

СОЦИОЛОГИЯ. ДЕМОГРАФИЯ

УДК 314.88

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ С УЧЕТОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНЯТОГО И БЕЗРАБОТНОГО НАСЕЛЕНИЯ

М.Ю. Хавинсон¹, А.С. Лосев²

¹Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016
e-mail: havinson@list.ru

²Институт прикладной математики ДВО РАН,
ул. Радио 7, г. Владивосток, 690041
e-mail: a.s.losev@yandex.ru

В статье рассматривается нелинейная модель динамики численности занятого, безработного и экономически неактивного населения, на основе которой получен прогноз общей численности населения региона с учетом социально-экономической ситуации. Модель верифицирована на статистических данных по Дальнему Востоку РФ за 2000–2017 гг. Согласно модельному прогнозу, в динамике численности населения Дальнего Востока возможен миграционный всплеск до 2025 г. Также приведена аппроксимация демографической динамики Дальнего Востока линейной и экспоненциальной моделями. Проведен сравнительный анализ полученных вариантов прогноза с прогнозами Федеральной службы государственной статистики (Росстат). Показано, что полученный усредненный модельный прогноз качественно отличается от прогнозных вариантов Росстата, но при этом располагается в их области.

Ключевые слова: численность населения, демографическая динамика, нелинейная динамика, занятые, безработные, математическое моделирование, экономически активное население, Дальний Восток.

Введение

Демографический прогноз является составляющей прогнозирования социальных и экономических процессов на региональном и национальном уровнях. Его главная ценность в том, что он показывает последствия существующей или планируемой демографической политики, а также результат воздействия социально-экономической обстановки в стране на динамику народонаселения. Такая «обратная связь с будущим» помогает оценить устойчивость демографической динамики и скорректировать соответствующие управленческие действия в настоящем.

Демографический прогноз составляется на основе баланса естественного (рождаемость, смертность) и механического (миграция) движения населения. Рождаемость и смертность регистрируются органами ЗАГС и являются наиболее точными демографическими данными. Миграцию оценить гораздо сложнее, поскольку миграционные потоки часто «не проходят» через со-

ответствующие органы регистрации. При сборе демографических данных, в числе прочих неточностей, возникает двойной учет подвижных групп населения, приводящий к завышению или занижению реальной численности населения [1]. Так, расхождения между данными переписи населения в 2010 г. по России и оценочной численностью составили +979,6 тыс. человек [5] (0,7% от общей численности [2]). В масштабах страны такое расхождение относительно незначительно, но по отдельным регионам оно в ряде случаев составляет заметную долю от численности населения региона. Очевидно, что такие расхождения будут тем больше, чем интенсивнее миграционные потоки в регионе. Например, для Камчатского края оценки на основе данных текущего учета на дату переписи превысили данные переписи в 2010 г. более чем на 5%, для Еврейской автономной, Амурской областей и Хабаровского края это отклонение составило 3–5% [5]. Таким образом, для дальневосточного региона, отличающегося интенсивной

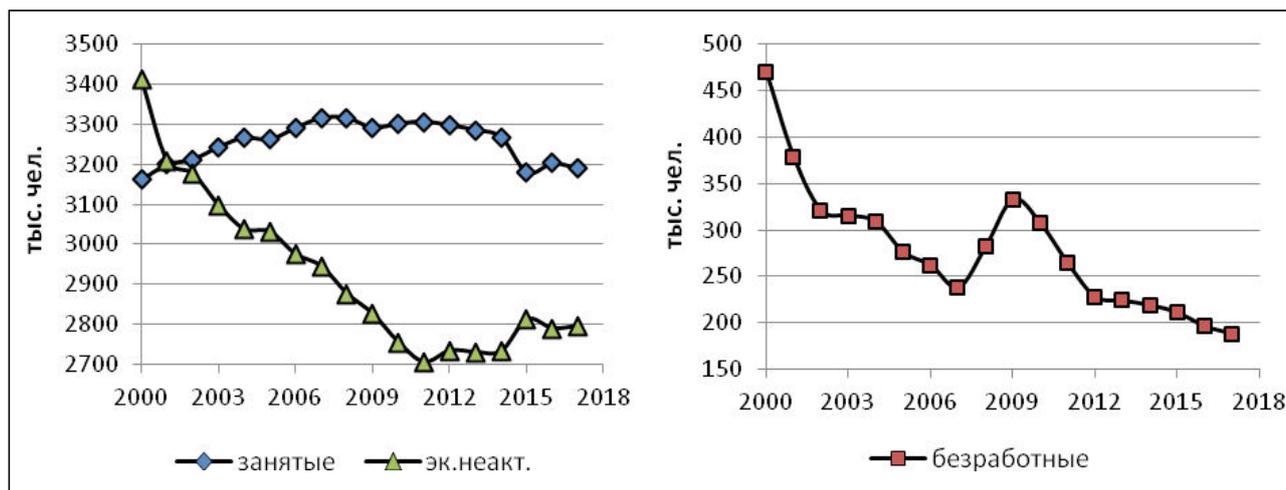


Рис. 1. Динамика численности занятых, безработных и экономически неактивного населения на Дальнем Востоке в 2000–2017 гг.

