

## КОНЦЕПЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ

М.Ю. Хавинсон, М.П. Кулаков

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

*В статье рассматривается подход к построению динамической гравитационной модели миграции населения. Показано, что гравитационная концепция моделирования миграции находит аналогии в математической биологии и экономфизике. На основе базовых моделей взаимодействия условных информационных, обобщенных Д.С. Чернавским, предлагается система обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, описывающая динамику численности населения с учетом гравитационных взаимодействий. Приведены оценки параметров системы для федеральных округов РФ, дана содержательная интерпретация значений параметров, представлен соответствующий прогноз.*

**Ключевые слова:** численность населения, гравитационный подход, миграция, математическая модель, федеральные округа РФ, экономфизика.

Миграция населения при относительной простоте своего механизма до сих пор является предметом пристального изучения [8–10, 17]. В целом теории миграции рассматривают передвижения людей как следствие некоторой «разности потенциалов» территорий: различия уровня жизни, заработной платы, диспропорции спроса и предложения рабочей силы и т.д. [7]. Моделирование механического движения населения в обобщенном варианте можно рассматривать в ключе гравитационных взаимодействий территорий. Этот подход основан на идеях физики о притяжениях космических тел: чем больше тело, тем больше сила притяжения. Любой объект характеризуется массой, а следовательно способен притягивать другие тела с определенной силой. Учитывая то, что многие теории развития общества строились на концепциях естествознания [13, 14], исследователи миграции также нашли идею гравитации достаточно подходящей для описания механического движения населения. В гравитационном подходе прообразом массы тел является численность населения. Именно население определяет развитие территории, и чем больше численность населения, тем больше возникает общественных структур, физических и виртуальных коммуникаций. Населенные пункты делятся на категории (поселки, поселки городского типа, города и т.д.) именно по численности проживающих людей. Фактором, ослабляющим действие грави-

тационных сил миграции, является расстояние. На основе гравитационного подхода определяют индексы взаимодействия населенных пунктов, по которым рассчитывается интенсивность соответствующих миграционных потоков [1].

Базовая гравитационная модель миграции имеет следующий вид:

$$M_{ij} = k \frac{p_i p_j}{d_{ij}^2},$$

где  $M_{ij}$  – сила миграционного притяжения между населенными пунктами (регионами)  $i$  и  $j$ ,  $k$  – коэффициент соответствия,  $p$  – численность населения

населенных пунктов (регионов)  $i$  и  $j$ ,  $d_{ij}^2$  – расстояние между населенными пунктами (регионами)  $i$  и  $j$  [1]. Отметим, что подобные модели также применены для описания взаимодействий регионов и стран в аспекте торговли и инвестиций [3, 4].

Одним из недостатков указанного подхода является статичность показателей. Миграция является зависимой от численности жителей населенных пунктов, а она ежегодно меняется вследствие рождаемости, смертности и особенностей механического движения населения. Для того чтобы получить прогноз, необходимо разработать динамическую модель, которая описывает как изменение численности населения в целом, так и

гравитационные взаимодействия. Для этой цели весьма хорошо подходит эконофизическая концепция информационных взаимодействий, описанная Д.С. Чернавским [15]. Математически она выражается в виде системы уравнений:

$$\frac{d u_i}{d t} = \frac{1}{\tau_i} u_i - \sum_{j \neq 0}^n b_{i,j} u_j u_i - a_i u_i^2 + D_i \Delta u_i,$$

