

УПРАВЛЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИМ ПОВЕДЕНИЕМ: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Дорохина Е.Ю., Смирнова Е.И.

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова

elena_dorokhina@mail.ru, e.smirnova@live.ru

Аннотация: В работе представлен подход к оценке эффективности демографической политики, основанный на теории автоматического регулирования. Проводится анализ воспроизводства населения как сложной динамической системы. Реакцию последней на мероприятия государственной политики в виде повышения возрастных коэффициентов рождаемости предлагается описывать с помощью переходных функций.

Ключевые слова: воспроизводство населения, демографическая политика, теория автоматического регулирования.

Введение

В последние десятилетия большинство развитых стран столкнулось с такими демографическими проблемами, как снижение рождаемости и старение населения. В 2017 году в России численность населения в трудоспособном возрасте сократилась почти на миллион. Сохранение такой тенденции может стать серьезным ограничением для экономического роста. Необходимо ответить на эти вызовы и обеспечить естественное увеличение численности населения.

Демографическая политика направлена на формирование желаемого (или сохранение существующего) типа воспроизводства населения. Современная демографическая политика располагает арсеналом разнообразных методов, но финансовые ресурсы, выделяемые на ее проведение, всегда ограничены. В связи с этим необходимо определить наиболее эффективные на данный момент методы. Критерием такого выбора может послужить возможный отклик рождаемости на введение конкретных мероприятий демографической политики, который выражается в потенциальной величине прироста рождаемости и сроках достижения целевых установок. Для оценки двух последних показателей мы предлагаем использовать подход, основанный на применении теории автоматического регулирования.

1 Степень разработанности проблемы

В демографической литературе представлены многочисленные теории репродуктивного поведения. В них фактическая рождаемость на микро- и макроуровнях объясняется влиянием экономических, социальных, культурных, психологических, медицинских, политических и других факторов. В зависимости от того, какие факторы учитываются, различаются, в частности, экономические и социально-психологические теории. В то время как экономические теории преимущественно сопоставляют полезность и затраты на содержание детей, социально-психологические теории рассматривают детей как средство реализации ожиданий или желаний родителей. Наше исследование базируется на экономических теориях репродуктивного поведения.

Примером экономической теории является гипотеза Р.А. Истерлина. В 1973 г. он постулировал обратную связь между рождаемостью и относительным размером когорты [1]. По его мнению, смена малочисленной когорты более многочисленной происходит вследствие роста экономической защищенности (увеличения числа рабочих мест и соответствующего роста доходов). Большая экономическая защищенность способствует рождению большего числа детей, потому что появляется возможность обеспечить им достойное существование. Но дальнейшее увеличение численности населения может привести к нехватке рабочих мест и безработице, что уменьшит экономическую защищенность и приведет к снижению рождаемости. Отсюда следует цикличность рождаемости: малочисленные и многочисленные когорты сменяют друг друга.

В 1976 г. Р. Ли поддержал гипотезу Истерлина, проанализировав эмпирические данные по США и выяснив наличие обратной связи между общим коэффициентом рождаемости и долей трудоактивного населения в его общей численности [2].

Заметим, что гипотеза Истерлина отчасти позволяет объяснить отклонения возрастных коэффициентов рождаемости от долгосрочного тренда.

Из связи между экономическими условиями, репродуктивным поведением и относительным размером когорты исходил Н.Б. Райдер [3]. Кроме того, он сделал выводы о закономерностях

изменения возраста женщин при рождении детей. Чем проще вступление в трудовую деятельность, тем чаще реализуется рождение детей и наоборот. В зависимости от относительного размера когорты и экономических условий рождение детей может быть либо отложено, либо ускорено, что проявляется в годовых колебаниях общего коэффициента рождаемости. Райдер выдвинул также гипотезу о долгосрочном тренде рождаемости (в зависимости от политических, экономических или правовых факторов), который, по мнению демографа, является основой прогнозирования рождаемости.