Fig. 1. Dynamics of the number of employed, unemployed and economically inactive population in the Russian Far East in 2000–2017

миграцией в сравнении с другими федеральными округами РФ, отклонение в демографическом прогнозе может быть более существенным.

Ввиду этого возникает необходимость в дополнительном инструментарии прогнозирования, который бы мог «улавливать» миграционные тенденции, исходя из оценок вне демографических данных. Как известно, миграционные процессы тесно связаны с социально-экономической ситуацией (народ «голосует ногами»), поэтому уточнение данных миграции может быть сделано на основе количественной оценки связи миграции и социально-экономических показателей.

Для обобщенной оценки демографической динамики через призму социально-экономической ситуации на Дальнем Востоке России предлагается использовать базовую математическую модель динамики численности занятых, безработных и экономически неактивного населения [15]. Население «чутко реагирует» на социальные трансформации и экономическую политику, что отражается на численности этих групп, в совокупности составляющих общую численность населения.

Моделирование динамики численности занятых, безработных и экономически неактивного населения на Дальнем Востоке

В 2000–2017 гг. динамика численности занятого населения разделяется на 2 периода: 1 период (2000–2008 гг.) характеризуется постепенным по-

вышением численности занятых, 2 период (2009–2017 гг.) – снижением численности (рис. 1) [10]. При этом до 2011 г. численность экономически неактивного населения стабильно снижалась за счет миграции, с 2012 г. намечился относительно небольшой рост, который связан в целом с переоценкой численности населения в результате переписи населения 2010 г. В динамике численности безработных наблюдается всплеск в 2007–2011 гг., связанный с экономическим кризисом.

Динамика численности населения Дальнего Востока неуклонно снижается из-за миграционного оттока населения (рис. 2). Так, в общей потере населения за 1991–2016 гг., составляющей 1869,0 тыс. чел., естественная убыль составила 172,1 тыс. чел. (9,2%), миграционный отток – 1696,9 тыс. чел. (90,8%) [6]. Как видно из графиков, изменение численности рассматриваемых экономических групп населения является нелинейным, в общей численности эти нелинейности сглаживаются. Такая относительно стабильная демографическая динамика прогнозируется государственными органами статистики сравнительно успешно и инерционный вариант прогноза, безусловно, не должен исключаться из рассмотрения. При этом вследствие нестабильности геополитической ситуации необходимо учитывать возможность притока мигрантов в первую очередь из стран СНГ (например, в 2018 г. из стран СНГ на

Дальний Восток прибыло 29 764 чел., что составляет 80,9% от общего числа мигрантов, прибывших из-за рубежа на Дальний Восток [17]). Для общей оценки демографической ситуации воспользуемся математической моделью динамики численности занятых, безработных и экономически неактивного населения. Суммарно указанные группы составляют общую численность населения. Классические модели динамики численности населения основаны на учете возрастной структуры и являются, как правило, системами линейных уравнений [7]. Линейные уравнения хорошо описывают медленно меняющиеся тренды. Для прогнозирования возможных изменений сложных социально-экономических процессов применяют также и нелинейные модели [11]. Преимущество нелинейных моделей, прежде всего, в альтернативных вариантах прогноза, основанных на концепции синергетики. В данной модели все население разделено на три группы, характеризующиеся вовлеченностью в рынок труда. Занятость и безработица весьма значимо связаны с демографическими параметрами и экономическим развитием [3, 18], поэтому влияние социально-экономических процессов на динамику народонаселения можно рассматривать через призму экономической активности населения.

Идея использования простой динамической модели описания изменения занятости и безработицы в аспекте согласования спроса на рабочую силу и ее предложения реализована у А.Г. Коровкина [3], учета социальных сетей – у Y. Bramouille и G. Saint-Paul [18]. В развитие этого подхода в настоящей статье приводится модель с тремя фазовыми переменными и более сложными социальными связями, позволяющими описать нелинейную динамику численности населения.