где  $u_i$  – число носителей  $i$ -й информации;  $u_j$  – число носителей  $j$ -й информации;  $\tau_i$ ,  $b_{i,j}$ ,  $a_i$  – параметры модели;  $D_i \Delta u_i$  – пространственное распределение носителей информации. Иными словами, первый член правой части описывает воспроизведение  $i$ -й информации, второй – взаимодействие носителей различной информации, третий – некоторые внешние ограничения, четвертый – миграцию носителей информации в пространстве. Эту модель начали применять в естественных науках (авторы модели – А. Дж. Лотка и В. Вольтерра составили ее в 1920-х гг. независимо друг от друга) для описания динамики численности взаимодействующих популяций (например, типа «хищник–жертва»), а также взаимодействия химических веществ [12]. В математической биологии при помощи такого типа систем уравнений описаны колебания и сложные режимы динамики численности популяций [5, 6, 16]. В этих моделях был использован важный принцип моделирования взаимодействия живых систем: парные взаимодействия в уравнениях описывались произведениями  $u_i u_j$ , где  $u_i$  – численность  $i$ -й популяции,  $u_j$  – численность  $j$ -й популяции. Изменения численности популяций предполагались, кроме процессов смертности и воспроизводства, обусловленными прямыми «столкновениями» особей (коэффициент при  $u_i u_j$  указывал на то, какая доля встреч особей влечет за собой изменение численности популяций). Например, взаимодействие хищника с жертвой приводит в ряде случаев к поеданию жертвы хищни-

ком, вследствие чего биомасса хищника увеличивается (и улучшаются условия для размножения хищника), а численность жертвы уменьшается. Таким образом, из уравнений ясно, что парные взаимодействия в биологии – это «прообраз» гравитационных взаимодействий при описании миграции. На этой идее были основаны исследования социодинамики В. Вайдлиха. Он разработал концептуальные вероятностные модели миграции между тремя регионами, в которых были обнаружены сложные, в том числе и хаотические режимы динамики [18]. При этом данные модели не были применены для конкретных объектов.

В настоящем исследовании для построения динамической гравитационной модели используется, как уже было отмечено, эконофизический подход, обобщенный Д.С. Чернавским и сочетающий предельно возможную простоту с достаточно богатыми возможностями моделирования. Кроме того, разработанная модель верифицируется на конкретных социально-экономических объектах, динамика численности населения которых описана соответствующими статистическими данными.

#### Концептуальные основы и схема модели

Общий вид модели динамики численности  $N$  связанных территорий имеет вид:

$$\dot{x}_i = \frac{d x_i}{d t} = f(x_i) - \sum_{j=1, j \neq i}^N m_{j,i} \cdot x_i + \sum_{j=1, j \neq i}^N m_{i,j} \cdot x_j$$

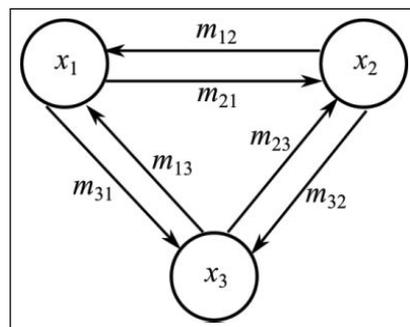
$$(i = 1, 2, \dots, N), \quad (1)$$

где первое слагаемое – функция локального воспроизводства, которая определяет прирост населения на  $i$ -й территории в отсутствие внешней миграции, второе и третье слагаемое – вклад в прирост за счет разнонаправленных миграционных потоков (рис. 1). В общем случае доли мигрантов  $m_{i,j}$  являются функциями, которые могут зависеть от множества факторов.

Далее будем рассматривать случай, когда

**Рис. 1. Общая схема миграционных перемещений между тремя территориями с численностями в каждой из них  $x_i$ , стрелки – направления миграции,  $m_{i,j}$  – доля мигрантов, движущихся из  $j$ -й территории в  $i$ -ю**

**Fig. 1. General scheme of migration movements among the three territories, the number of population in each of them  $x_i$ , arrows designate the migration directions,  $m_{i,j}$  – the share of migrants moving from the  $j$ -th territory to the  $i$ -th one**



