



DOI: 10.19181/population.2022.25.4.2
EDN: ENCJAM

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛОМ ВОСПРОИЗВОДСТВА НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Сукиасян А. Г.

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова
(117997, Россия, Москва, Стремянный пер., 36)

E-mail: sukiasyan.ag@rea.ru

Финансирование:

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-010-00307.

Для цитирования:

Сукиасян А. Г. Модели управления потенциалом воспроизводства населения регионов России на основе методов машинного обучения // Народонаселение. – 2022. – Т. 25. – № 4. – С. 16-29. DOI: 10.19181/population.2022.25.4.2; EDN: ENCJAM

Аннотация. Статья посвящена исследованию закономерностей развития потенциала воспроизводства населения регионов России с учётом сложившейся в них социально-экономической ситуации. Цель работы заключается в определении факторов социально-экономического развития регионов России, оказывающих наибольшее влияние на уровень воспроизводства населения и анализе чувствительности этой характеристики к изменениям в уровне социально-экономического положения регионов России. Для реализации этой цели проанализированы ключевые характеристики потенциала воспроизводства населения — предельный темп воспроизводства населения и стандартизированные коэффициенты рождаемости по пятилетним возрастным группам матерей за период с 1990 по 2020 годы. Изложенные в статье результаты получены в ходе исследования динамики воспроизводства населения и взаимозависимостей с основными социально-экономическими показателями регионов, оцененных методами корреляционного анализа и машинного обучения, по итогам апробирования которых были определены наиболее информативные факторы, оказывающие существенное влияние на процесс воспроизводства страны и её регионов с учётом возрастной структуры матерей. В частности, было выявлено, что с увеличением возраста матери возрастает влияние факторов, характеризующих экономическое благополучие, при принятии решения о рождении ребенка, тогда как в более молодых возрастных группах большую значимость обретают показатели социального благополучия. На базе этих моделей были получены оценки чувствительности индикаторов воспроизводства населения и показателей рождаемости в каждой из исследуемых возрастных групп матерей в случае изменения уровней социально-экономических факторов. На основе проведённого анализа были сформулированы выводы о влиянии социально-экономической обстановки в стране и регионах на уровень рождаемости в различных возрастных группах матерей, а также в целом на потенциал воспроизводства.

Ключевые слова: повозрастная рождаемость, расширенное воспроизводство населения, депопуляция, предельный темп воспроизводства, модели машинного обучения.

© Сукиасян А. Г., 2022.

Введение

На сегодняшний день одной из ключевых целей развития страны, отражённой в Указе Президента России от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»¹ является обеспечение устойчивого естественного роста численности населения России, которое возможно при одновременном достижении других социальных целей национального развития: повышения ожидаемой продолжительности жизни, обеспечения устойчивого роста реальных доходов населения и снижения уровня бедности, улучшения жилищных условий семей. Проблема депопуляции населения приобрела особую важность в России в конце XX — начале XXI в., став следствием произошедших в ней масштабных политических, социальных и экономических трансформаций.

В последние годы в России реализуется множество различных программ, направленных на переход от депопуляции к расширенному режиму воспроизводства населения. Тем не менее, по итогам 2019–2020 гг. в стране сохранялась естественная убыль населения. Проблема усугубляется тем, что процесс депопуляции характерен почти для всех регионов России вне зависимости от их уровня развития [1; 2]. Этим обуславливается актуальность настоящего исследования, цель которого — выявить социально-экономические факторы, обуславливающие развитие потенциала воспроизводства в стране с учётом сложившихся в регионах социально-экономических условий. Принимая во внимание тот факт, что депопуляция является следствием не только сокращения рождаемости, но также и проблемы высокого уровня преждевременной смертности, в данной статье автором предложена попытка решения этой задачи только с точки зрения определения факторов, оказы-

вающих положительное влияние на процессы воспроизводства населения, и построения на их основе моделей управления. Результаты исследований проблем преждевременной смертности в России и её регионах приводятся автором в ряде других работ и здесь рассматриваться не будут [3].

В отечественной литературе предлагается много подходов к моделированию динамики тех или иных индикаторов демографического потенциала страны и её регионов и их взаимозависимости с показателями социально-экономического развития региона (страны) с использованием методов корреляционного анализа, эконометрического, имитационного, структурного моделирования [4]. В качестве характеристик демографического потенциала наиболее распространены такие показатели, как численность населения, естественный прирост населения, рождаемость, смертность и ожидаемая продолжительность жизни, а в качестве социально-экономических факторов использовались валовый региональный продукт, расходы на образование, здравоохранение, уровень преступности, уровень безработицы, экологическая обстановка региона и другие показатели [5; 6]. Большая часть моделей, представленная в современной научной литературе, базируется на классической модели линейной регрессии, которая при её достоинствах приводит к неудовлетворительным результатам в случае несбалансированности выборки, взаимной коррелированности объясняющих переменных, а также наличия нелинейных взаимосвязей между объясняющими и объясняемыми переменными, что характерно для практически всех социально-экономических процессов. В результате исследователи вынуждены исключать взаимокоррелированные факторы, что негативно отражается на информативности модели и не позволяет оценить влияния исключённых факторов в совокупности с другими на процесс воспроизводства населения, или применять дополнительные инструменты, направленные на

¹ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // Собрание законодательства РФ. — 14.05.2018. — № 20.

нивелирование вышеуказанных проблем (например, [7; 8]).