Реализуемые подходы моделирования динамики численности занятых x , безработных y и экономически неактивного населения z в регионе базируются на принципе парных взаимодействий, который впервые был применен в естественных науках [12, 13, 19], а в современных исследованиях успешно используется в изучении общества [11, 20]. Концепция парных взаимодействий, развитая, в частности, для описания динамики конкурирующих популяций в математической биологии [12], принципиально подходит для описания взаимодействия агентов на рынке труда как системы с конкурирующими за ограниченный ресурс (рабочие места) группами [16]. Парные взаимодействия типа xu , xz , yz описывают обмен информацией,

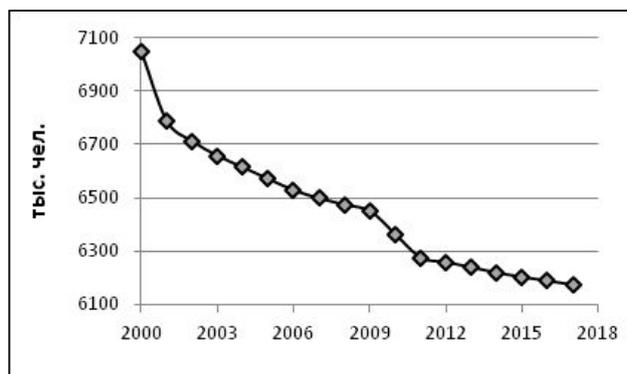


Рис. 2. Динамика численности населения Дальнего Востока (в среднем за год)

Fig. 2. Dynamics of the population of the Russian Far East (average per year)

во многом обусловленный социально-экономической ситуацией в регионе (коэффициенты η_{ij}). Произведения xz и yz в модели означают количество всевозможных пар по одному представителю занятого и экономически неактивного населения, безработного и экономически неактивного населения соответственно в процессе такого обмена информацией. Коэффициенты η_{13} , η_{23} при данных произведениях описывают эффективность (результативность) взаимодействий экономически неактивного населения с занятыми и безработными соответственно. Условно говоря, η_{13} , η_{23} определяют долю всевозможных парных взаимодействий, которые оказали влияние на изменение занятости и безработицы за счет пополнения из экономически неактивного населения. Идея парных взаимодействий позволяет описать наблюдаемые среднесрочные колебания численности экономически активного и неактивного населения, а также относительно просто учесть обобщенные социально-экономические параметры, влияющие на динамику численности населения [15, 16].

В общем виде модель можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} d x / d t = f_1(x) + \eta_{12} x y + \eta_{13} x z \\ d y / d t = f_2(y) + \eta_{21} x y + \eta_{23} y z, \\ d z / d t = f_3(z) + \eta_{31} x z + \eta_{32} y z \end{cases} \quad (1)$$

где x – численность занятых, y – численность безработных, z – численность экономически неактивного населения, $f_1(x)$, $f_2(y)$, $f_3(z)$ – функциональные зависимости, обобщенно описывающие динамику групп населения, η_{ij} – коэффициенты взаимовли-

яния групп населения, i, j – индексы, принимающие целочисленные значения от 1 до 3, $i \neq j$.

Таким образом, общие функциональные зависимости должны в целом описать динамику рассматриваемых групп населения, а структурные взаимодействия населения в аспекте экономической активности моделируются нелинейными членами.

Функциональные зависимости $f_1(x)$, $f_2(y)$, $f_3(z)$ в настоящем исследовании имеют следующий вид:

$$du/dt = p - Hu \quad (2)$$

где u – фазовая переменная, t – переменная времени, p – параметр, обобщенно описывающий миграцию, H – параметр, характеризующий скорость изменения группы населения.

Разумеется, для каждой группы населения параметр H будет иметь свой содержательный смысл. Так, для экономически неактивного населения он в большой степени будет отражать естественное движение населения (рождаемость, смертность), а также обобщенно описывать баланс перетоков между экономически активным и неактивным населением. Для численности занятых и безработных параметр H будет «отслеживать» изменение экономической ситуации. Для дальневосточных регионов в целом при ее улучшении, реализации крупных инвестиционных проектов будет наблюдаться прирост численности занятых и, вероятно, сокращение безработицы. В противном случае, например, при постепенной ликвидации предприятий, будет увеличиваться численность безработных и сокращаться численность занятых. При этом в обобщенных параметрах неявно учитываются экономические стимулы занятости населения, например уровень заработной платы. Так, изменения социально-экономической ситуации, потребности предприятий в работниках будут непосредственно связаны с уровнем заработной платы, условиями труда, имиджем профессии и т.д. Из содержательного смысла параметров ясно, что они могут принимать и отрицательные значения.

Выбор такой зависимости обобщенного описания динамики групп населения подтверждается не только ее простотой, но и относительно хорошей аппроксимацией численности занятых [14], а также численности населения [7, 16] на примере Еврейской автономной области (ЕАО).