эта доля прямо пропорционально зависит от численности населения той территории, куда направлена миграция, и обратно пропорциональна расстоянию между территориями. В этом случае:

$$m_{ij} = \frac{\alpha_{ij}x_j}{r_{ij}^2},$$

где  $r_{ij}=r_{ji}$  – расстояние между  $i$ -й и  $j$ -й территориями,  $\alpha_{ij}$  – коэффициент, выражающий привлекательность  $j$ -й территории для населения  $i$ -й территории. Тогда система (1) имеет вид:

$$\dot{x}_i = f(x_i) - \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\alpha_{ji}x_i x_j}{r_{ji}^2} + \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\alpha_{ij}x_i x_j}{r_{ij}^2} \quad (i = 1, 2, \dots, N). \quad (2)$$

Вынесем из (2)  $x_i x_j$  за скобки:

$$\dot{x}_i = f(x_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^N x_i x_j \left( \frac{\alpha_{ij}}{r_{ij}^2} - \frac{\alpha_{ji}}{r_{ji}^2} \right) \quad (i = 1, 2, \dots, N).$$

Учитывая, что расстояние между  $i$ -й и  $j$ -й территориями равно расстоянию между  $j$ -й и  $i$ -й территориями, т.е.  $r_{ij}=r_{ji}$ , введем обозначения:

$$\frac{\alpha_{ij} - \alpha_{ji}}{r_{ij}^2} = s_{i,j}.$$

В результате система (1) сводится к виду:

$$\dot{x}_i = f(x_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^N s_{i,j} x_i x_j \quad (i = 1, 2, \dots, N). \quad (3)$$

Для  $N=3$ , соответствующему миграции населения между тремя территориями, схематично изображенному на рис. 1, модель (3) имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = f(x_1) + s_{12}x_1x_2 + s_{13}x_1x_3 \\ \dot{x}_2 = f(x_2) - s_{12}x_1x_2 + s_{23}x_2x_3 \\ \dot{x}_3 = f(x_3) - s_{13}x_1x_3 - s_{23}x_2x_3 \end{cases} \quad (4)$$

В этом случае члены  $s_{12}x_1x_2$ ,  $s_{13}x_1x_3$ ,  $s_{23}x_2x_3$  легко интерпретировать как миграционное saldo (разница между прибывшими и выбывшими) между соответственно первой и второй, первой и третьей, второй и третьей территориями.

Предположим, что рост численности населения имеет ограниченный характер, т.е. численность стремится к некоторому стационарному уровню, который каким-то образом модифицирует миграция населения. Тогда, чтобы описать локальную динамику, можно воспользоваться хорошо зарекомендовавшей себя моделью ограниченного роста – модифицированной моделью Мальтуса с постоянной миграцией  $\dot{x}=f(x)=b-kx$ , которая при положительных параметрах имеет два типа решения – монотонный рост или падение до стационарной численности, равной  $b/k$  [12]. Тогда (4) имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = b_1 - k_1x_1 + s_{12}x_1x_2 + s_{13}x_1x_3 \\ \dot{x}_2 = b_2 - k_2x_2 - s_{12}x_1x_2 + s_{23}x_2x_3 \\ \dot{x}_3 = b_3 - k_3x_3 - s_{13}x_1x_3 - s_{23}x_2x_3 \end{cases} \quad (5)$$

### Статистические данные для верификации модели

Разработанная модель применена для описания миграционной динамики между федеральными округами России за 1996–2014 гг. Статистические данные взяты из открытых источников Федеральной службы государственной статистики [2, 11]. В рассмотрение не вошел Крымский федеральный округ, поскольку в настоящее время соответствующие статистические данные по этому округу ограничиваются 2014 г. Для апробирования модели в базовом трехмерном варианте, содержащем все разнообразие динамических режимов, федеральные округа объединены в три группы. Основанием для объединения послужили территориальная близость, схожие демографические тенденции и уровень социально-экономического развития. В первую группу вошли Центральный и Северо-Западный федеральные округа (обозначим эту группу как 1), во вторую – Южный, Северо-Кавказский и Приволжский федеральные округа (обозначим эту группу как 2), в третью – Уральский, Сибирский и Дальневосточный федеральные округа (обозначим эту группу как 3). Безусловно, полной однородности по демографическим тенденциям и социально-экономическому развитию в этих группах нет, как их нет и по регионам федеральных округов. Тем не менее, демографические тенденции, связанные с пространственной неоднородностью (в том числе и социально-экономической), на рассматриваемых территориях видны достаточно ясно. Из

