическая система, рождаемость, смертность, среднедушевое потребление.

Введение

Население является ключевой ценностью любой территории. Демографические показатели, которые обеспечивают рост численности населения социально-экономической системы, служат базой ее стабильного развития. Важным элементом является не только численное воспроизводство населения, но и баланс демографических процессов. Поддерживание оптимальных пропорций между численностью экономически активного населения и населения, не участвующего в экономических процессах, позволяет экономике находиться в режиме устойчивого роста [1, 2]. В этой связи актуально изучение тенденций и возможностей изменения демографической динамики. Эти исследования необходимы для стратегического планирования развития территорий.

На протяжении многих лет Россия входит в десятку крупнейших стран мира по численности населения. В настоящее время (на 1 января 2023 г.) численность населения России, согласно официальным данным (<https://rosstat.gov.ru/folder/12781>), составляет 146,4 млн человек; РФ занимает на этот момент девятое место в мире (Население стран мира по численности // Статистика и показатели. URL: <https://rosinfostat.ru/naselenie-stran/#i> (дата обращения: 02.06.2023)).

Если рассматривать последний временной период, то за последние 5 лет общая численность населения в стране снизилась на 0,3 %. Также сократилось число родившихся в РФ с 1,69 млн человек в 2017 г. до 1,30 млн человек в 2022 г. (снижение составило

23,0 %). В то же время за последний пятилетний период наблюдается рост числа умерших с 1,83 до 1,90 млн человек (увеличение составило 3,8 %).

Федеральная служба государственной статистики РФ (<https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/72529>) предоставляет разные варианты прогнозов численности населения РФ. Пессимистичный вариант прогнозирует сокращение численности населения до 134,3 млн человек в период с 2023 по 2036 год, т. е. уменьшение на 12,1 млн человек. Значительно меньше Россия потеряет к 2036 году при среднем варианте прогноза – 3,5 млн человек, а численность населения составит 142,9 млн человек в 2036 году. Оптимистичный вариант прогноза предполагает увеличение численности населения до 150,1 тыс. человек, т. е. на 3,7 млн человек за 12 лет.

Важным регулятором демографической динамики, процессов рождаемости и смертности является проводимая Правительством РФ социально-экономическая политика. Так, национальный проект «Демография» направлен на поддержку семей с детьми, на поддержку активного долголетия и здорового образа жизни населения (Национальный проект «Демография» // АНО «Национальные приоритеты». URL: <https://xn--80aarpmpemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects> (дата обращения: 03.06.2023)).

На уровень рождаемости и смертности влияет большое количество факторов. Среди них можно выделить прямые и косвенные [3, 4]. Самое прямое влияние оказывает непосредственно состояние здоровья населения [5, 6], а также миграция [7, 8], кото-

рая механически изменяет количество людей. В основном можно говорить о косвенном влиянии, оказываемом факторами в большей или меньшей степени. Важным косвенным фактором рождаемости и смертности является благосостояние населения, получаемый денежный доход, уровень потребления [9–11]. Существенной мерой стали выплаты материнского капитала семьям, в которых появляется ребенок (Федеральный закон «О дополнительных мерах государственной поддержки семей, имеющих детей» от 29.12.2006 №256-ФЗ) [12, 13].

При изучении демографических и экономических процессов одним из важнейших инструментов, позволяющих проводить исследования и строить прогнозные оценки, является инструментарий математического моделирования.

Цель настоящей работы – оценить влияние потребления на рождаемость и смертность на территории РФ с использованием инструментария математического моделирования. Очевидно, что регионы РФ имеют существенные отличия по социально-экономическим, культурным, историческим, географическим и другим факторам [14, 15]. Степень влияния величины потребления в разных регионах будет различна. В данной работе численный анализ проведен с учетом этих различий.

Модель демографической динамики с учетом функций возможного повышения рождаемости и снижения смертности

Для моделирования динамики плотности распределения ρ населения по времени t и возрасту τ с учетом функций возможного повышения рождаемости ϕ и снижения смертности ψ использовано уравнение [16]:

$$\frac{\partial \rho(t, \tau)}{\partial t} + \frac{\partial \rho(t, \tau)}{\partial \tau} = -\mu(t, \tau)\psi(q)\rho(t, \tau). \quad (1)$$

В уравнении (1) функция μ определяет выбытие населения, связанное со смертностью. Пополнение населения, связанное с рождаемостью β , задается через граничное условие для переменной $\tau=0$ ($[\tau_1; \tau_2]$ – диапазон фертильности женщин):

$$\rho(t, 0) = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \beta(t, \tau)\phi(q)\rho(t, \tau)d\tau, \quad t > t_0. \quad (2)$$

Функции возможного повышения рождаемости ϕ и снижения смертности ψ зависят от потребления $q = c/c_0$, где c – удельное ежемесячное потребление в текущем году t , руб./чел.; c_0 – удельное ежемесячное потребление в базисном году t_0 , руб./чел.

Для замыкания задачи моделирования демографической динамики с учетом функций возможного повышения рождаемости и снижения смертности задается начальное условие при $t = t_0$:

$$\rho(t_0, \tau) = \rho_0(\tau), \quad \tau > 0. \quad (3)$$

Функции возможного повышения рождаемости и снижения смертности есть функции, зависящие от экономического параметра. Некоторые результаты моделирования влияния экономических характеристик на демографические процессы для социально-экономической системы Удмуртской Республики представлены в работах [17, 18].