В теориях репродуктивного поведения часто анализируются такие факторы, как вовлеченность женщин в образовательный процесс и на рынок труда, изменение системы ценностей и установок [4]. Позиции женщин по отношению к мужчинам усиливаются, растет стремление женщин к саморазвитию и материальной независимости. Наряду с браком как доминирующей традиционной формой проживания часто встречаются такие формы, как внебрачные сообщества.

В начале XXI века широкое распространение в исследованиях рождаемости получили мультикаузальные подходы, цель которых состоит в выяснении возможных источников ошибок прогнозов репродуктивного поведения.

В 2004 г. был описан подход к прогнозированию рождаемости в Нидерландах, основанный на комплементарном анализе ошибок прогноза рождаемости, экстраполяции показателей рождаемости моделями временных рядов и экспертных оценках [5]. Первая возможность состояла в переносе ошибок ретроспективного прогноза на будущие показатели рождаемости, либо в экстраполяции на новый горизонт результатов прогнозирования для более короткого периода. Следующая возможность состояла в том, чтобы экстраполировать фактический временной ряд рождаемости с помощью модели временного ряда, генерирующей прогнозные интервалы. В обоих случаях для определения области ненадежности прогноза могли использоваться методы экспертных оценок. В первом случае с их помощью определяются прогнозы, подлежащие учету, во втором – длина базисного периода. Экспертные оценки могут использоваться и в чистом виде для определения зоны неопределенности прогнозируемых показателей рождаемости.

Мультикаузальный подход к прогнозированию рождаемости используется в проекте «Неопределенное население Европы» (Uncertain Population of Europe, UPE), в котором наряду с анализом эмпирической ошибки прогнозирования применяются модели временных рядов для экстраполяции рождаемости и экспертные оценки корреляции ошибок прогнозирования 18 стран [6,7].

Поскольку существующие методы подходят для прогнозирования рождаемости на различные периоды, то имеет смысл разделить общий период прогнозирования на части, и для каждой из них определить наиболее подходящий метод. Так, для краткосрочного периода целесообразно использовать экстраполяционные подходы [8, 9], а для долгосрочного – следует применять экспертные оценки.

Остановимся подробнее на экстраполяционных подходах к прогнозированию рождаемости.

В 1993 году Р. Ли предложил следующую модель для прогнозирования логарифмов возрастных показателей рождаемости [10]:

$$(1) \quad \ln f_{m,t} = \alpha_m + f_t \cdot \beta_m + \varepsilon_{m,t},$$

где $f_{m,t}$ – показатель рождаемости в возрастной группе m в периоде t ; α_m – параметр, характеризующий средний логарифм рождаемости в возрастной группе m в базисном периоде. Отклонения возрастной рождаемости от среднего значения α_m отражаются параметром β_m для каждого возраста m и индексом фертильности f_t для каждого периода t . Относительно параметров модели делаются следующие предположения: сумма β_m по всем возрастным группам равна 1, а сумма f_t по всем годам базисного периода равна 0. $\varepsilon_{m,t}$ – ошибки модели, распределенные по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсией.

Преимуществами такого подхода являются относительная простота использования и построение доверительных интервалов прогноза на основе моделей временных рядов индекса фертильности. Недостаток подхода состоит в прогнозировании негибких изменений рождаемости по возрастным группам и во времени. В частности, невозможно одновременное прогнозирование сначала сильно, а затем постепенно снижающейся рождаемости в юных возрастных группах и сначала слегка, а затем заметно растущей рождаемости в старших возрастных группах, поскольку параметр β_m инвариантен ко времени, а параметр f_t – к возрасту. Следовательно, подход Ли скорее применим для краткосрочного прогнозирования рождаемости.

В последние годы предложено несколько модификаций модели Ли, наиболее известной из которых является модель Р. Хайндмана и М. Уллы [11]. При использовании этой модели в прогнозировании возрастных коэффициентов рождаемости не требуется корректировать прогнозы параметров f_t .