В итоге получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} dx/dt = p_1 + H_1x + \eta_{12}xy + \eta_{13}xz \\ dy/dt = p_2 + H_2y + \eta_{21}xy + \eta_{23}yz, \\ dz/dt = p_3 + H_3z + \eta_{31}xz + \eta_{32}yz \end{cases} \quad (3)$$

где x – численность занятых, y – численность безработных, z – численность экономически неактивного населения, p_i – коэффициенты миграции, H_i – общая скорость изменения численности группы населения, H_3 включает также рождаемость, η_{ij} – коэффициенты взаимовлияния групп населения, i, j – индексы, принимающие целочисленные значения от 1 до 3, $i \neq j$.

Модельные уравнения применены для описания динамики численности занятого, безработного и экономически неактивного населения Дальнего Востока по статистическим данным за 2000–2017 гг. [10]. Параметрическая идентификация модели проведена в среде Mathematica методом наименьших квадратов (минимизировалась сумма квадратов отклонений фактических данных от соответствующих координат точек интегральных кривых).

Набор параметров, наиболее хорошо описывающих статистические данные, следующий:

$$\begin{cases} dx/dt = -636,633 + 0,0693x - \\ \quad - 0,0000492xy + 0,0000481xz, \\ dy/dt = 152,118 - 9,0708y + \\ \quad + 0,00211xy + 0,0000543yz, \\ dz/dt = -1,559 + 0,208z - \\ \quad - 0,0000424xz - 0,000291yz, \end{cases} \quad (4)$$

Как видно из параметров p_1, p_2, p_3 , наиболее сильный миграционный отток наблюдается среди занятого населения, значительно меньший отток – среди экономически неактивного населения. Соотношения параметров p_1 и p_3 косвенно указывают на то, что занятые уезжают с Дальнего Востока, в том числе семьями, имеющими детей (что превосходит миграционный приток занятых с детьми). При этом параметр p_2 (сальдо миграции безработных) положителен, что явно свидетельствует о том, что значительная часть прибывших мигрантов имеет финансовую поддержку (например, от работающих родственников). Параметры линейного изменения численности групп H_1, H_2, H_3 показывают, что скорость прироста численности экономически неактивного населения значительно больше, чем скорость прироста численности занятых. Косвенно это указывает на сложившуюся тенденцию старения населения Дальнего Востока. При этом прирост численности безработных

Оценка модели	Занятые	Безработные	Экономически неактивное население
$A_{cp}, \%$	0,37	5,17	0,58
R^2	0,893	0,908	0,986
\overline{R}_2	0,697	0,739	0,960

сокращается, что, с одной стороны, является индикатором дефицита трудовых ресурсов, с другой стороны, может указывать на развитие неофициальной занятости. Не менее интересны соотношения коэффициентов парных взаимодействий. По знакам параметров видно, что в результате социальных взаимодействий происходит преимущественно переток экономически неактивного населения в категорию занятых ($\eta_{31} = -0,0000424$) и безработных ($\eta_{32} = -0,000291$). Причем, переток в группу безработных более интенсивен, нежели в категорию занятых.

На рис. 3 изображены модельные кривые, аппроксимирующие соответствующие статистические данные за 2000–2017 гг. Оценка приближения модельной кривой и фактических данных проведена на основе показателей средней ошибки аппроксимации A_{cp} , коэффициента детерминации R^2 и скорректированного коэффициента детерминации \overline{R}_2 . Средняя ошибка аппроксимации A_{cp} вычислена по формуле:

$$A_{cp} = \frac{1}{n} \sum_i \left| \frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right| \cdot 100\%, \quad (5)$$

где n – длина ряда данных, x_i – фактическое (по статистическим данным) значение показателя в

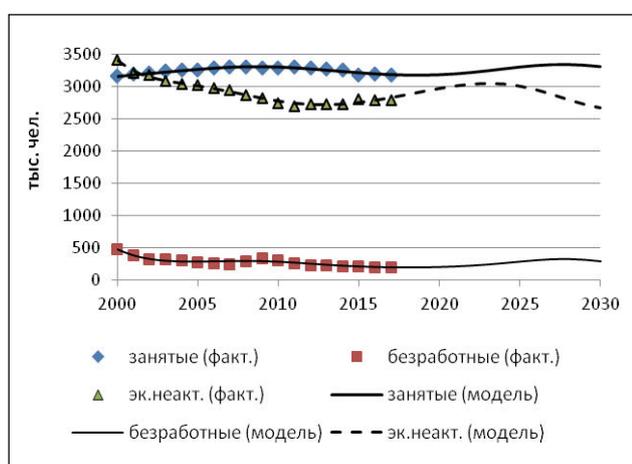


Рис. 3. Статистические данные и модельные расчеты динамики численности занятых, безработных и экономически неактивного населения на Дальнем Востоке

Fig. 3. Statistical data and model calculations on the number of employed, unemployed and economically inactive population in the Russian Far East

i -м году, \hat{x}_i – расчетное (модельное) значение показателя в i -м году. Из табл. 1 видно, что средняя ошибка аппроксимации модельных расчетов и статистических данных не превышает 5,2%, при этом коэффициент детерминации составляет не менее 0,893 (скорректированный – не менее 0,697), что свидетельствует о хорошем качестве найденных оценок параметров.