На рис. 1 приведены фактические распределения населения РФ по возрастам в 2011 году и 2021 году. Графики построены по данным исследования Российской экономической школы (Центр демографических исследований // Российская экономическая школа. URL: http://demogr.nes.ru/index.php/ru/demogr_indicat/data (дата обращения 04.06.2023)).

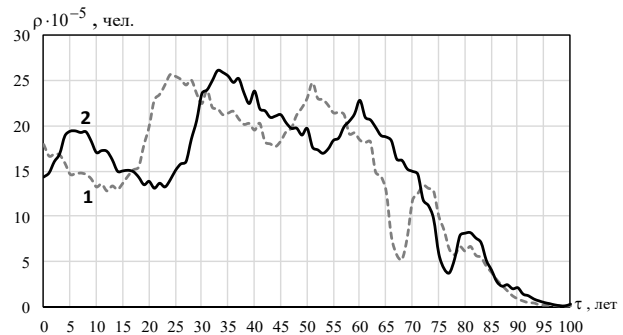


Рис. 1. Распределение численности населения РФ по возрастам: 1 – в 2011 году; 2 – в 2021 году

Fig. 1. The population distribution of the Russian Federation by ages: 1 - 2011 year; 2 - 2021 year

Были проанализированы статистические данные по демографическим показателям РФ за период 2011–2021 гг. Исследование показало, что функции плотности распределения рождений $\beta(t, \tau)$ и смертности $\mu(t, \tau)$ можно оценивать в допущении: $\beta(t, \tau) = \tilde{\beta}(\tau)$ и $\mu(t, \tau) = \tilde{\mu}(\tau)$. Это обусловлено тем, что, несмотря на изменение количества рождений и смертей в год t , структура этих показателей в распределении по возрастам в среднем сохраняется. На рис. 2, а и б представлены функции $\tilde{\beta}(\tau)$ и $\tilde{\mu}(\tau)$, построенные по статистическим данным РФ (<https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>) за период 2011–2021 гг.

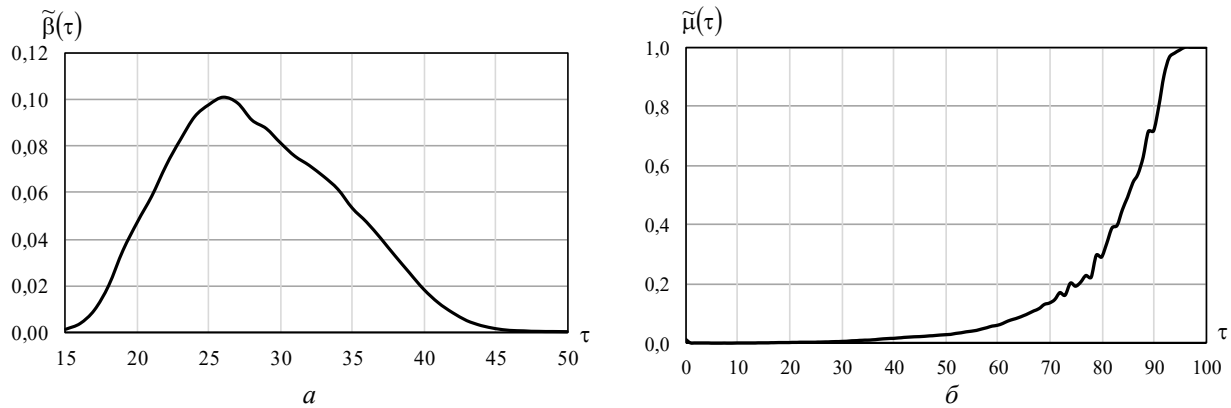


Рис. 2. Эмпирические кривые для РФ за период 2011 – 2021 гг.:
 a – рождаемость; b – смертность населения

Fig. 2. Empirical curves for the Russian Federation for the period 2011 – 2021:
 a – the birth rate; b – the mortality rate of the population

Для изучения влияния потребления на рост рождаемости и снижение смертности выполним пространственно-временную дифференциацию регионов Российской Федерации.

Пространственно-временная дифференциация регионов РФ по показателям рождаемости/ смертности и потреблению

В настоящем исследовании в качестве фактора, влияющего на рождаемость/смертность, выбрано обобщенное потребление $q = c/c_0$, где c – совокупное удельное потребление в год t ; c_0 – совокупное удельное потребление в базовый год. В совокупное потребление включены продукты питания, одежда, расходы на образование, здравоохранение, посещение культурных мероприятий.

Проанализируем статистические данные регионов РФ для их пространственно-временной дифференциации. Рассмотрим 85 регионов в течение 11-летнего периода 2011–2021 гг. Для возможности сопоставления и группировки имеющейся статистики

изучены регионы, которые постоянно входили в территорию РФ за рассматриваемый период.

Коэффициенты рождаемости $\bar{\beta}$ и смертности $\bar{\mu}$ рассчитываются в соответствии с методологией (Методологические пояснения // Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/metod-poyasn_demo.htm (дата обращения: 04.06.2023)) как отношение числа родившихся и числа умерших соответственно в течение календарного года к среднегодовой численности населения. Исчисляются в промилле (на 1000 человек населения). Удельное ежемесячное потребление c приведено к сопоставимым ценам 2021 г. с использованием индекса-дефлятора (<https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>).

Пространственно-временная дифференциация регионов РФ по коэффициентам рождаемости $\bar{\beta}$, смертности $\bar{\mu}$ и совокупному удельному потреблению c за период 2011–2021 гг. представлена на рис. 3.