Следующая возможность экстраполяции показателей рождаемости состоит в том, чтобы описать имеющееся возрастное распределение рождаемости адекватной моделью. На первом шаге оцениваются параметры этой модели (функции распределения) возрастной рождаемости для базисного периода. Затем параметры модели экстраполируются на прогнозный период с помощью моделей временных рядов. Оценки параметров подставляются в функцию распределения, и на этой основе оцениваются, в свою очередь, будущие значения возрастной рождаемости.

Существуют многочисленные модели, позволяющие описать колоколообразное повозрастное распределение рождаемости. Среди них – функции Коула-Трассела, Хадвигера, бета- и гамма-распределения, двойная экспоненциальная функция Роджерса, полиномиальные модели или сплайн-функции (например, квадратическая сплайн-функция Шмертманна), кривая Пирсона первого типа. Эти модели в основном отличаются числом параметров и их демографической интерпретируемостью. Функции распределения рождаемости, используемые для прогнозирования, должны иметь небольшое число демографически интерпретируемых параметров.

В 1981 г. Хум сравнил адаптационную способность функций распределения для данных о возрастной рождаемости в Дании за период с 1962 по 1971 гг. При этом высокое качество приближения к реальным данным показали сплайн-функции, функция Хадвигера, гамма-функция и функция Коула-Трассела [12]. Другим примером применения функций возрастного распределения рождаемости является анализ, проведенный П. Перистерой и А. Костаки для различных стран за период с 1975 по 2000 гг. [13]. Здесь лучшее качество аппроксимации показали бета-распределение и сплайн-функции по сравнению с функцией Хадвигера и гамма-распределением.

Таким образом, функции распределения довольно чувствительны к изменениям распределения рождаемости. В любом случае они недостаточно гибки в отражении небольших отклонений распределений от колоколообразной формы (как это наблюдается в последние годы в развитых странах). Например, в Ирландии, Великобритании и США наблюдается повышенная рождаемость в молодых и средних возрастах. Для того чтобы это учесть, Т. Чандола и др. предложили использовать комбинацию двух распределений, каждое из которых представляет собой функцию Хадвигера, с параметром m , характеризующим соотношение рождаемости в молодых и средних возрастах [14]. Этот подход вытекает из предположения, что в юных возрастах в этих странах преобладает повышенная внебрачная, а в средних возрастах – повышенная брачная рождаемость. Гибкую модель с 6 параметрами для учета неоднородной рождаемости в некоторых странах предложили П. Перистера и А. Костаки [13]. Параметры характеризуют общий уровень рождаемости, средний возраст матери при рождении и рассеяние рождаемости в молодых и средних возрастах. Наряду с брачной и внебрачной рождаемостью Перистера учла влияние на неоднородность рождаемости таких факторов, как образование, социально-экономический статус, религиозная и этническая принадлежность. В частности, предполагалось, что в Испании большинство иммигрантов в качестве образца рождаемости принимают рождаемость в странах происхождения, а коренное население традиционно рождает в относительно молодых возрастах. Сравнение моделей Чандолы и Перистеры показывает идентично высокое качество приближения, поэтому обе они подходят для моделирования новых тенденций рождаемости.

Прогноз повозрастного распределения рождаемости на основе функции распределения по сравнению с независимыми прогнозами возрастных показателей рождаемости имеет то преимущество, что его результатом являются гладкие распределения, в том числе и для долгосрочного периода. Кроме того, достаточно сложный процесс прогнозирования отдельных возрастных показателей рождаемости при прогнозировании на основе функции распределения базируется на использовании небольшого числа демографически интерпретируемых параметров. Безусловно, функции распределения строятся по историческим данным, поэтому изменения в форме распределений (например, увеличение фертильности в молодых возрастах) могут прогнозироваться недостаточно точно. Вследствие этого функции распределения все-таки скорее подходят для краткосрочного прогнозирования. В долгосрочных прогнозах они могут использоваться только в том случае, если их параметры достаточно гибки к изменениям в формах распределений.

В целом при прогнозировании влияния мер демографической политики целесообразно использовать теории репродуктивного поведения и мультикаузальные подходы. Последние

позволяют корректировать результаты применения экстраполяции возрастных показателей рождаемости с учетом их возможной реакции на введения мероприятий, стимулирующих рождаемость.