Как видно из представленного прогноза, численность занятых и безработных относительно 2017 г. почти не изменится, при этом численность экономически неактивного населения увеличится с 2,833 млн чел. в 2017 г. до 2,975 млн чел. в 2020 г. С 2020 г. начинается увеличение численности экономически активного населения, с 2030 г. – снижение численности всех рассматриваемых групп.

Варианты демографического прогноза на основе линейной и экспоненциальной моделей

Как было отмечено, сумма численности занятых, безработных и экономически неактивного населения составляет общую численность населения. Из рис. 4 видно, что по модельным оценкам к 2020 г. прирост численности населения Дальнего Востока может достигнуть порядка 200 тыс. чел. относительно 2017 г. Эта цифра превосходит даже плановые показатели в «Концепции демографической политики Дальнего Востока на период до 2025 года», утвержденной Правительством РФ в 2017 г.: согласно «Концепции...», численность населения Дальнего Востока в 2019 г. составит 6,222 млн чел., в 2020 г. – 6,253 млн чел. и в 2025 г. – 6,499 млн чел. [8]. Следует учесть, что представленная модель построена в первую очередь для прогнозирования численности экономически активного населения и накопленная ошибка в оценке трех рассматриваемых групп суммируется при получении значений общей численности населения (несмотря на это, средняя ошибка ап-

проксимации для общей численности населения составила 0,3%). Однако это не умаляет ценности модели для получения качественно другого сценария динамики численности населения, основанного на предположении о сильном влиянии экономической ситуации на миграцию. Также нельзя не подчеркнуть, что динамика временных рядов в рамках данной модели весьма хорошо аппроксимирована параметрами, соответствующими неустойчивой динамике (неустойчивому фокусу, т.е. незатухающим колебаниям) в модели, граничащей с хаосом. В этом контексте колебания численности населения с относительно большой амплитудой косвенно указывают на неустойчивость социально-экономической системы Дальнего Востока. Как можно заметить, в 2017 г. наблюдается расхождение фактической и модельной динамики. Это может указывать на то, что начинает реализовываться другой вариант динамики. Этот факт, тем не менее, не исключает реализации приведенного прогноза, полученного на основе нелинейной модели, поскольку, как будет показано далее, прогноз имеет относительно небольшую ошибку.

Рассмотрим другие варианты прогноза динамики численности населения ДФО, полученные из одномерных моделей. Обобщенные одномерные модели описывают инерционные варианты прогноза, в которых не предполагается существенного изменения сложившихся демографических тенденций.

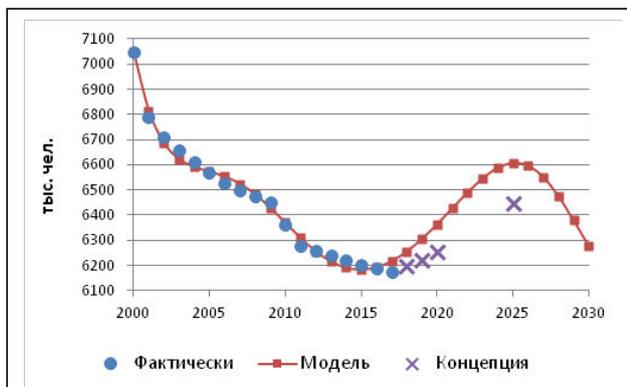


Рис. 4. Статистические данные, модельные расчеты и планируемые показатели динамики численности населения в «Концепции демографической политики Дальнего Востока на период до 2025 года»

Fig. 4. Statistical data, model calculations and planned indicators in the population dynamics in the "Concept of the Russian Far East demographic policy for the period up to 2025"

В качестве такой модели можно рассмотреть модифицированную модель Мальтуса, применяющуюся для описания популяционной динамики [13], демографических [7] и экономических процессов [14]:

$$\frac{dP}{dt} = a(\bar{P} - P), \quad (6)$$

где P – численность населения, a – скорость изменения численности населения, \bar{P} – равновесное значение численности населения, t – переменная времени. Модифицированную модель Мальтуса можно записать в следующем виде:

$$\frac{dP}{dt} = m - bP,$$

где m – коэффициент миграции, b – коэффициент естественного прироста населения. При $b > 0$ будет наблюдаться замедление темпов изменения численности населения, что соответствует демографической ситуации на Дальнем Востоке. Данная модель была применена Г.П. Неверовой и О.Л. Ревуцкой для описания динамики численности населения Еврейской автономной области в 1994–2007 гг. (коэффициент корреляции между фактическими и модельными значениями составил 0,99, средняя ошибка аппроксимации – 0,68%) [7].