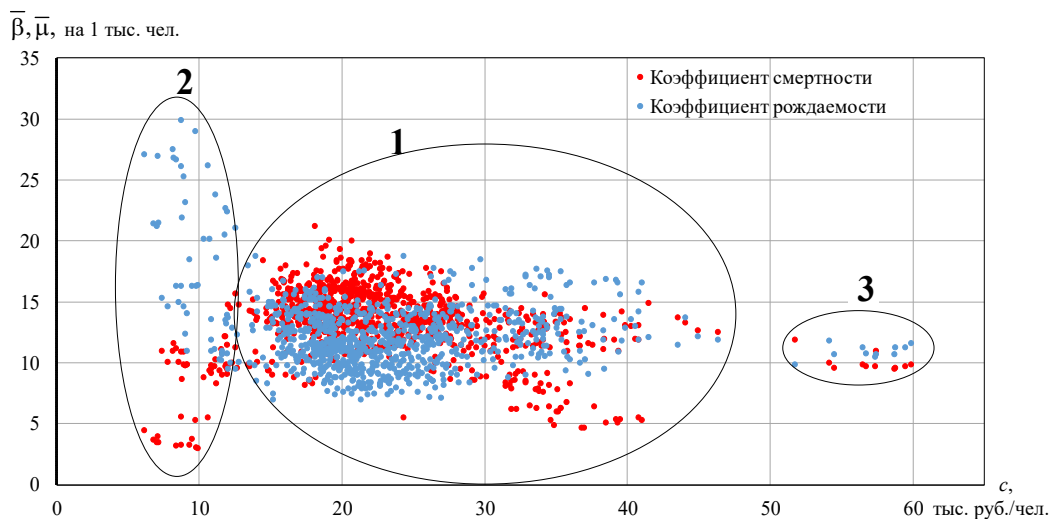


Рис. 3. Пространственно-временная дифференциация регионов РФ по рождаемости/смертности и потреблению

Fig. 3. Spatiotemporal differentiation of the Russian Federation regions by birth/mortality rates and consumption

На основании различий между регионами РФ по ряду социально-экономических, культурных, исторических, географических и прочих факторов были выделены 3 кластера (рис. 3). Исследования показали, что состав кластеров в рассматриваемый 11-летний период остается неизменным.

Кластер 1 с удельным ежемесячным потреблением 13–46 тыс. руб. содержит 75 регионов. Кластер 2 состоит из регионов с удельным ежемесячным потреблением 13 тыс. руб. и менее. В него входят Алтай, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Калмыкия, Карачаево-Черкесская Рес-

публика, Мордовия, Тыва, Чеченская Республика. В кластер 3 входит г. Москва с наибольшим удельным потреблением по РФ (свыше 51 тыс. руб. в месяц). Значения потребления рассчитаны в сопоставимых ценах 2021 года.

Далее определим, влияет ли величина потребления на процессы рождаемости и смертности в каждом из кластеров. На рис. 4 представлено изменение результирующего признака (рождаемость/смертность) в зависимости от фактора потребления в каждом кластере. По каждому кластеру показаны диапазоны изменения признака.

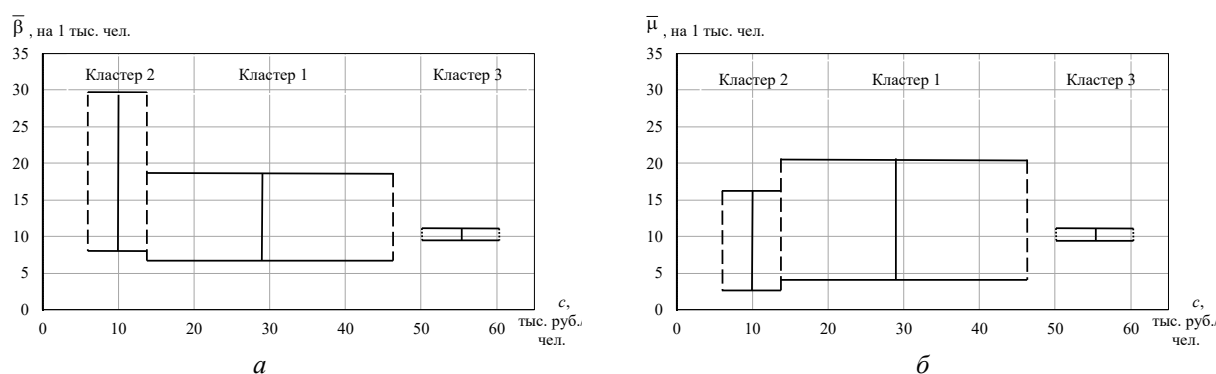


Рис. 4. Изменение результирующего признака в зависимости от фактора потребления в каждом кластере: а – рождаемость; б – смертность

Fig. 4. Changing the effective feature depending on the consumption factor in each cluster: а - birth rate; б - mortality rate

В табл. 1 приведены расчеты внутригрупповой дисперсии и общей дисперсии по показателям рождаемости, смертности и потребления на основе

статистических данных регионов РФ за период 2011–2021 гг.

Таблица 1. Внутригрупповая и общая дисперсия рождаемости, смертности и потребления по статистическим данным регионов РФ за период 2011–2021 гг.