рис. 2а видно, что после долгосрочного уменьшения численности населения России с 2008 г. демографическая ситуация начала улучшаться. Причем заметно, что чем дальше от центральной части России расположена территория, тем медленнее происходит увеличение численности населения (рис. 2б, 2в, 2г).

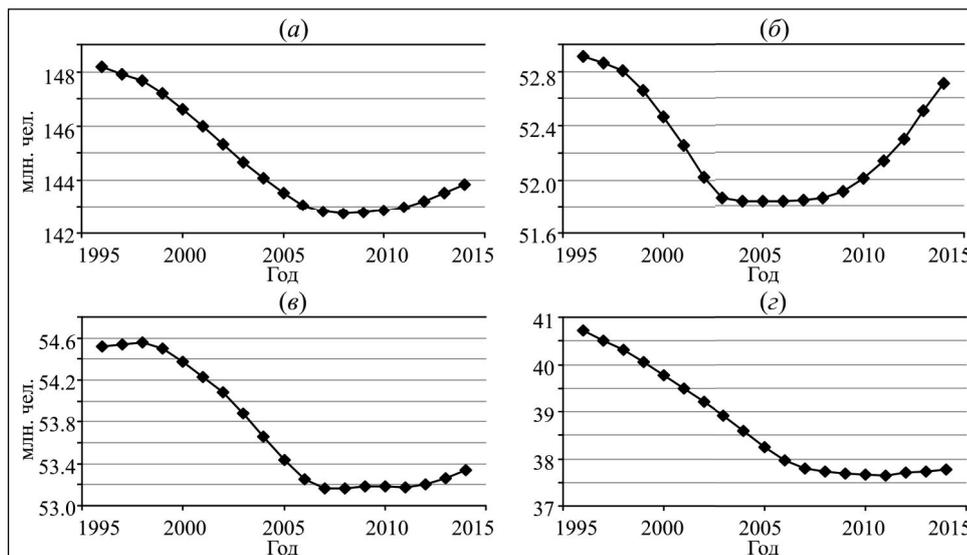
За последние пять лет выросла интенсивность миграционных потоков между рассматриваемыми территориями (рис. 3). На рис. 3а через  $\mu_{ij}$  обозначена официальная численность людей, сменивших место жительства с  $j$ -й группы федеральных округов на  $i$ -ю (по аналогии с коэффициентом  $m_{ij}$  в системе (1)). Тогда динамика миграционного сальдо между  $i$ -й и  $j$ -й территориями рассчитывается как разность  $\mu_{ij} - \mu_{ji}$ , знак которой указывает на направление миграционных потоков (рис. 3б). По официальным статистическим данным, миграционное сальдо оказывается отрицательно для всех территорий, т.е., например, на территорию 1 приезжает больше мигрантов из территории 2, чем прибывает в 2 из 1. Согласно этим данным, наиболее интенсивные миграционные потоки направлены от восточных территорий России к западным.

### Параметрическая идентификация модели

Для использования таких оценок необходимо провести параметрическую идентификацию модели, т.е. оценить параметры модели по имеющимся статистическим данным. Оценка коэффициентов модели производилась в среде MathCad методом Левенберга-Марквардта путем минимизации суммы квадратов отклонений фактических данных от соответствующих координат точек интегральных кривых, т.е. решения оптимизационной задачи вида:

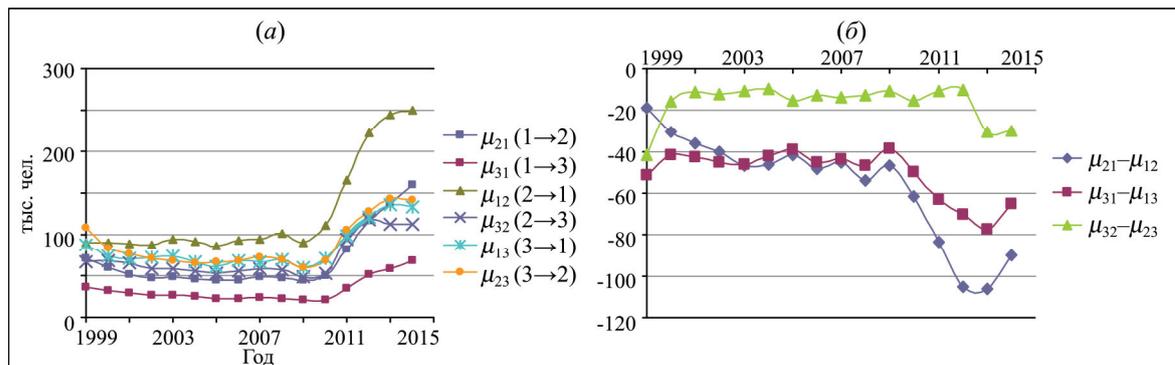
$$J(u) = \mu_1 \sum_{j=1}^N (x_1^*(t_j) - x_1(t_j, u))^2 + \mu_2 \sum_{j=1}^N (x_2^*(t_j) - x_2(t_j, u))^2 + \mu_3 \sum_{j=1}^N (x_3^*(t_j) - x_3(t_j, u))^2 \rightarrow \min_{u \in D},$$

где  $u = (b_1, b_2, b_3, K_1, K_2, K_3, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{21}, \alpha_{23}, \alpha_{31}, \alpha_{32})^T$  – вектор искомых коэффициентов системы (1),  $x_1(t_j, u)$ ,  $x_2(t_j, u)$  и  $x_3(t_j, u)$  – решение системы (1) в  $t_j$  момент времени, полученное методом Адамса-Башфорта,  $x_1^*(t_j)$ ,  $x_2^*(t_j)$  и  $x_3^*(t_j)$  – фактические



**Рис. 2. Численность населения в РФ и группах федеральных округов:**  
 а) Российская Федерация; б) Центральный и Северо-Западный федеральные округа;  
 в) Южный, Северо-Кавказский и Приволжский федеральные округа;  
 г) Уральский, Сибирский и Дальневосточный федеральные округа

**Fig. 2. Population in the Russian Federation and in the groups of federal districts:**  
 а) The Russian Federation; б) Central and North-Western Federal District;  
 в) Southern, North Caucasus and the Volga Federal District;  
 г) Urals, Siberian and Far Eastern Federal Districts



**Рис. 3. (а) Официальная численность мигрантов между группами федеральных округов 1, 2 и 3 (между территориями выбытия→прибытия), (б) миграционное сальдо между этими территориями**

**Fig. 3. (a) Official number of migrants between the groups of Federal Districts 1, 2 and 3 (between the territories of disposal → arrival), (b) Migration balance between these territories**

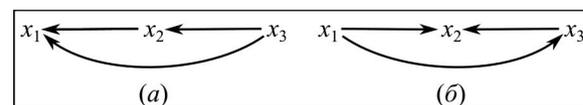
численности населения рассматриваемых групп регионов. Весовые коэффициенты  $\mu_i$  ( $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 1$ ) выражают относительную значимость частных критериев оптимизационной задачи (2). Кроме этого, при выборе наилучшей аппроксимации учитывалось качество приближения к суммарному показателю – общей численности населения в регионе ( $x_1 + x_2 + x_3$ ). В результате удалось добиться хорошего соответствия модельной и реальной динамики. Также были рассчитаны соответствующие статистические тесты (критерий Фишера о нормальном характере распределения остатков, тест Дарбона-Уотсона об отсутствии автокорреляции остатков), показавшие статистическую значимость оценок.