Современные модели, базирующиеся на методах машинного обучения, в этом смысле обладают существенными преимуществами, поскольку они позволяют выявлять закономерности на больших объёмах данных (79 регионов за 30 лет), характеризующихся нелинейностью взаимосвязей и мультиколлинеарностью. С точки зрения практического применения, данные модели позволяют оценить чувствительность потенциала воспроизводства населения к изменениям социально-экономических условий в регионе с учётом взаимной коррелированности факторов, которая негативно сказывается на качестве других типов эконометрических моделей. Это, в свою очередь, позволит органам, осуществляющим управление демографическими процессами, принимать эффективные адресные меры, направленные на переход регионов России от депопуляции к расширенному воспроизводству.

Настоящее исследование отражает результаты построения закономерностей развития потенциала воспроизводства населения регионов России с учётом постоянно меняющихся социально-экономических условий. Для измерения потенциала воспроизводства автором предлагается использовать предельный темп воспроизводства населения, который рассчитывается на основе коэффициентов рождаемости и дожития женского населения и характеризует темп замещения старого поколения новым. Оценка предельного темпа воспроизводства производится на основе числа родившихся на 1000 женщин в возрасте 15–49 лет и числа умерших женщин на 1000 человек в возрасте 0–49 лет по пятилетним возрастным группам и данных о численности женщин всех категорий фертильных возрастов [9]. Предельный темп воспроизводства численно представляет собой наибольшее собственное значение (Перронов корень) матрицы воспроизводства, для построения которой на основе вышеперечислен-

ных показателей рассчитываются коэффициенты дожития и коэффициенты рождаемости девочек. Значение показателя меньше 1 характеризует депопуляцию населения; значение больше или равное 1 интерпретируется как расширенное воспроизводство населения [10].

Выбор данного показателя обусловлен тем, что он, в отличие от вышеупомянутых, отражает изменения в структуре населения, связанные с процессами рождаемости, депопуляции, старения населения и позволяет оценить закономерности воспроизводства населения в отдалённой перспективе. Кроме того, предельный темп воспроизводства населения в динамике более эластичен к изменениям социально-экономических условий в регионах по сравнению с нетто-коэффициентом воспроизводства, который также рассчитывается по данным о рождаемости девочек и смертности женского населения, но характеризует интенсивность замены старых поколений новыми при постоянном темпе воспроизводства, что обуславливает, учитывая цель исследования и длительный временной промежуток в 30 лет, выбор предельного темпа воспроизводства населения в качестве показателя воспроизводства населения.

Динамика показателей воспроизводства населения в России

Предельный темп воспроизводства населения был получен автором для 79 регионов России за период с 1990 по 2020 годы. Анализ динамики данного показателя, представленный на рис. 1, позволяет обратить внимание на то, что, снижаясь с 1990 г. и достигнув своего минимума в 1999 г., в последующие годы предельный темп воспроизводства возрастает вплоть до 2016 г., однако не достигает значения равного или больше единицы, что свидетельствует о продолжающейся депопуляции населения. Кроме того, начиная с 2017 г. в России и её регионах наблюдается снижение предельного темпа воспроизводства несмотря на все реализуемые го-

сударством меры по повышению рождаемости населения, что свидетельствует об

их недостаточности в текущих социально-экономических условиях.

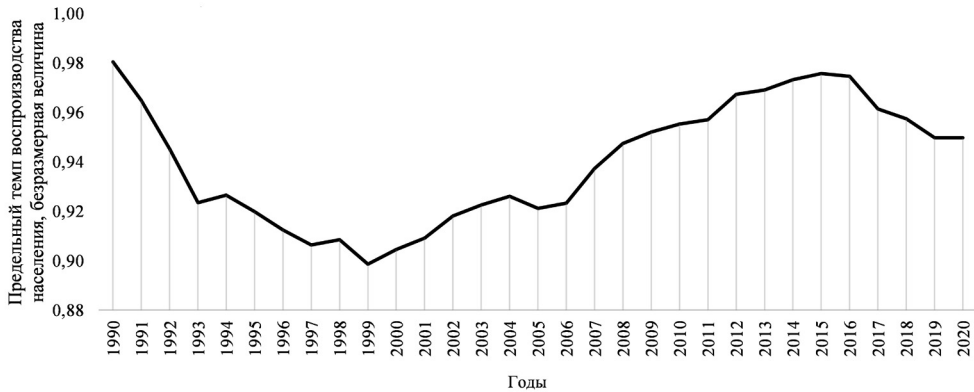


Рис. 1. Динамика предельного темпа воспроизводства населения в целом по России в 1990–2020 гг., безразмерная величина

Fig. 1. Dynamics of the marginal rate of population reproduction in Russia on the whole in 1990–2020, dimensionless

Источник: составлено автором на основе данных Российской базы данных по рождаемости и смертности Центра демографических исследований Российской Экономической школы (ЦДИ РЭШ). — URL: <http://demogr.nes.ru/> (дата обращения: 10.05.2022).

Сопоставительный анализ распределения регионов по уровню рассматриваемого показателя в 1990–2020 гг., приведённый на рис. 2, свидетельствует о существенном сокращении числа регионов с режимом расширенного воспроизводства населения с 22 регионов в 1990 г. до 2 (республики Алтай и Тыва) в 2020 году. При этом, если число регионов, в которых уровень воспроизводства был приближен к расширенному, в 1990 г. составляло 26, то к 2020 г. их число сократилось до 8, что означает, что проблема охватывающей регионы страны депопуляции в условиях беспрецедентных мер по стимулированию рождаемости и поддержки семей с детьми носит серьёзный характер и требует детального изучения.