Получившиеся оценки для численности населения Дальнего Востока согласно экспоненциальной модели следующие:

$$\frac{dP}{dt} = 0,147(6118 - P). \quad (7)$$

Как видно, в аспекте оценки общей демографической динамики по данной модели наблюдается постепенная стабилизация численности населения со стационарным значением 6,118 млн чел.

Также была рассмотрена линейная модель, весьма хорошо аппроксимирующая данные:

$$y = -43,83x + 94502. \quad (8)$$

По линейной модели численность населения Дальнего Востока к 2030 г. снизится до 5,5 млн чел.

Статистические оценки качества моделей для демографических данных приведены в табл. 2, из которой видно, что социально-экономическая нелинейная модель несколько точнее аппроксимирует демографическую динамику по сравнению с экспоненциальной и линейной моделями. Тем не менее, средняя ошибка аппроксимации для моделей не превышает всего 0,6% при допустимой

Statistical estimates of model quality for demographic data

Оценка модели	Социально-экономическая нелинейная модель	Экспоненциальная модель	Линейная модель
$A_{cp}, \%$	0,3	0,6	0,6
R^2	0,990	0,961	0,924
$\overline{R_2}$	0,972	0,958	0,919
$m_{\hat{y}_p}, \%$	0,99	1,33	1,85

ошибке в 10% (табл. 2). Среднюю стандартную ошибку прогноза для 2030 г. рассчитаем по формуле:

$$m_{\hat{y}_p} = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - m - 1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}},$$

где $m_{\hat{y}_p}$ – средняя стандартная ошибка прогноза, n – длина временного ряда, m – число параметров, \bar{x} – среднее значение x , x_p – прогнозное значение x , y_p – прогнозное значение y , \hat{y} – расчетное значение y . Как видно, ошибка прогноза наименьшая у нелинейной модели.

Очевидно, что разные модели дают различные прогнозные варианты демографической динамики. Объяснить содержательное различие этих вариантов можно, опираясь на концепцию каждой модели. На рис. 5 приведены графики, соответствующие различным вариантам авторского прогноза (социально-экономическая

модель, экспоненциальная модель, линейная модель, усредненные значения по социально-экономической и экспоненциальной моделям, по социально-экономической и линейной моделям), а также средний, высокий и низкий варианты прогноза, рассчитанные Федеральной службой государственной статистики (Росстат) [9]. Средняя стандартная ошибка для усредненных вариантов в 2030 г. соответственно 1,2% и 0,89%. Для прогнозных вариантов Росстата доверительный интервал предполагает отклонение от прогнозного значения на величину от 2,8% до 3,7%.

Нелинейная модель, как было уже отмечено выше, улавливает возможную социально-экономическую неустойчивость, которая может выразиться в интенсивном потоке мигрантов. Такая ситуация может сложиться, если в результате экономического кризиса и социальной «рекламы» еще больше вырастет интерес к Дальнему Востоку граждан из стран СНГ, и им будет обеспечен беспрепятственный въезд. На данном этапе моде-

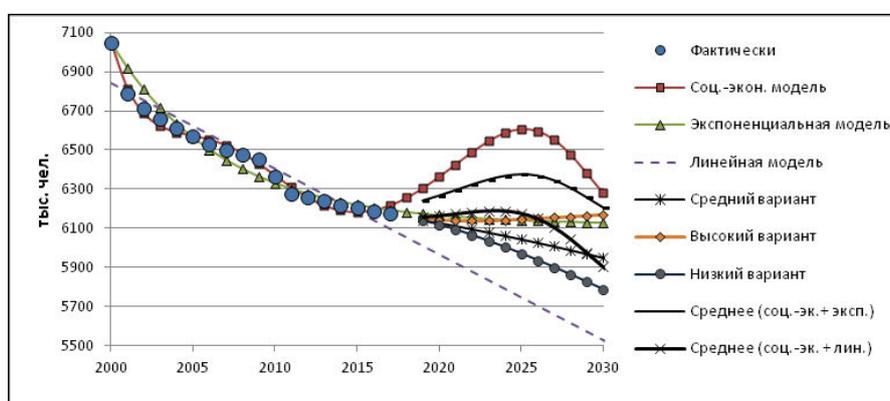


Рис. 5. Сценарии динамики численности населения Дальнего Востока

Fig. 5. Scenarios of the Russian Far East demographic dynamics

лирования было обнаружено, что такой вариант даст краткосрочный эффект до 2025 г., не приведет к качественным изменениям и усилит степень неустойчивости социально-экономической динамики Дальнего Востока.