Table 1. Within group and overall variance of birth rate, mortality rate and consumption according to the statistical data of the Russian Federation regions for the period 2011–2021

Показатель	Внутригрупповая дисперсия показателя			Дисперсия по всем регионам в целом
	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	
Рождаемость	4,8	36,2	0,2	8,7
Смертность	6,2	11,0	0,5	8,1
Потребление	35,2	4,2	5,7	57,8

Исследование показало (рис. 4 и табл. 1), что для кластера 1 – кластера с наибольшим количеством регионов – прослеживается положительное влияние величины потребления на демографические процессы. В кластерах 2 и 3 находятся регионы, в которых такая зависимость отсутствует. Так, кластер 2 демонстрирует очень маленький диапазон по потреблению и неадекватно широкий диапазон по рождаемости и смертности (область низких значений потребления). Кластер 3 – область высоких значений потребления – демонстрирует отсутствие вариации рождаемости по сравнению с кластером 1.

В этой связи практический интерес представляет совокупность регионов, входящих в кластер 1, в которых и находится потенциал для регулирования демографических показателей. Крайние кластеры 2 и

3, очевидно, должны быть по показателю потребления, в идеальном варианте, приведены к значениям кластера 1.

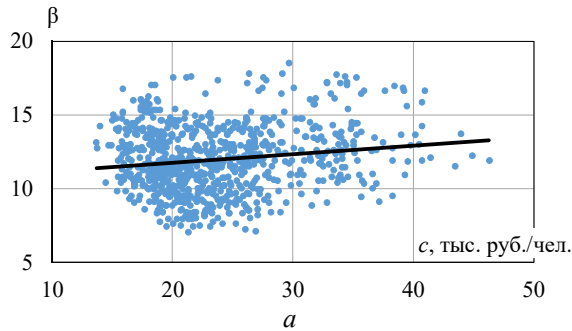
Построение функций возможного повышения рождаемости и снижения смертности в зависимости от уровня потребления

Изучим кластер 1, в который входят регионы с потребительскими расходами в диапазоне от 13 тыс. руб./мес. до 46 тыс. руб./мес. В этом кластере находится подавляющее большинство регионов (75 субъектов РФ), и именно этот кластер является определяющим в поведении социально-экономической динамики страны.

Анализ поля корреляции рождаемости и смертности в зависимости от совокупного потребления (рис. 3) свидетельствует о том, что их изменение под

действием фактора потребления носит линейный характер. Математические модели могут быть представлены в виде $\bar{\beta}(c) = a_1 + b_1c$, $\bar{\mu}(c) = a_2 + b_2c$, где a_1, b_1, a_2, b_2 – неизвестные, требующие идентификации коэффициенты.

Коэффициенты линейных регрессионных зависимостей были оценены с использованием метода наименьших квадратов [19]. Полученные функции зави-



симости коэффициентов рождаемости от потребления $\bar{\beta}(c)$ и зависимости коэффициентов смертности от потребления $\bar{\mu}(c)$ имеют вид:

$$\bar{\beta}(c) = 10,57 + 0,06c, \quad (4a)$$

$$\bar{\mu}(c) = 19,10 - 0,22c. \quad (4б)$$

Функции (4a) и (4б) для кластера 1 представлены на рис. 5, а и б.

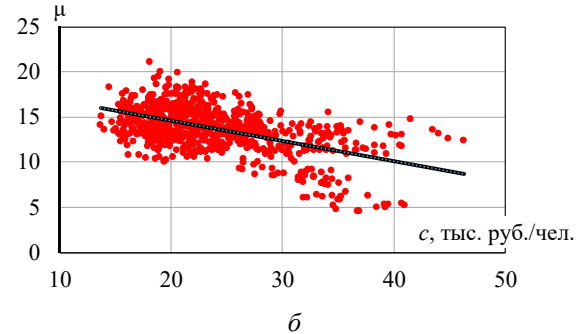


Рис. 5. Зависимость от удельного потребления: а – коэффициента рождаемости; б – коэффициента смертности

Fig. 5. Dependence on consumer spending: а) birthrate; б) mortalityrate

Таким образом, в рассматриваемых регионах выявлено наличие зависимости роста рождаемости и снижения смертности населения от совокупного потребления.

Выполнена проверка значимости коэффициентов полученных зависимостей (4a), (4б) по t -критерию Стьюдента [20]. Коэффициент регрессии b значим, если

$$|t_b| > t_{\text{крит}}(\alpha; n - 2), \quad (5)$$

где $t_b = \frac{b}{S_b}$, S_b – стандартное отклонение коэффициента b .

Для функции рождаемости (4a) получено: $|t_b| = 4,59$. При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и количестве наблюдений $n = 825$ (наблюдения за 11-летний период для 75 регионов) $t_{\text{крит}}(0,05; 823) = 1,96$ – критическое значение, определяемое по таблице распределения Стьюдента. Поскольку в соответствии с (5) $|t_b| = 4,59 > t_{\text{крит}} = 1,96$,

то коэффициент b в регрессии (4a) статистически значим. Аналогично выполняется проверка значимости коэффициента a регрессии (4,a): $|t_a| = 33,8 > t_{\text{крит}}(0,05; 823) = 1,96$. Следовательно, оба коэффициента регрессии (4a) статистически значимы, модель адекватна.

Для функции смертности (4б) получено: $|t_b| = 18,1 > t_{\text{крит}} = 1,96$ и $|t_a| = 63,2 > t_{\text{крит}} = 1,96$. Следовательно, оба коэффициента регрессии (4б) статистически значимы, модель адекватна. Согласно [16], функции возможного повышения рождаемости $\varphi(q)$

и возможного снижения смертности $\psi(q)$ определяем в виде:

$$\varphi(q) = \varphi_0 \left(1 + \varphi_1 \cdot e^{-\frac{\varphi_2}{q}} \right), \quad \psi(q) = \psi_0 \left(1 - \psi_1 \cdot e^{-\frac{\psi_2}{q}} \right), \quad (6)$$

где параметры $\varphi_i, \psi_i, i = \overline{0,2}$ определяются на основе статистических данных.