Анализ динамики повозрастных коэффициентов рождаемости в регионах России

Кроме показателя предельного темпа воспроизводства населения интерес-

ным является исследование показателей рождаемости по пятилетним возрастным группам матерей, которое позволит, в частности, выявить возрастные группы, наиболее чувствительные по показателям рождаемости к изменяющейся социально-экономической обстановке в стране, поддержка которых со стороны государства поможет положительно повлиять на рождаемость, поскольку одни меры могут быть эффективны для стимулирования рождаемости в более молодых группах, а другие в группах зрелого возраста.

Следует отметить, что повозрастные коэффициенты предварительно были стандартизированы путём приведения к единой возрастной структуре женского населения, наблюдаемой в 2016 году. Необходимость стандартизации обусловлена тем, что в долгосрочном периоде данные показатели подвержены влиянию возрастной структуры, что подтверждается гистограммой, приведённой на рис. 3, тогда как в краткосрочном периоде или при исследовании пространственной структу-

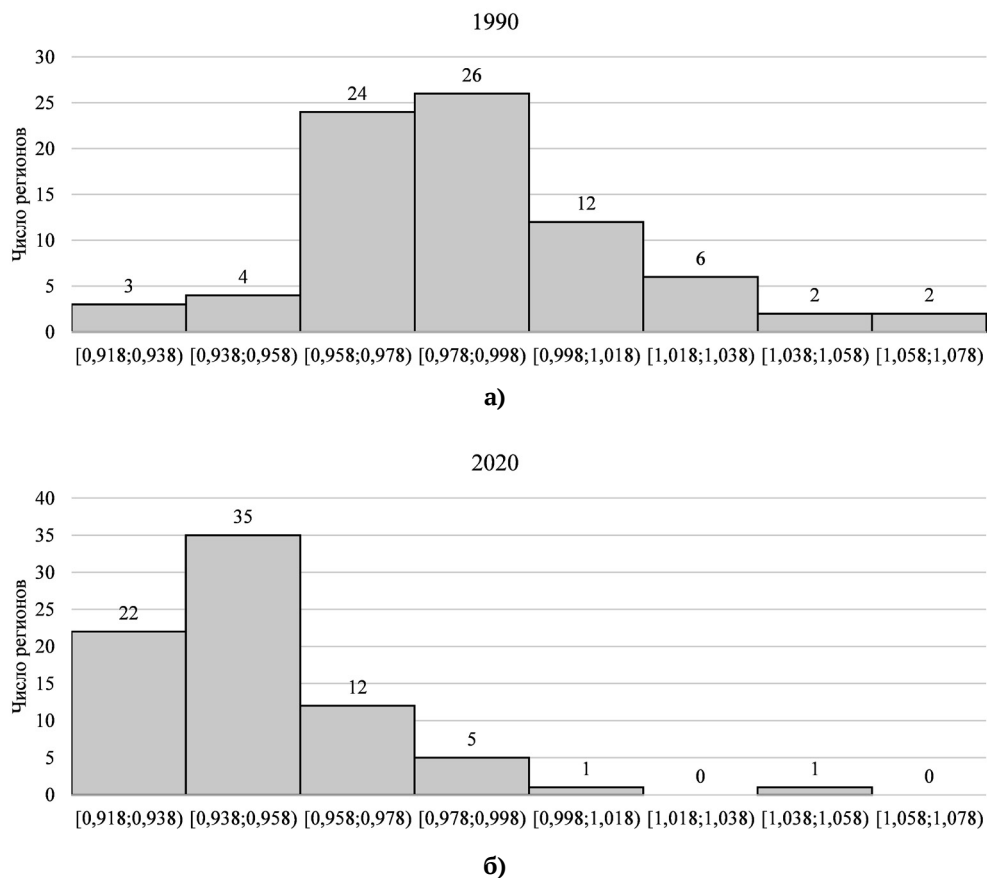


Рис. 2. Сопоставительный анализ распределения регионов России по уровню предельного темпа воспроизводства населения в 1990 г.(а) и 2020 г. (б)

Fig. 2. Comparative analysis of the distribution of Russian regions by the level of the maximum rate of population reproduction in 1990 (a) and 2020 (b)

Источник: составлено автором на основе данных ЦДИ РЭШ.

ры рождаемости в отдельно взятом году влияние возрастной структуры на результатах статистического, корреляционного анализа и моделирования не сказывается. Так, в 1990 г. доля численности женщин в возрасте 15–24 составляла 26% от численности женщин в возрасте 15–49. В то время как, в 2020 г. возрастная группа 15–24 составляла только 20% от численности женщин в возрасте 15–49. Также, к 2020 г. значительно повысилась доля женщин возрастной группы 40–49 лет. К 2020 г. она

составила 31% против 23% в 1989 году. При этом средний возраст родившей впервые матери возрос за этот период на 3 года.

Анализ динамики стандартизованных повозрастных показателей рождаемости, приведённый на рис. 4, свидетельствует в первую очередь о распространяющейся в России в целом и её регионах тенденции, характерной для стран с очень высоким и высоким уровнем развития: неизбежное снижение рождаемости в более молодых возрастных группах в поль-

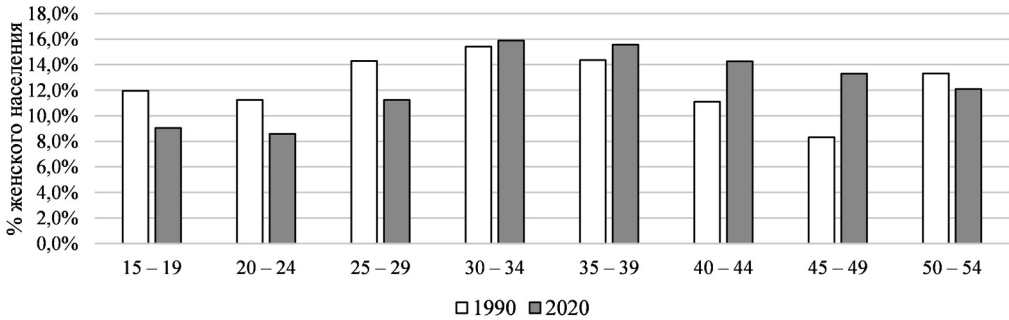


Рис. 3. Повозрастная структура женского населения фертильного возраста в России в 1990 и 2020 гг.,%

Fig. 3. Age-specific structure of the female population at fertile age in Russia in 1990 and 2020,%

Источник: составлено автором на основе данных ЦДИ РЭШ.