Отметим, что увеличение численности населения в целом может быть следствием не только миграции, но естественного прироста населения. По оценкам Е.Л. Мотрич, численность женщин детородного возраста на Дальнем Востоке к 2030 г. сократится до 1314,3 тыс. чел. относительно 1530,8 тыс. чел. в 2015 г. [6, с. 140]. Такие тенденции изменения возрастной структуры дают основание полагать, что прогнозируемый всплеск численности населения может быть обеспечен в большей степени миграцией. Также близость точечных оценок параметров модели к хаотической динамике и собственно режим динамики по найденным оценкам (неустойчивый фокус) содержательно не соответствуют устойчивому развитию, способствующему увеличению естественного прироста населения на Дальнем Востоке.

Экспоненциальная модель является существенно менее чувствительной к социально-экономическим изменениям и описывает демографическую динамику с позиций оценки ее прироста: если прирост численности населения ежегодно будет увеличиваться или уменьшаться, то модель «обнаружит» неустойчивость динамики, выражающейся в интенсивном (экспоненциальном) росте или снижении численности. В этом случае будут наблюдаться существенные социально-экономические трансформации, поскольку численность населения, очевидно, не может бесконечно расти или снижаться. При постепенном уменьшении прироста (т.е. при замедлении роста) численности населения экспоненциальная модель будет стремиться к стационарному значению. Это соответствует балансу между демографическими и социально-экономическими процессами, что является одним из возможных прогнозных вариантов для Дальнего Востока. Баланс заключается в том, что рождаемость будет не ниже смертности, а число прибывших мигрантов не ниже числа выбывших (может быть ниже, но при условии компенсации отрицательного миграционного сальдо численностью родившихся). Согласно прогнозам Росстата, существенного увеличения рождаемости на Дальнем Востоке не предвидится, поэтому такой баланс может быть обеспечен за счет миграции и связан с уменьшением оттока населения. Такие процессы могут наблюдаться

при улучшении качества жизни населения, что в настоящее время не происходит [4, 6].

На основе линейной модели оценивается средний прирост численности населения, исходя из предположения, что величина прироста будет сохраняться. Согласно линейной аппроксимации убыль населения Дальнего Востока составит 43,8 тыс. чел. в год, т.е. 0,7% от численности населения в 2017 г. (6174 тыс. чел.). Такой сценарий является крайне негативным и соответственно может реализоваться при резком снижении уровня жизни относительно других регионов РФ и стран СНГ, формирующих основные миграционные потоки Дальнего Востока.

Кроме вышеизложенных сценариев, рассмотрены «смешанные» (средние) варианты прогнозов. Взяты в рассмотрение усредненные расчеты по социально-экономической и экспоненциальной моделям, а также по социально-экономической и линейной моделям (среднее по линейной и экспоненциальной модели не приводится, поскольку этот вариант очень близок к низкому варианту прогноза Росстата). Средний вариант прогноза по социально-экономической и экспоненциальной моделям располагается на графике над высоким (оптимистичным) вариантом прогноза Росстата. Этот вариант близок к прогнозным значениям в «Концепции демографической политики...». Как видно, миграционный всплеск на фоне стабилизации убыли населения даст краткосрочный эффект увеличения численности населения, «стыкующийся» к 2030 г. с высоким вариантом прогноза Росстата. Средний вариант прогноза по социально-экономической и линейной моделям учитывает миграционный всплеск на фоне значительной убыли местного населения: до 2025 г. это вариант на графике располагается немного выше высокого варианта прогноза Росстата, к 2030 г. – ниже среднего варианта прогноза Росстата. На наш взгляд, наиболее сбалансировано демографическую динамику описывает усредненный между нелинейной и линейной моделями прогноз. Несмотря на то, что он качественно отличается от прогнозных вариантов Росстата, этот модельный прогноз располагается в области между высоким и низким вариантами прогноза Росстата.

Заключение

Таким образом, в результате моделирования получены 5 вариантов демографической динамики Дальнего Востока. Рассмотренные модели показывают, при каких условиях может быть реализован тот или иной вариант, но концепция моделирования не позволяет определить вероятность

их реализации. Во многом это зависит от развития социально-экономической ситуации и демографической политики.