Предлагаемый нами подход в отличие от представленных в данном разделе не требует корректировки прогнозных показателей возрастной рождаемости.

2 Воспроизводство населения как объект исследования

Воспроизводство населения будем рассматривать как систему, т.е. совокупность взаимосвязанных элементов. Такими элементами являются люди, которые в процессе воспроизводства вступают в некоторые отношения (супруги, родители-дети и др.). Состав элементов (в нашем случае половозрастной состав населения) и способ их объединения определяют структуру системы, от которой во многом зависят ее свойства, образующие внутреннее состояние системы.

Воспроизводство населения – динамическая система, обладающая входами и выходами. Через входы из внешней среды в некоторые моменты времени поступают ресурсы и информация; в другие моменты времени результаты процессов их преобразования отправляются во внешнюю среду через выходы.

Входами ($x_i(t)$) являются отдельные мероприятия демографической политики, выходами ($y_i(t)$) – показатели демографического поведения.

Особенность подхода состоит в том, что при описании связей между входами и выходами не рассматривается внутреннее состояние системы.

Полагая, что система испытывает воздействие извне только через входы, а сама воздействует на внешнюю среду только через выходы, мы представляем воспроизводство населения как относительно обособленную систему. На самом деле взаимосвязи между воспроизводством населения и внешней средой гораздо шире и многообразнее, но для анализа оказывается удобным абстрагироваться от части внешних связей, сосредотачиваясь на тех, которые существенны для изучаемых функций системы.

При выборе входов и особенно выходов необходимо учитывать то обстоятельство, что воспроизводство населения является подсистемой системы более высокого ранга – общественного производства. Другими словами, выходные показатели должны заключать в себе наиболее ценную информацию с точки зрения всего процесса социально-экономического развития. В нашем случае такими показателями являются повозрастные коэффициенты рождаемости.

Свой выбор мы объясняем следующими причинами.

- 1) Именно влиянием на рождаемость определяется специфика демографической политики.
- 2) В повозрастных коэффициентах рождаемости элиминировано влияние половозрастного состава населения на рождаемость.

3 Переходная функция повозрастной рождаемости

Исходному предположению о существовании реакции рождаемости на комплекс мер демографической политики отвечает модель типа переходной функции. Ее вариант, связывающий между собой отклик (прирост) повозрастного коэффициента рождаемости с мерами воздействия на него, может быть выражен следующим дифференциальным уравнением:

$$(2) \quad v_i \frac{dy_i}{dt} + y_i(t) = \alpha_i x_i(t),$$

где $x_i(t) = \begin{cases} x'_i, & t > 0; \\ 0, & t \leq 0; \end{cases}$

x'_i – величина, определяющая количественное (стоимостное) выражение мероприятий демографической политики по увеличению рождаемости в i -й возрастной группе; α_i – коэффициент пропорциональности, характеризующий прирост показателя рождаемости в i -й возрастной группе, приходящийся на единицу (тыс. руб.) стоимости таких мероприятий при отсутствии запаздывания реакции рождаемости на их введение (т.е. максимальный прирост); v_i – показатель запаздывания в i -й возрастной группе. Очевидно, что в силу инерционности демографических процессов прирост рождаемости не сразу достигнет максимума, а будет стремиться к нему постепенно. Чем больше величина v_i , тем медленнее идет этот процесс. На рис. 1 v_1 соответствует кривая (а), v_2 – кривая (б), $v_1 < v_2$. $y_i(t)$ – переходная функция, показывающая прирост коэффициента рождаемости в i -й возрастной группе в году t по сравнению с уровнем базисного года.