С другой стороны, для исследуемой совокупности регионов функции возможного повышения рождаемости и возможного снижения смертности имеют вид:

$$\varphi(q) = \frac{\bar{\beta}(c)}{\bar{\beta}(c_0)} = \frac{10,57 + 0,06c_0q}{10,57 + 0,06c_0},$$

$$\psi(q) = \frac{\bar{\mu}(c)}{\bar{\mu}(c_0)} = \frac{19,1 - 0,22c_0q}{19,1 - 0,22c_0}. \quad (7)$$

Зависимости (6) будем определять так, чтобы на линейном участке они были равны зависимостям (7).

Для этого положим:

$$\text{Lin}(q_{\min}) = \text{Exp}(q_{\min}), \quad \text{Lin}(q_{\max}) = \text{Exp}(q_{\max}),$$

$$\text{Exp}(1) = 1, \quad (8)$$

где Exp – обозначение зависимостей (6); Lin – обозначение зависимостей (7); $q_{\max} = c_{\max} / c_0$, $q_{\min} = c_{\min} / c_0$ – соответственно максимальное и минимальное значение величины q в исследуемом диапазоне изменения параметров; c_{\max} и c_{\min} – максимальное и минимальное удельное потребление в РФ в 2011–2021 гг.

В табл. 2 приведены численные значения коэффициентов (6), рассчитанные с учетом (8).

Таблица 2. Коэффициенты функций возможного повышения рождаемости и возможного снижения смертности

Table 2. Coefficients functions of the birth rate growth and the mortality reduction

Коэффициент	Φ_0	Φ_1	Φ_2	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Значение	0,91	0,78	2,02	1,21	0,55	1,17

Тогда функции (6) для кластера 1 имеют вид:

$$\varphi(q) = 0,91 \cdot \left(1 + 0,78 \cdot e^{-\frac{2,02}{q}} \right), \quad (9a)$$

$$\psi(q) = 1,21 \cdot \left(1 - 0,55 \cdot e^{-\frac{1,17}{q}} \right). \quad (9б)$$

Функции (9a) и (9б) для регионов, входящих в кластер 1, приведен на рис. 6.

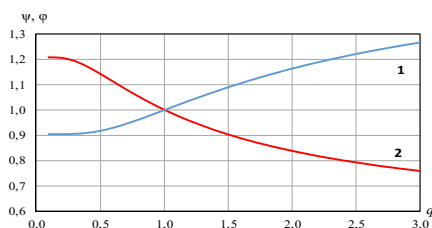


Рис. 6. Функции: 1 – возможного увеличения рождаемости $\varphi(q)$; 2 – возможного снижения смертности $\psi(q)$

Fig. 6. Logistic functions: 1 - the birth rate growth $\varphi(q)$; 2 - the mortality reduction $\psi(q)$

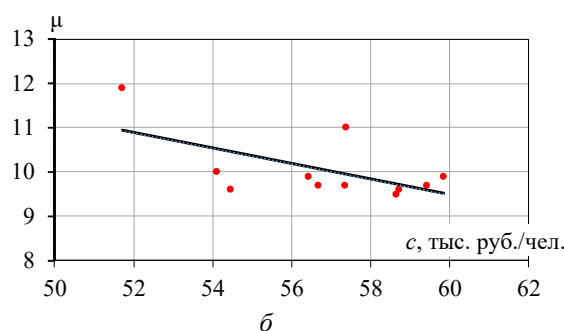
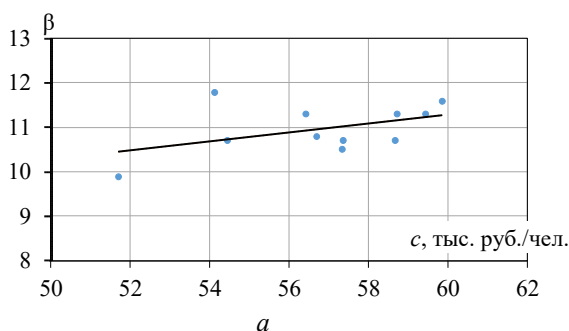


Рис. 7. Зависимость от удельного потребления в г. Москве: а – коэффициента рождаемости; б – коэффициента смертности

Fig. 7. Dependence on consumer spending in Moscow: a) birth rate; б) mortality rate

Сравнение коэффициентов в моделях рождаемости (4a) и (10a) говорит о том, что эти коэффициенты сопоставимы: значение 0,06 для регионов кластера 1 и значение 0,10 для г. Москвы.

Данные коэффициенты характеризуют темп увеличения рождаемости. В то же время в кластере 1 средняя рождаемость выше, чем в г. Москве. Начальное по потреблению значение рождаемости для регионов первого кластера в 2 раза выше, чем для г. Москвы.

Сравнение же по моделям (4б) и (10б) для смертности показывает, что их коэффициенты также сопоставимы: значение $(-0,22)$ для регионов кластера и значение $(-0,18)$ для г. Москвы.

Таким образом, в областях со средними потребительскими расходами (13–46 тыс. руб./чел.) увеличение потребления в 2 раза позволит увеличить рождаемость на 16,3 % и уменьшить смертность на 15,9 %.

Рост потребления в 3 раза позволит увеличить рождаемость на 26,5 % и уменьшить смертность на 24,0 %.

Рассмотрим кластер 3, где наблюдается максимальное потребление. Как показала группировка (рис. 3), в него входит только г. Москва.