Важной задачей для развития инструментария демографического прогноза является учет переломных тенденций, которые наблюдаются на практике и часто связаны с миграционными процессами. Как видно из приведенной нелинейной модели, в ряде случаев удастся «уловить» возможность возникновения качественно иной динамики, не являющейся очевидной экстраполяцией предыдущих тенденций. Дальнейшее развитие инструментария прогнозирования сложных социально-экономических и демографических процессов, вероятнее всего, связанное с развитием теории нелинейной динамики и агент-ориентированного моделирования, позволит более точно предсказывать качественные изменения в «человекомерных» системах, а значит и более эффективно управлять ими.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИКАРП ДВО РАН.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андреев Е.М. О точности результатов российских переписей населения и степени доверия к разным источникам информации // Вопросы статистики. 2012. № 11. С. 21–35.
2. Демографический ежегодник России–2017 / Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/B17_16/Main.htm (дата обращения: 30.05.2019).
3. Коровкин А.Г. Проблемы согласования спроса на рабочую силу и ее предложения на российском рынке труда // Проблемы прогнозирования. 2011. № 2. С. 103–123.
4. Мищук С.Н. Внутренняя и международная миграция на российском Дальнем Востоке в середине XIX – начале XXI в. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2013. № 6. С. 33–42.
5. Мкртчян Н.В. Динамика населения регионов России и роль миграции: критическая оценка на основе переписей 2002 и 2010 гг. // Известия РАН. Серия географическая. 2011. № 5. С. 28–41.
6. Мотрич Е.Л. Дальневосточный регион в демографическом пространстве России: пореформенный тренд // Пространственная экономика. 2017. № 3. С. 133–153.
7. Неверова Г.П., Ревуцкая О.Л. Модельный анализ региональной демографической ситуации на примере Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2008. № 9. С. 10–15.
8. Об утверждении Концепции демографической политики Дальнего Востока // Официальный сайт Правительства России. URL: <http://government.ru/docs/28228/> (дата обращения: 20.03.2019).
9. Предположительная численность населения Российской Федерации / Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140095525812 (дата обращения: 11.02.2019).
10. Регионы России. Социально-экономические показатели / Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156 (дата обращения: 20.01.2019).
11. Романовский М.Ю., Романовский Ю.М. Введение в экономфизику: статистические и динамические модели. М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2012. 340 с.
12. Рубин А.Б., Пытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю. Кинетика биологических процессов. М.: Изд-во МГУ, 1987. 464 с.
13. Фрисман Е.Я., Кулаков М.П., Ревуцкая О.Л., Жданова О.Л., Неверова Г.П. Основные направления и обзор современного состояния исследований динамики структурированных и взаимодействующих популяций // Компьютерные исследования и моделирование. 2019. Т. 11, № 1. С. 119–151.
14. Хавинсон М.Ю. Динамика факторов производства в экономике региона: экономфизический подход // Пространственная экономика. 2014. № 1. С. 119–137.
15. Хавинсон М.Ю. Моделирование динамики численности занятых, безработных и экономически неактивного населения в регионе с учетом социальных связей // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2016. № 4. С. 178–188.
16. Хавинсон М.Ю., Кулаков М.П. Математическое моделирование динамики численности разновозрастных групп занятых в экономике региона // Компьютерные исследования и моделирование. 2014. Т. 6, № 3. С. 441–454.
17. Численность и миграция населения Российской Федерации-2018 / Официальный сайт Федеральной службы государственной статисти-

- ки. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b19_107/Main.htm (дата обращения: 30.05.2019).
18. Bramoullé Y., Saint-Paul G. Social Networks and Labor Market Transitions // IZA Discussion Paper. July 2004. N 1215. P. 38.
19. Lorenz E.N. Deterministic nonperiodic flow // Journal of the Atmospheric Science. 1963. Vol. 20. P. 130–141.
20. Weidlich W. Sociodynamics: a Systematic Approach to Mathematical Modelling in the Social Sciences. Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 2000. 392 p.

DEMOGRAPHIC FORECAST WITH MODELING OF NONLINEAR DYNAMICS OF THE EMPLOYED AND UNEMPLOYED POPULATION NUMBER

M.Yu. Khavinson, A.S. Losev

The article deals with a non-linear model for the dynamics of the number of employed, unemployed and economically inactive population. The model gives a forecast of the total population of the region taking into account the socio-economic situation. The model is verified on base of the statistical data for the Far East of the Russian Federation for 2000-2017. According to the model forecast for the population dynamics in the Far East, a migration surge is possible until 2025. As well, the authors give an approximation of demographic dynamics in the Far East by means of the linear and exponential models. A comparative analysis of the obtained forecast variants with the forecasts of the Federal State Statistics Service has been carried out. It is shown that the obtained average model forecast is qualitatively different from the FSSS forecasting variants, but being located within their area.

Keywords: *population, demographic dynamics, nonlinear dynamics, employed, unemployed, mathematical modeling, economically active population, the Russia Far East.*