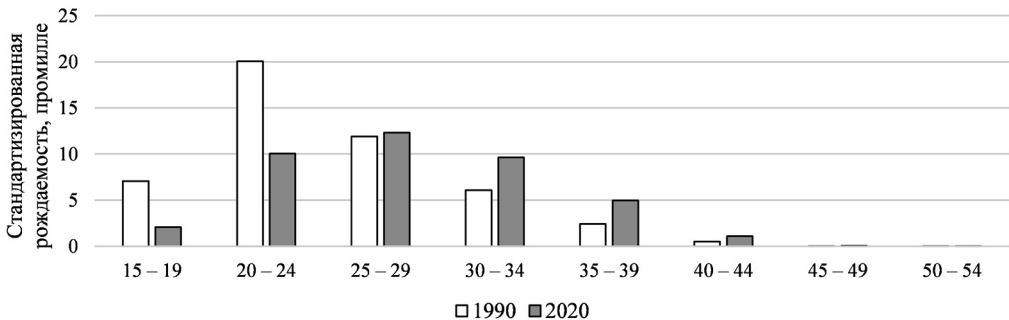


Рис. 4. Динамика стандартизованных возрастных коэффициентов рождаемости в России в 1990–2020 гг., число новорожденных на 1000 женщин соответствующего возраста

Fig. 4. Dynamics of age-standardized birth rates in Russia in 1990–2020, the number of newborns per 1000 women of the corresponding age

Источник: составлено автором на основе данных ЦДИ РЭШ.

зу возрастания рождаемости в более старших возрастных группах. Коэффициенты рождаемости в возрастных группах 15–19 и 20–24 лет плавно снижались в течение всего периода, в то время как коэффициенты рождаемости в остальных возрастных группах возросли.

В 1990 г. наибольшие коэффициенты рождаемости в РФ были зафиксированы в возрастных группах 20–24 и 25–29 лет, причём в группе 20–24 года показатели были существенно выше, чем в остальных возрастных группах. Тогда как в 2020 г. с небольшим превосходством максимальный показатель рождаемости был зафик-

сирован в группе 25–29 лет, а в группах 20–24 и 30–34 года эти показатели практически совпали. Это обусловлено, в первую очередь увеличением продолжительности жизни, а также тем, что первоначальным приоритетом молодежи на сегодняшний день выступает получение образования, трудоустройство и обеспечение финансовой устойчивости, что позволит в дальнейшем создать благоприятные условия для рождения детей.

Для анализа состояния и построения моделей потенциала воспроизводства населения в регионах РФ в зависимости от различных социально-экономических условий

были взяты стандартизированные коэффициенты рождаемости в возрастных группах 20–24, 25–29, 30–34, 35–39 лет в 79 регионах, так как с 1990 г. и к настоящему моменту коэффициенты рождаемости в данных группах принимали наибольшие значения, а значит эти возрастные группы привносят наибольший вес в формирование и развитие потенциала воспроизводства страны и её регионов.

Моделирование зависимости между потенциалом воспроизводства населения регионов России и социально-экономическими факторами

Для выявления факторов, регулирование которых позволит обеспечить переход к расширенному воспроизводству, необходимо определить и измерить влияние внешней среды на изменение потенциала воспроизводства населения. В качестве внешней среды понимается социальное благополучие региона, экономический потенциал, доступность и объём предоставляемых медицинских услуг.

В рамках представленных результатов исследования методами многомерного статистического и корреляционно-дисперсионного анализа к изучению были отобраны 15 переменных — социально-демографических характеристик регионов РФ. Среди них: 6 экономических показателей, которые являются индикаторами состояния экономики, инвестиционной активности в регионе, платежеспособности населения; 4 социально-демографических показателей; 6 показателей, характеризующих систему здравоохранения² (табл. 1). Для обеспечения возможности сопоставления все переменные, измеряемые в денежных единицах, были приведены к ценам 2016 г. и пересчитаны на душу населения.

Предельный темп воспроизводства населения и повозрастные показатели ро-

ждаемости также были трансформированы в бинарные, которые принимали значение 0, если уровень воспроизводства или рождаемости был ниже, чем медианный по России в целом, и 1 — если он был больше или равен медианному уровню по стране, что позволило в дальнейшем реализовать на данных методами машинного обучения модели градиентного бустинга и случайного леса для упрощения экономической интерпретации параметров моделей [11]. Следует отметить, что к достоинствам данных моделей помимо отмеченных выше можно отнести то, что они применимы для данных с неколичественными зависимыми переменными, а также хорошо подходят для оценки предельных эффектов влияния объясняющих факторов на результирующий и позволяют определить процентное изменение одного показателя при изменении другого на 1% [12].