Начальными условиями для решения уравнения (2) по всем возрастным группам являются соотношения $y_i(0)=0$. Прирост рождаемости в момент t с учетом его зависимости от реализуемых в 0-й момент времени мероприятий определяется как

$$(3) \quad y_i(t) = \alpha_i x_i'(1 - e^{-t/v_i}).$$

С учетом выражения (3) уровень возрастного коэффициента рождаемости в момент t определяется как

$$(4) \quad Y_i(t) = Y_i(0) + y_i(t),$$

где $Y_i(t)$ и $Y_i(0)$ – уровни рождаемости в i -й возрастной группе соответственно в t -м и базисном годах.

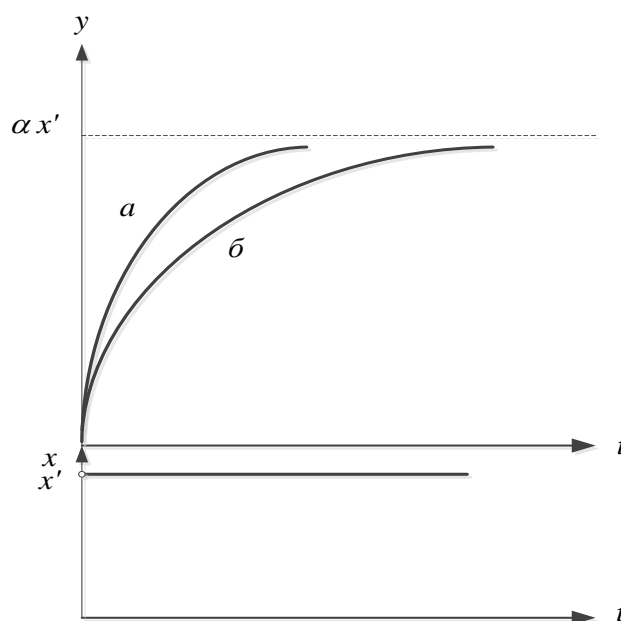


Рис. 1. Реакция коэффициента рождаемости на введение мер демографической политики

Во взаимодействии элементов системы воспроизводства населения практически всегда имеет место лаг. Мы показали, что инерционность демографического поведения находит отражение в структуре дифференциального уравнения (2), описывающего динамическую зависимость между входами и выходами системы. Однако во многих случаях более целесообразно пользоваться двумя типами моделей – моделью (2) и моделью задержки (с длительностью задержки, равной наблюдаемому лагу).

Формально-математическая запись такой системы моделей

$$(5) \quad \begin{cases} v_i \frac{dy_i}{dt} + y_i(t) = \alpha_i x_i(t); \\ y_i(t) = y_i^\circ(t - \Theta_i); \end{cases}$$

где $x_i(t) = \begin{cases} x_i', & t > 0; \\ 0, & t \leq 0; \end{cases}$

$y_i^\circ(t)$ – потенциальное значение прироста коэффициента рождаемости в i -й возрастной группе в году t , если бы не было задержки (см. рис. 2); $y_i(t)$ – фактический прирост коэффициента рождаемости в i -й возрастной группе в году t ; Θ_i – величина задержки реакции рождаемости в i -й возрастной группе.

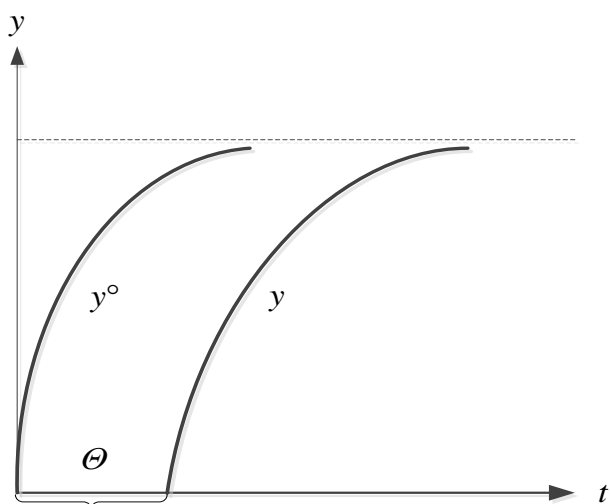


Рис. 2. Задержка реакции коэффициента рождаемости на введение мер демографической политики

4 Использование переходных функций в прогнозировании возрастной рождаемости в Российской Федерации

Федеральным законом «О дополнительных мерах государственной поддержки семей, имеющих детей» от 29.12.2006 N 256-ФЗ в Российской Федерации была введена выплата так называемого материнского (семейного) капитала, право на который получили женщины, родившие второго ребенка, начиная с 2007 года.