Функции зависимости коэффициентов рождаемости $\bar{\beta}(c)$ и коэффициентов смертности $\bar{\mu}(c)$ от потребления c для кластера 3 имеют вид:

$$\bar{\beta}(c) = 5,30 + 0,10c, \quad (10a)$$

$$\bar{\mu}(c) = 20,05 - 0,18c. \quad (10б)$$

Регрессионные зависимости для г. Москвы представлены на рис. 7, а и б.

Но, в отличие от рождаемости, у смертности начальные значения по потреблению в двух кластерах почти совпадают (19,10 и 20,05). Это говорит о том, что зависимости смертности от потребления в них имеют одинаковый характер.

Прогноз численности населения РФ с учетом функций возможного повышения рождаемости и снижения смертности в зависимости от уровня потребления

На рис. 8 представлен прогноз численности населения РФ по данным Росстата (<https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/72529>) и прогноз численности населения с учетом возможного увеличения рождаемости и возможного снижения смертности при увеличении потребления в 2 раза.

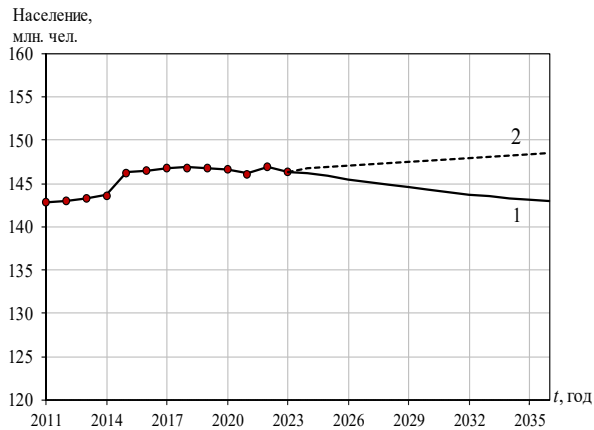


Рис. 8. Прогнозная численность населения РФ: 1 – средний вариант прогноза Росстата, 2 – прогноз с учетом возможного увеличения рождаемости и возможного снижения смертности при двукратном увеличении потребления

Fig. 8. Forecast population of the Russian Federation: 1 - the average version of the Rosstat forecast, 2 - forecast taking into account a possible increase in the birth rate and a possible decrease in mortality with a twofold increase in consumption

Согласно среднему варианту прогноза Росстата, численность населения РФ начиная с 2023 года будет ежегодно снижаться на 0,2 % относительно показателя 2023 года и достигнет в 2036 году 143,0 млн чел.

Прогноз с учетом возможного увеличения рождаемости и возможного снижения смертности при двукратном увеличении потребления предполагает, что средний ежегодный рост численности населения в период с 2023–2036 гг. составит 0,1 %; в таком случае к 2036 году показатель численности населения РФ может достигнуть 148,6 млн чел.

Заключение

В работе изучено влияние потребления на показатели рождаемости и смертности населения. База исследования – официальные статистические данные Российской Федерации за период 2011–2021 годы по 85 субъектам. Значения потребления приведены к ценам 2021 года.

Проведенные расчеты зависимости рождаемости и смертности от фактора потребительских расходов на душу населения позволили выделить среди субъектов РФ три основных кластера. Кластер 1 с удельным ежемесячным потреблением 13–46 тыс. руб. содержит 75 регионов. Кластер 2 состоит из регионов с удельным ежемесячным потреблением 13 тыс. руб. и менее. В него входят Алтай, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Калмыкия, Карачаево-Черкесская Республика, Мордовия, Тыва, Чеченская Республика. В кластер 3 входит г. Москва с наибольшим удельным потреблением по РФ (свыше 51 тыс. руб. в месяц). Значения потребления рассчитаны в сопоставимых ценах 2021 года.

Моделирование зависимости рождаемости и смертности от уровня потребления в первом кластере показало, что в областях со средними потребительскими расходами (13–46 тыс. руб.) увеличение по-

требления в 2 раза позволит увеличить рождаемость на 16,3 % и уменьшить смертность на 15,9 %.

Регионы, находящиеся в диапазоне высоких значений потребления (третий кластер), демонстрируют отсутствие зависимости рождаемости от потребления. Причем средний уровень рождений в этом кластере в 2 раза ниже, чем в регионах, образующих первый кластер. Смертность в третьем кластере от потребления носит ту же зависимость, что и в первом кластере.

Таким образом, добиться значительного увеличения рождаемости и снижения смертности (насколько это возможно с биологической точки зрения) можно, уменьшая дифференциацию населения по потреблению. Так, при построении социально-экономических стратегий в РФ важной задачей, по мнению авторов, в соответствии с проведенными расчетами является перемещение регионов из второго кластера с малым значением потребления в первый кластер с более высокими значениями удельного потребления.