Оценка информативности включённых в модели градиентного бустинга и случайного леса объясняющих моделей на основе анализа относительного влияния каждой переменной на функцию ошибок позволила сделать вывод, что наибольшей информативностью для построения прогноза во всех моделях характеризуются переменные: 1) общая площадь жилых помещений, 2) обеспеченность амбулаторно-поликлиническими учреждениями, 3) соотношение разводов и браков [13]. Исключение любой из данных переменных из модели приведёт к увеличению ошибки модели на 42–62%. Для моделей, построенных для стандартизированных коэффициентов рождаемости среди возрастов 30–34 и 35–39 лет, большей информативностью относительно других моделей характеризуется переменная, указывающая численность акушер-гинекологов населения, как и объём платных услуг в сфере медицины. Для моделей с коэффициентами рождаемости по возрастным группам в возрасте 30–34 лет в качестве результирующих более информативны переменные, представляющие среднедушевые денежные доходы

² Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). — URL: <https://fedstat.ru>; Федеральная служба государственной статистики. — URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 15.05.2022).

Таблица 1

**Основные социально-экономические характеристики
регионов России, используемые в исследовании**

Table 1

The main socio-economic characteristics of Russian regions used in the study

Группа показателей	Показатели
Экономические	Среднедушевые денежные доходы, тыс. рублей в месяц
	Инвестиции в основной капитал, тыс. рублей на человека
	Индекс промышленного производства
	Объём платных услуг, тыс. рублей на человека
	Вклады юридических и физических лиц, тыс. рублей на человека
	Оборот розничной торговли, тыс. рублей на человека
Социальные	Преступность на 100 тыс. человек населения
	Численность безработных, человек на 100 тыс. человек трудоспособных
	Общая площадь жилых помещений, м ² на человека
	Соотношение разводов и браков, доли
Здравоохранения	Объём платных услуг в сфере медицины, тыс. рублей на человека
	Расходы на здравоохранение, тыс. рублей на человека
	Численность врачей на 10 тыс. населения, человек на конец года
	Численность акушер-гинекологов на 10 тыс. населения, человек на конец года
	Обеспеченность амбулаторно-поликлиническими учреждениями на 10 тыс. населения, посещений в смену на конец года
	Обеспеченность койками на 10 тыс. человек населения, штук

Источник: составлено автором.

и объём предоставленных платных услуг в сфере медицины.

**Анализ чувствительности
показателей воспроизводства
населения в зависимости от
изменения социально-экономических
условий жизнедеятельности**

Высокая точность прогнозов, сделанных с помощью данных моделей, позволили достоверно оценить чувствительность индикаторов воспроизводства населения к изменениям тех или иных условий жизнедеятельности в регионе. Поскольку модели случайного леса позволили построить модели с довольно высоким качеством бинарного классификатора за счет наиболее точной оценки нелинейных связей между социально-экономическими показателями

и результирующими переменными, именно они были выбраны для анализа предельных эффектов факторов социально-экономического положения регионов, выражающихся в определении процентного изменения уровня одних показателей при изменении других на 1% при фиксированных значениях остальных показателей. В качестве базовых значений были взяты значения показателей за 2020 г. в целом по России.

Согласно проведённому анализу, рождаемость во всех изучаемых возрастных группах чувствительна к показателям общей площади доступного жилья, доступности медицинских услуг, соотношения разводов и браков и уровня безработицы в регионе. Все показатели, характеризующие материальное благосостояние граждан, доступность платных медицинских

услуг и финансирование области здравоохранения со стороны государства в большей степени влияют на перспективы повышения рождаемости в более старших возрастных группах. Рассмотрим наиболее интересные результаты.

Закономерность, свидетельствующая об увеличении общей площади доступного жилья на 1% в случае сокращения вероятности расширенного воспроизводства населения на 10%, характерную для взаимозависимости площади доступного жилья и уровня рождаемости в возрастных группах 20–24 и 30–34 года, следует рассматривать скорее в следующем клю-

че: увеличение рождаемости неизбежно приводит к сокращению площади жилых помещений, приходящихся на одного человека (рис. 5). При этом, следует отметить, что в регионах России зафиксировано медленное увеличение площади жилых помещений, приходящихся на человека, поскольку улучшение жилищных условий требует существенных денежных вложений, что делает подобные взаимозависимости закономерными. Также не следует исключать наличие между данными показателями сериальной корреляции с некоторым лагом [14; 15].

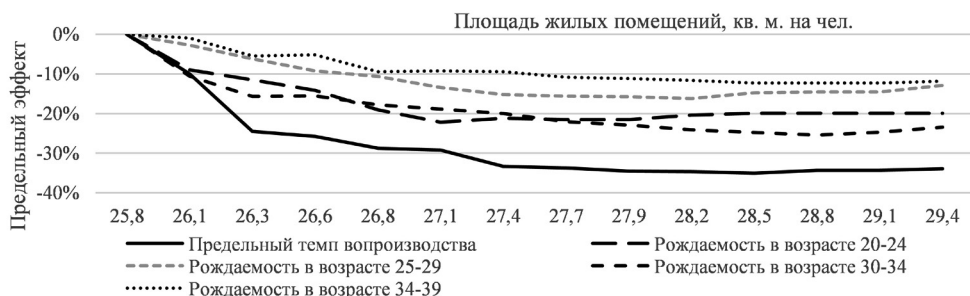


Рис. 5. Предельные эффекты зависимости потенциала воспроизводства населения и изменения общей площади жилых помещений, м² на человека

Fig. 5. Marginal effects of the relationship between the population reproduction potential and changes in the total area of residential premises, sq.m per person

Источник: составлено автором.

Несмотря на то, что в последние десятилетия семейный статус более не рассматривается как обязательный фактор при решении вопроса о рождении детей, его влияние на рождаемость сохраняется [16], что подтверждается результатами построенной модели. Наиболее чувствительной к данному показателю является модель для коэффициента рождаемости в возрастной группе 25–29 — если на 10 заключенных браков в среднем будет зафиксировано не 6, а 7 разводов, вероятность повышения рождаемости в данной группе снизится на 10% (рис. 6).