Отклик повозрастных коэффициентов рождаемости на меры демографической политики был описан с помощью модели (2).

Параметр x'_i , характеризующий среднегодовые выплаты на одну женщину, родившую второго ребенка, был принят равным 117 тыс. руб.

Мы предположили, что отклик повозрастной рождаемости будет продолжаться в i -й возрастной группе T_i^* лет, за которые фактический прирост коэффициента рождаемости достигнет не менее 95% максимального прироста, т.е.

$$(6) \quad 1 - e^{-\frac{T_i^*}{v_i}} = 0,95.$$

Из выражения (6) следует, что

$$(7) \quad v_i = -T_i^* / \ln(0,05).$$

Далее были оценены параметры $\alpha_i(t)$ и α_i по следующим формулам:

$$(8) \quad \alpha_i(t) = \frac{y_i(t)}{x'_i \left(1 - e^{-\frac{T_i^*}{v_i}}\right)}$$

$$(9) \quad \alpha_i = \frac{\sum_{t=1}^{T_i^*} \alpha_i(t)}{T_i^*}.$$

При этом T_i придавались значения от 7 до 10 лет, с шагом в четверть года. Параметр T_i^* обеспечивал минимальную сумму отклонений расчетных коэффициентов рождаемости в i -й возрастной группе от фактических. Таким образом, при оценке параметров модели (1) мы придерживались кусочно-оптимальной тактики.

Оценки параметров модели (2) представлены в табл.1, а результаты расчетов по моделям – в табл. 2.

Таблица 1 Оценки параметров модели (1) для Российской Федерации по данным о возрастных коэффициентах рождаемости за период с 2006 по 2016 гг.

Возрастная группа	x'_i , тыс. руб.	T_i^* , лет	v_i^* , лет	α_i , %/ тыс. руб.
25-29 лет	117	9	3,00427	0,26285
30-34 года		10	3,33808	0,27960

Возрастная группа	x'_i , тыс. руб.	T_i^* , лет	v_i^* , лет	α_i , ‰/ тыс. руб.
35-39 лет		10	3,33808	0,16141

Из табл. 1 следует, что максимальный прирост рождаемости в расчете на тыс. руб. государственных расходов на одну женщину может составить 0,2796‰ в возрастной группе 30-34 года. Действительно, это – возраст, в котором осознанно принимается решение о рождении второго ребенка. Немного меньше прирост рождаемости в возрастной группе 25-29 лет, а в возрастной группе 35-39 лет он уже на 73% меньше по сравнению с приростом в возрастную группу 30-34 года.

Таблица 2 Фактические и расчетные приросты возрастной рождаемости в Российской Федерации за период с 2006 по 2016 гг.

Возрастная группа	Приросты	Годы									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
25-29 лет	фактический*	8,5	14,0	17,5	20,8	21,4	28,2	29,4	31,8	34,4	
	расчетный	8,7	14,9	19,4	22,6	24,9	26,6	27,8	28,6	29,2	
30-34 года	фактический.	7,5	13,4	17,0	20,7	21,6	27,7	29,6	33,2	36,4	37,8
	расчетный	8,5	14,7	19,4	22,8	25,4	27,3	28,7	29,7	30,5	31,1
35-39 лет	фактический	4,1	7,2	9,0	11,4	12,8	16,3	18,2	20,4	21,2	22,4
	расчетный	5,3	9,2	11,9	13,9	15,3	16,3	17,0	17,6	17,9	18,2

*Фактические приросты рассчитаны по Демографическому ежегоднику России, 2017. С. 64.