Библиографические ссылки

1. Трудовое положение экономических активного населения домохозяйств с детьми / Е. В. Одинцова, М. Б. Козлова, В. И. Рязанцев, В. А. Черных // Социальное пространство. 2023. Т. 9, № 3. DOI: 10.15838/sa.2023.3.39.2.
2. Захарова Е. Н., Леонтьева А. В., Рыковская О. О. Реализация комплексного подхода к решению социальных и демографических проблем на региональном уровне // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13, № 3-1. С. 197–205. DOI: 10.34670/AR.2023.67.58.019.
3. Каушенов, А. В. Методология анализа и прогнозирования рождаемости на основе влияния экономических факторов // Социально-трудовые исследования. 2019. № 2 (35). С. 16–28. DOI: 10.34022/2658-3712-2019-35-2-16-28.
4. Ketova K.V., Vavilova D.D. Modelling a human capital of an economic system with neural networks // Journal of Physics: Conference Series. 2020. 012035. DOI: 10.1088/1742-6596/1703/1/012035.
5. Ильдарханова Ч. И., Ибрагимова А. А., Абдульязов А. Р. Динамика естественного движения населения как угроза демографической безопасности России // Народонаселение. 2022. Т. 25, № 3. С. 4–17. DOI: 10.19181/population.2022.25.3.1.
6. Кетова К. В., Вавилова Д. Д. Структурно-динамический анализ составляющей здоровья человеческого капитала социально-экономической системы // Статистика и Экономика. 2021. Т. 18, № 1. С. 54–66. DOI: 10.21686/2500-3925-2021-1-54-66.
7. Сигарева Е. П., Сиволясова С. Ю. Влияние внешней миграции на брачность и рождаемость в современной России // Научный результат. Социология и управление. 2022. Т. 8, № 1. С. 68–81. DOI: 10.18413/2408-9338-2022-8-1-0-6.
8. Зотиков Н. З., Арланова О. И. Демографическая ситуация в регионах // Социальные и экономические системы. 2023. № 4-1 (45). С. 155–176.
9. Сахбетдинова К. И. Детерминанты рождаемости в российских семьях // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2020. № 6. С. 104–123.
10. Ильин В. А., Шабунова А. А., Калачикова О. Н. Потенциал повышения рождаемости и семейно-демографическая политика России // Вестник Российской академии наук. 2021. Т. 91, № 9. С. 831–844. DOI: 10.31857/S0869587321090048.

11. Широв А. А. Социальные приоритеты развития российской экономики // Научные труды Вольного экономического общества России. 2022. Т. 238, № 6. С. 133–156. DOI: 10.38197/2072-2060-2022-238-6-133-156.

12. Быстров, А. А. Материнский капитал: стимулирование рождаемости? // Социологические исследования. – 2018. – № 12 (296). – С. 91–96.

13. Заярная И. А., Сейфиева Е. Н. Материнский капитал как способ государственного воздействия на повышение рождаемости // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 7-1. С. 44–48. DOI: 10.17513/vaael.2897.

14. Голова И. М., Суховой А. Ф. Дифференциация стратегий инновационного развития с учетом специфики российских регионов // Экономика региона. 2019. Т. 15, № 4. С. 1294–1308. DOI: 10.17059/2019-4-25.

15. Игонина Л. Л. Дифференциация российских регионов по уровню финансово-инвестиционного развития // Фундаментальные исследования. 2020. № 4. С. 41–46. DOI: 10.17513/fr.42721.

16. Кетова К. В. Разработка методов исследования и оптимизация стратегии развития экономической системы региона : дис. ... д-ра физ.-мат. наук / ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет». Ижевск, 2008.

17. Кетова К. В. Об одной задаче макроэкономической динамики региона с учетом факторов экономического развития // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2007. № 3. С. 33–40.

18. Попова Н. М., Яхонтова К. А., Сусекова Т. В. Влияние материнского капитала на повышение рождаемости в Удмуртской Республике // Синергия наук. 2018. № 22. С. 1217–1228.

19. Skorobogatyy E. Yu., Mukhina S. N. К вопросу о методах нахождения оценок параметров регрессионных моделей // Известия Балтийской государственной академии. 2023. № 3 (65). С. 205–212. DOI: 10.46845/519.242071-5331-2023-3-65-205-212.

20. Базилевский М. П. Оценивание линейно-нелементарных регрессионных моделей с помощью метода наименьших квадратов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020. Т. 8, № 4 (31). DOI: 10.26102/2310-6018/2020.31.4.026.

References

1. Odintsova E.V., Kozlova M.B., Ryazantsev V.I., Chernykh V.A. [Labor status of the economically active population of households with children]. *Sotsial'noe prostranstvo*. 2023. Vol. 9, no. 3 (in Russ.). DOI: 10.15838/sa.2023.3.39.2.

2. Zakharova E.N., Leont'eva A.V., Rykovskaya O.O. [Implementation of an integrated approach to solving social and demographic problems at the regional level]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*. 2023. Vol. 13, no. 3-1, pp. 197-205 (in Russ.). DOI: 10.34670/AR.2023.67.58.019.

3. Kashpov A.V. [Methodology for analysis and forecasting of fertility based on the influence of economic factors]. *Sotsial'no-trudovye issledovaniya*. 2019. No. 2, pp. 16-28 (in Russ.). DOI: 10.34022/2658-3712-2019-35-2-16-28.

4. Ketova K.V., Vavilova D.D. (2020). *Journal of Physics: Conference Series*. 012035. DOI:10.1088/1742-6596/1703/1/012035.

5. Ildarkhanova C.H.I., Ibragimova A.A., Abdulzyanov A.R. [Dynamics of natural population movement as a threat to Russia's demographic security]. *Narodonaselenie*. 2022, vol. 25,

no. 3, pp. 4-17 (in Russ.). DOI: 10.19181/population.2022.25.3.1.

6. Ketova K.V., Vavilova D.D. [Structural and dynamic analysis of the health component of human capital of the socio-economic system]. *Statistika i Jekonomika*. 2021, vol. 18, no. 1, pp. 54-66 (in Russ.). DOI: 10.21686/2500-3925-2021-1-54-66.