Рост вероятности того, что рождаемость в группах возраста матери 30–34 и 35–39 лет превзойдет медианный уро-

вень, на 26 и 31% соответственно прямо пропорциональна росту числа безработных на 10 тыс. человек трудоспособного населения на 13% (см. рис. 7). Данная закономерность обусловлена тем, что при более высоком уровне рождаемости большее число женщин вынуждены приостановить свою профессиональную деятельность на определенный период времени, связанный с уходом за детьми.

Анализ демографической ситуации в 2019–2020 гг. свидетельствует о том, что реализуемые меры, направленные на стимуляцию рождаемости и поддержки семей с детьми, оказывают положительный эффект на уровень рождаемости в краткосрочном периоде, однако они не могут

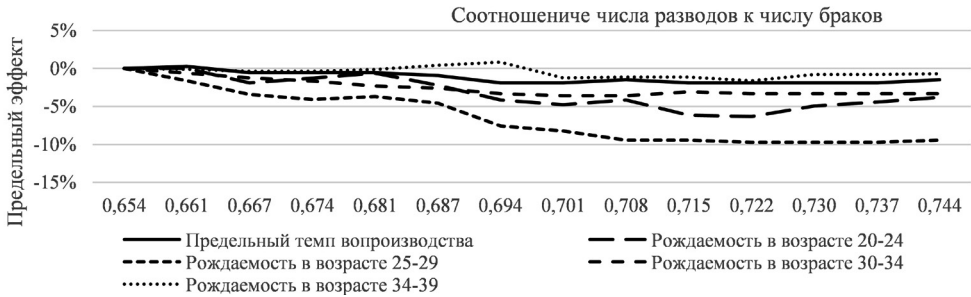


Рис. 6. Изменение вероятности роста потенциала воспроизводства населения при увеличении соотношения разводов и браков, безразмерная величина

Fig. 6. Changes in the probability of population reproduction potential growth with an increase in the ratio of divorces and marriages, dimensionless

Источник: составлено автором.

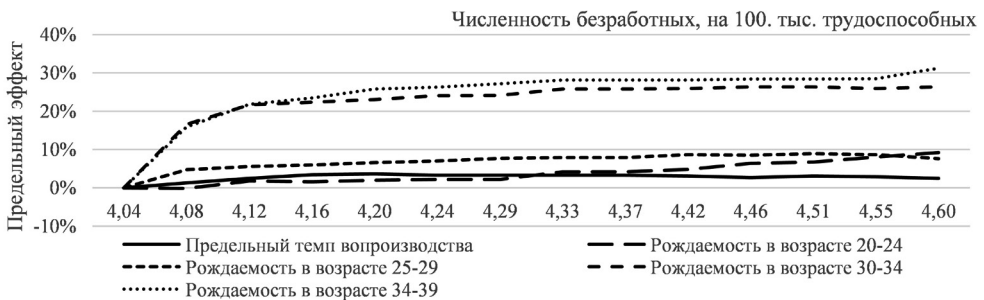


Рис. 7. Предельные эффекты зависимости вероятности роста потенциала воспроизводства населения и численности безработных, человек на 100 тыс. трудоспособных (до 60 лет для женщин, до 65 лет для мужчин)

Fig. 7. Marginal effects of the relationship between the probability of population reproduction growth and changes in the number of unemployed, per 100 thousand people at working ages (60 for females, 65 for males)

Источник: составлено автором.

в долгосрочной перспективе изменить сложившуюся ситуацию с депопуляцией населения. Поскольку на этот исторически сложившийся за многие десятилетия процесс влияет не только воспроизводство в прошедшие временные периоды, но и в значительной степени сложившаяся в стране и её регионах социально-экономическая обстановка. Планомерное улучшение ситуации во всех сферах жизнедеятельности, связанное с обеспечением населения, в первую очередь, улучшенными условиями жизни, новыми рабочими местами в регионах с несбалансированным рынком труда, устойчивым эконо-

мическим ростом, социальным благополучием, доступной квалифицированной медицинской помощью в купе с реализуемыми программами способно в дальнейшей перспективе привести к переходу от депопуляции населения к расширенному воспроизводству. Разработанные модели позволяют оценить степень влияния тех или иных сфер жизнедеятельности на этот процесс, как следствие, они могут быть использованы в качестве моделей управления при принятии решений об адресном финансировании конкретных направлений развития не только в рамках страны в целом, но и в отдельно взятых регионах.