Прирост рождаемости во всех возрастных группах наблюдался уже в 2007 году и составил в группах 25-29 лет и 30-34 года соответственно 8,5 и 7,5‰. Как того и следовало ожидать, несколько ниже он был в возрастной группе 35-39 лет (4,1‰). Максимальный прирост рождаемости в возрастной группе 25-29 лет реализовался в 2015 году, далее рождаемость стала уменьшаться. В возрастных группах 30-34 года и 35-39 лет максимальный прирост рождаемости был достигнут в 2016 году, т.е. на год позже, чем в группе 25-29 лет.

Анализ таблицы 2 показывает, что в период с 2007 по 2013 гг. модель достаточно точно аппроксимирует приросты рождаемости. Однако в 2014-2016 гг. наблюдается заметное расхождение между фактическими и расчетными показателями. В частности, в 2016 в возрастной группе 35-39 лет оно составило более 21% (максимальное расхождение). Заметим, что фактические приросты оказались больше, чем прогнозные. Таким образом, расчеты на долгосрочный период нуждаются в соответствующей корректировке.

Заключение

Предложенный нами подход к моделированию рождаемости может успешно использоваться для построения среднесрочных прогнозов рождаемости с учетом мер государственной политики по поддержке семей с детьми.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Разработка стратегий перехода России к расширенному воспроизводству населения», № 18-010-00513.

Литература

1. *Easterlin, Richard A.*: Relative economic status and the American fertility swing. In: Sheldon, Eleanor B. (Hrsg.): Family Economic Behavior: Problems and Prospects. Lippincott, 1973. PP. 170-227.
2. *Lee R. D.*: Demographic Forecasting and the Easterlin Hypothesis. In: Population and Development Review 2 (1976), Nr. 3/4, PP. 459-468.
3. *Ryder N. B.*: The Future of American Fertility. In: Social Problems 26 (1979), Nr. 3, PP. 359-370.
4. *Van de Kaa D. J.*: Europe's second demographic transition. In: Population Bulletin 42 (1987), Nr. 1, S. 1-59.
5. *Alders M., de Beer J.*: Assumptions on Fertility in Stochastic Population Forecasts. In: International Statistical Review 72 (2004), Nr. 1, PP. 65-79.

6. *Alders M.; Keilman N.; Cruijsen H.*: Assumptions for long-term stochastic population forecasts in 18 European countries. In: *European Journal of Population and Development Review* 23 (2007), Nr. 1, S. 33-69.
7. *Alho J. M.; Spencer B. D.*: *Statistical Demography and Forecasting*. Springer Science+Business Media, Inc., 2005.
8. *Peristera P.; Kostaki A.*: Modeling fertility in modern populations. In: *Demographic Research* 16 (2007), PP. 141-194.
9. *Giroso F.; King G.*: *Demographic Forecasting*. Princeton University Press, 2008.
10. *Lee R. D.*: Modeling and forecasting the time series of US fertility: Age distribution, range, and ultimate level. In: *International Journal of Forecasting* 9 (1993), PP. 187-202.
11. *Hyndman R. J., Ullah Md S.*: Robust forecasting of mortality and fertility rates: A functional data approach. In: *Computational Statistics and Data Analysis* 51 (2007), Nr. 10, PP. 4942-4956.
12. *Hoem J. M., Madsen D., Nielsen J. L., Ohlsen E.-M., Hansen Hans O.* Rennermalm, Bo: Experiments in Modelling Recent Danish Fertility Curves. In: *Demography* 18 (1981), Nr. 2, PP. 231-244.
13. *Chandola T., Coleman D. A., Hiorns R. W.*: Recent European fertility patterns: Fitting curves to 'distorted' distributions. In: *Population Studies* 53 (1999), Nr. 3, PP. 317-329.
14. *Peristera P., Kostaki A.*: Modeling fertility in modern populations. In: *Demographic Research* 16 (2007), PP. 141-194.
15. Демографический ежегодник России. 2017: Стат. сб./ Росстат. М., 2017. 263 с.
16. *Дорохина Е.Ю., Маркелова Н.А.* Использование кибернетического подхода к моделированию повозрастной рождаемости. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2018. № 2. С. 51-60.