7. Sigareva E.P., Sivoplyasova S.Yu. [The influence of external migration on marriage and birth rates in modern Russia]. *Nauchnyi rezul'tat. Sotsiologiya i upravlenie*. 2022. Vol. 8, no. 1, pp. 68-81 (in Russ.). DOI: 10.18413/2408-9338-2022-8-1-0-6.

8. Zotikov N.Z., Arlanova O.I. [Demographic situation in the regions]. *Sotsial'nye i ekonomicheskie sistemy*. 2023. Vol. 4-1, pp. 155-176 (in Russ.).

9. Sahbetdinova K.I. [Determinants of fertility in Russian families]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Jekonomika*. 2020. No. 6, pp. 104 (in Russ.).

10. Il'in V.A., Shabunova A.A., Kalachikova O.N. [The potential for increasing the birth rate and family and demographic policy in Russia]. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*. 2021. Vol. 91, no. 9, pp. 831-844. DOI: 10.31857/S0869587321090048.(inRuss.).

11. Shirov A.A. [Social priorities for the development of the Russian economy]. *Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii*. 2022. Vol. 238, no. 6, pp. 133-156 (in Russ.). DOI: 10.38197/2072-2060-2022-238-6-133-156.

12. Bystrov A.A. [Maternity capital: stimulating fertility?]. *Sociological research*. 2018. No. 12, pp. 91-96 (in Russ.).

13. Zayarnaya I.A., Seifieva E.N. [Maternity capital as a way of government influence on increasing the birth rate]. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava*. 2023. no. 7-1, pp. 44-48 (in Russ.). DOI: 10.17513/vaael.2897.

14. Golova I.M., Sukhovey A.F. [Differentiation of innovative development strategies taking into account the specifics of Russian regions]. *Ekonomika regiona*. 2019. No. 15, pp. 1294-1308 (in Russ.). DOI:10.17059/2019-4-25.

15. Igonina L.L. [Differentiation of Russian regions by level of financial and investment development]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2020. No. 4, pp. 41-46 (in Russ.). DOI: 10.17513/fr.42721

16. Ketova K.V. *Razrabotka metodov issledovaniya i optimizatsiya strategii razvitiya ekonomicheskoi sistemy regiona* [Development of research methods and optimization of the development strategy of the regional economic system]: PhD thesis. Izhevsk, 2008 (in Russ.).

17. Ketova K.V. [On one problem of macroeconomic dynamics of the region taking into account factors of economic development]. *Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 2007. No 3, pp. 33-40. (In Russ.).

18. Popova N.M., Yakhontova K.A., Susekova T.V. [The influence of maternal capital on increasing the birth rate in the Udmurt Republic]. *Sinergija Nauk*. 2018. No. 22, pp. 1217-1228 (in Russ.).

19. Skorobogatykh E.Y., Mukhina S.N. [On the issue of methods for finding estimates of parameters of regression models]. *Izvestiya Baltiiskoi gosudarstvennoi akademii*. 2023. Vol. 3 (65), pp. 205-212 (in Russ.). DOI: 10.46845/519.242071-5331-2023-3-65-205-212.

20. Bazilevskii M.P. [Estimating Linear Non-Elementary Regression Models Using Least Squares]. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2020. Vol. 8, no. 4 (in Russ.). DOI: 10.26102/2310-6018/2020.31.4.026.

The Consumption effect on the Birth Rate Growth and the Mortality Reduction in Spatiotemporal Differentiation of the Russian Federation Regions

K. V. Ketova, Doctor of Physics and Mathematics, Professor; Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia
D. D. Vavilova, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

The social and economic development sustainability depends on the numerical reproduction of population. Here, an important factor is the population welfare, the income received or the level of consumption. The possibility of a birth rate increase and a mortality decrease in the regions of the Russian Federation depending on the consumption variation is being studied in this article. The information base of the research contains official statistical data on the indicators of birth rate, mortality and per capita consumption of the population in the Russian Federation's regions. Numerical analysis and modeling of birth rate and mortality dependence on consumption were carried out according to the data reflected in the federal statistical accounting system for the period of 2011-2021 for 85 regions of the Russian Federation. The article considers techniques, algorithms and methods of mathematical and statistical modeling. The calculations of birth rate and mortality dependence on the per capita consumption factor made it possible to distinguish three main clusters among the regions of the Russian Federation. The first cluster with a specific monthly consumption of 13-46 thousand rubles contains 75 regions. The second cluster consists of regions with a specific monthly consumption of 13 thousand rubles and less. It includes Altai, Dagestan, Ingushetia, the Kabardino-Balkarian Republic, Kalmykia, the Karachay-Cherkess Republic, Mordovia, Tyva, the Chechen Republic. The third cluster includes the city of Moscow with the highest specific consumption in the Russian Federation (over 51 thousand rubles per month). Consumption values are calculated at comparable 2021 prices. The study revealed that for areas with average consumer spending, a 2-fold increase in consumption will increase the birth rate by 16.3% and reduce mortality by 15.9%. The obtained functions of a possible increase in the birth rate and reduction of mortality of the population can be used for demographic forecasts, as well as socio-economic development strategies.

Keywords: mathematical modeling, socio-economic system, birth rate, mortality rate, per capita consumption.

Получено: 12.10.23

Образец цитирования

Кетова К. В., Вавилова Д. Д. Изучение влияния потребления на рост рождаемости и снижение смертности в пространственно-временной дифференциации регионов Российской Федерации // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 24, № 1. С. 69–77. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-4-69-77.

For Citation

Ketova K.V., Vavilova D.D. [The research of consumption impact on the birth rate growth and the mortality reduction in spatiotemporal differentiation of the Russian Federation Regions]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 1, pp. 69-77. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-1-69-77.