Литература и Интернет-источники

1. **Римашевская, Н.М.** Особенности развития демографических процессов в современной России / Н.М. Римашевская, В.Г. Доброхлеб, Е.И. Медведева, С.В. Крошилиан // Национальные интересы: приоритеты и безопасность.— 2012.— Т. 8.— № 15(156).— С. 2–11. EDN: OWKXGT
2. **Симагин, Ю.А.** Результаты исследований демографических проблем России в XXI веке / Ю.А. Симагин // Народонаселение.— 2021.— Т. 24.— № 4.— С. 4–22. DOI: 10.19181/population.2021.24.4.1; EDN: GQUUDHJ
3. **Tikhomirov, N.** Assessment methods for the reproductive potential of the population / N. Tikhomirov, T. Tikhomirova, A. Sukiasyan // Amazonia Investiga.— 2019.— No. 8(21).— P. 558–567. EDN: ONYDXQ
4. **Аитова, Ю.С.** Подходы к моделированию взаимовлияния демографического потенциала и экономического развития регионов России / Ю.С. Аитова, В.В. Орешников // Вестник НГИЭИ.— 2018.— № 12(91).— С. 69–80. EDN: YRJAZF
5. **Ильдарханова, Ч.И.** Динамика естественного движения населения как угроза демографической безопасности России / Ч.И. Ильдарханова, А.А. Ибрагимова, А.Р. Абдульязнов // Народонаселение.— 2022.— Т. 25.— № 3.— С. 4–17. DOI: 10.19181/population.2022.25.3.1; EDN: DOVPTC
6. **Фаттахов, Р.В.** Анализ и оценка взаимовлияния параметров демографического и экономического развития регионов и городов на примере Приволжского федерального округа / Р.В. Фаттахов, Л.Р. Абдулова, В.В. Орешников // Экономический анализ: теория и практика.— 2016.— № 2(449).— С. 77–90. EDN: VMLZOL
7. **Шабашев, В.А.** Структурное моделирование связей экономических, социальных, демографических факторов / В.А. Шабашев, С.И. Шорохов, М.Ф. Верхозина // Региональная экономика: теория и практика.— 2016.— № 10.— С. 171–181. EDN: WWDBIN
8. **Макаров, В.Л.** Моделирование демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко // Федерализм.— 2014.— № 4.— С. 37–46. EDN: TFDSUJ
9. **Чучкалова, С.В.** Моделирование демографических процессов в Кировской области / С.В. Чучкалова // Федерализм.— 2010.— № 1 (57).— С. 256–264. EDN: LDMKFX
10. **Тихомиров, Н.П.** Методы обоснования стратегий преодоления демографического кризиса в регионах России / Н.П. Тихомиров, Т.М. Тихомирова // Фундаментальные исследования.— 2020.— № 5.— С. 160–166. EDN: DTFXSX
11. **Доброхлеб, В.Г.** Демографическое старение в России и новая социальная реальность / В.Г. Доброхлеб // Народонаселение.— 2022.— Том 25.— № 2.— С. 66–76. DOI: 10.19181/population.2021.24.3.6; EDN: SCLQUP
12. **Batista, G.** A Study of the Behavior of Several Methods for Balancing Machine Learning Training Data / G. Batista, R. Prati, M. Monard // SIGKDD Explorations.— 2004.— No. 6.— P. 20–29.
13. **Hastie, T.** The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman.— New York : Springer, 2009.— 745 p.
14. **Архангельский, В.Н.** Исследование проблем рождаемости // Уровень жизни населения регионов России.— 2008.— № 3–4(121–122).— С. 80–93. EDN: MBWHCP
15. **Минченко, М.М.** Динамика доступности жилья для населения России в 2008–2014 гг. / М.М. Минченко, Н.Н. Ноздрин // Проблемы прогнозирования.— 2017.— № 2(161).— С. 89–105. EDN: YZKFMN
16. **Капогузов, Е.А.** Моделирование брачной рождаемости в России с учётом региональной поливариативности семейной политики / Е.А. Капогузов, Р.И. Чупин, М.С. Харламова // Terra Economicus.— 2020.— Т. 18.— № 4.— С. 32–46. EDN: SNJOJN

Сведения об авторе:

Сукиасян Ани Гагиковна, к.э.н., доцент, доцент кафедры математических методов в экономике Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия.

Контактная информация: e-mail: sukiasyan.ag@rea.ru; ORCID: 0000-0002-9628-0275; Researcher ID Web of Science: O-8985-2014; Scopus Author ID: 57190408336; ПИНЦ AuthorID: 6523-7566.

DOI: DOI: 10.19181/population.2022.25.4.2

MANAGING THE REPRODUCTION POTENTIAL OF THE POPULATION OF RUSSIAN REGIONS BASED ON MACHINE LEARNING MODELS

Ani G. Sukiasyan

*Plekhanov Russian University of Economics
(36 Stryemyanny lane, Moscow, Russia, 117997)*

E-mail: sukiasyan.ag@rea.ru

Funding:

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 20-010-00307.

For citation:

Sukiasyan A. G. Managing the reproduction potential of the population of Russian regions based on machine learning models. *Narodonasilenie [Population]*. 2022. Vol. 25. No. 4. P. 16-29. DOI: 10.19181/population.2022.25.4.2 (in Russ.)

Abstract. *The article is devoted to study of the patterns of development of potential for the reproduction of the population of Russian regions, considering the socio-economic situation in them. The purpose of the work is to identify the factors of socio-economic development of Russian regions that have the greatest impact on the level of population reproduction and to analyze the sensitivity of this characteristic to changes in the state of socio-economic situation in Russian regions. To achieve this goal, the key characteristics of the population reproduction potential were analyzed — the marginal rate of population reproduction and standardized birth rates for five-year age groups of mothers for the period from 1990 to 2020. The results presented in the article were obtained in the course of studying the dynamics of population reproduction and interdependencies with the main socio-economic indicators of the regions, assessed by the methods of correlation analysis and machine learning, on the results of testing of which the most informative factors were identified that have a significant impact on the process of reproduction of the country and its regions with the account of the age structure of mothers. In particular, it was found that with an increase in the age of mother, the influence of factors characterizing economic well-being increases when deciding to have a child, while in younger age groups the indicators of social well-being become more important. On the basis of these models, estimates of the sensitivity of indicators of population reproduction and birth rates in each of the studied age groups of mothers were obtained in case of changes in the socio-economic factors. Based on the analysis, there were drawn conclusions about the impact of the socio-economic situation in the country and regions on the birth rates in different age groups of mothers, as well as on the reproductive potential in general.*

Keywords: *age-specific fertility, expanded population reproduction, depopulation, marginal reproduction rate, machine learning models.*

References and Internet sources

1. Rimashevskaja N. M., Dobrokhleb V.G., Medvedeva E.I., Kroshilin S.V. Osobennosti razvitiya demograficheskikh processov v sovremennoj Rossii [Features of the development of demographic processes in modern Russia]. *Natsional'nyje interesy: priority i bezopasnost'* [*National Interests: Priorities and Security*]. 2012. Vol. 8. No. 15 (156). P. 2–11. (in Russ.)
2. Simagin Yu.A. Rezul'taty issledovaniy demograficheskikh problem Rossii v 21 veke [Results of the study of demographic problems of Russia in the 21st century]. *Narodonaselenie* [*Population*]. 2021. Vol. 24. No. 4. P. 4–22. (in Russ.)
3. Tikhomirov N., Tikhomirova T., Sukiasyan A. Assessment methods for the reproductive potential of the population. *Amazonia Investiga*. 2019. No. 8(21). P. 558–567.
4. Aitova Yu. S., Oreshnikov V.V. Podhody k modelirovaniyu vzaimovlijaniya demograficheskogo potentsiala i ekonomicheskogo razvitiya regionov Rossii [Approaches to modeling power relation of demographic potential and economic development of Russian regions] *Vestnik NGIEI* [*Bulletin of the Nizhny Novgorod State Engineering and Economic Institute*]. 2018. No. 12(91). P. 69–80. (in Russ.)
5. Ildarkhanova Ch. I., Ibragimova A.A., Abdulzyanov A.R. Dinamika jestestvennogo dvizheniya naseleniya kak ugroza demograficheskoy bezopasnosti Rossii [Dynamics of the natural movement of the population as a threat to the demographic security of Russia]. *Narodonaselenie* [*Population*]. 2022. Vol. 25. No. 3. P. 4–17. (in Russ.)
6. Fattakhov R. V., Abdulova L.R., Oreshnikov V.V. Analiz i otsenka vzaimovlijaniya parametrov demograficheskogo i ekonomicheskogo razvitiya regionov i gorodov na primere Privolzhskogo federal'nogo okruga [Analysing and assessing the interaction of parameters of demographic and economic development of regions and cities: the Volga Federal District case]. *Ekonomicheskij analiz: teorija i praktika* [*Economic Analysis: Theory and Practice*]. 2016. No. 2 (449). P. 77–90. (in Russ.)
7. Shabashev V. A., Shorokhov S.I., Verkhozina M.F. Strukturnoje modelirovanije svjazej ekonomicheskikh, sotsial'nyh, demograficheskikh faktorov [Structural modeling of relationships of economic, social, demographic factors] *Regional'naja ekonomika: teorija i praktika* [*Regional Economics: Theory and Practice*]. 2016. No. 10. P. 171–181. (in Russ.)
8. Makarov V. L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. Modelirovanije demograficheskikh protsessov s ispol'zovanijem agent-orientirovannogo podhoda [Simulation of demographic processes using an agent-based approach]. *Federalizm* [*Federalism*]. 2014. No. 4. P. 37–46. (in Russ.)
9. Chuchkalova S.V. Modelirovanije demograficheskikh processov v Kirovskoj oblasti [Modeling demographic processes in the Kirov region] *Federalizm* [*Federalism*]. 2010. No. 1(57). P. 256–264. (in Russ.)
10. Tikhomirov N.P. Tikhomirova T.M. Metody obosnovaniya strategij preodoleniya demograficheskogo krizisa v regionah Rossii [Methods of justification for strategies to overcoming the demographic crisis in the regions of Russia]. *Fundamental'nyje issledovaniya* [*Fundamental Research*]. 2020. No. 5. P. 160–166. (in Russ.)
11. Dobrokhleb V.G. Demograficheskoe starenije v Rossii i novaja sotsial'naja real'nost' [Demographic aging in Russia and new social reality]. *Narodonaselenie* [*Population*]. 2022. Vol. 25. No. 2. P. 66–76. (in Russ.)
12. Batista G., Prati R., Monard M. A Study of the Behavior of Several Methods for Balancing Machine Learning Training Data. *SIGKDD Explorations*. 2004. No. 6. P. 20–29.
13. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition*. New York. Springer. 2009. 745 p.
14. Arkhangelsky V.N. Issledovaniye problem rozhdaemosti [The study of fertility issues]. *Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii* [*Living Standards of the Population in the Regions of Russia*]. 2008. No. 3–4(121–122). P. 80–93. (in Russ.)

15. Minchenko M. M., Nozdrina N.N. Dinamika dostupnosti zhil'ja dlja naselenija Rossii v 2008–2014 gg. [Dynamics of housing affordability for the population of Russia in 2008–2014] Problemy prognozirovaniya [*Studies on Russian Economic Development*]. 2017. No. 2(161). P. 89–105. (in Russ.)
16. Kapoguzov E. A., Chupin R.I., Kharlamova M.S. Modelirovanije brachnoj rozhdzaamosti v Rossii s uchjotom regional'noj polivariativnosti semejnoj politiki [Modeling marital fertility in Russia in terms of regional multi-variations in family policy] *Terra Economicus*. 2020. Vol. 18. No. 4. P. 32–46. (in Russ.)

Information about the author:

Sukiasyan Ani Gagikovna, Candidate of Economics, Associate Professor, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.

Contact information: e-mail: sukiasyan.ag@rea.ru; ORCID: 0000-0002-9628-0275; Researcher ID Web of Science: O-8985-2014; Scopus Author ID: 57190408336; Elibrary AuthorID: 6523-7566.

Статья поступила в редакцию 06.07.2022, одобрена в печать 08.11.2022, опубликована 20.12.2022.