В результате получены следующие оценки параметров модели (5):

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -0,663 + 0,383x_1 - 0,026x_1x_2 - 0,03x_1x_3 \\ \dot{x}_2 = 1,475 - 0,476x_2 + 0,026x_1x_2 + 0,016x_2x_3 \\ \dot{x}_3 = 0,398 - 0,175x_3 + 0,03x_1x_3 - 0,016x_2x_3 \end{cases}$$

Содержательно смысл оценок параметров модели заключается в следующем. Статистические данные о численности населения, на наш взгляд, являются в целом достоверными, но если прирост этой численности разложить на аддитивные составляющие естественного (рождаемость и смертность) и механического прироста населения (миграция), то наименее точным показателем оказываются оценки миграции. В рамках описан-

ного модельного подхода использованы данные о численности населения, все остальные параметры оцениваются на основе концепции модели и численных методов. При этом коэффициенты являются усредненными за период 1996–2014 гг. Полученные оценки параметров модели в ряде случаев расходятся со статистическими данными, например, неожиданной оказалась расчетная направленность миграционных потоков. Как отмечалось, согласно статистическим данным (рассчитывалось миграционное сальдо), россияне перемещаются с востока на запад. Однако по оценкам модели оказывается, что благоприятной для мигрантов оказывается вторая группа федеральных округов, включающая Южный, Северо-Кавказский и Приволжский федеральные округа, а третья группа округов, т.е. Уральский, Сибирский и Дальневосточный федеральные округа, являются своего рода промежуточными пунктами в их миграции во вторую группу регионов (рис. 4).



**Рис. 4. Направление внутрироссийских миграционных потоков: а) статистические данные; б) модельные расчеты**

**Fig. 4. Direction of domestic migration flows: a) statistical data; b) model calculations**

Вероятно, это связано со множеством факторов возврата мигрантов из Центрального и Северо-Западного федеральных округов, аналогичный эффект может наблюдаться на уровне международной миграции (реэмиграция). Согласно результатам моделирования, в среднем за рассматриваемый период центральные федеральные округа стали регионами отталкивания, аккумулируя лучшие квалифицированные кадры и выталкивая мигрантов, не сумевших адаптироваться к новым условиям жизни. Миграционным реципиентом оказалась вторая группа рассматриваемых федеральных округов. При этом центральные регионы «возвращают» примерно одинаковую долю мигрантов в регионы второй и третьей групп ( $s_{12} = -0,026$ ,  $s_{13} = -0,03$ ).

Объяснить различие качественных модельных результатов и статистических данных можно тем, что по статистике мигрантов больше там, где лучше организован их учет. Учитывая то, что центральные регионы являются ключевыми в России по социально-экономическому развитию, средоточию культуры и туризма, значимыми транспортными международными и национальными узлами, вполне очевиден высокий уровень учета

мигрантов.

Согласно агрегированным модельным оценкам международной миграции (оценка сальдо), передвижение населения в первой группе регионов направлено из России ( $b_1 < 0$ ), в других группах – в Россию ( $b_2 > 0$ ,  $b_3 > 0$ ). Это можно объяснить близостью центрального региона к Европе и финансовыми возможностями его населения осуществлять поездки за рубеж и, наоборот, для других регионов – отсутствием такой возможности у населения на фоне возрастающей миграции из стран СНГ. При этом наиболее благоприятные условия для естественного воспроизводства населения отмечаются в центральных регионах ( $k_1 = 0,381$ ,  $k_2 = 0,476$ ,  $k_3 = 0,175$ ).

#### Прогноз численности населения РФ на основе динамической гравитационной модели

На основе оценок модели получен прогноз численности населения рассматриваемых регионов и РФ в целом. Как видно из рис. 5, до 2035 г. следует ожидать рост численности населения, а затем небольшое падение, являющееся частью затухающих колебаний (устойчивый фокус). Безусловно, такой долгосрочный прогноз кажется маловероятным, поскольку оценки получены на

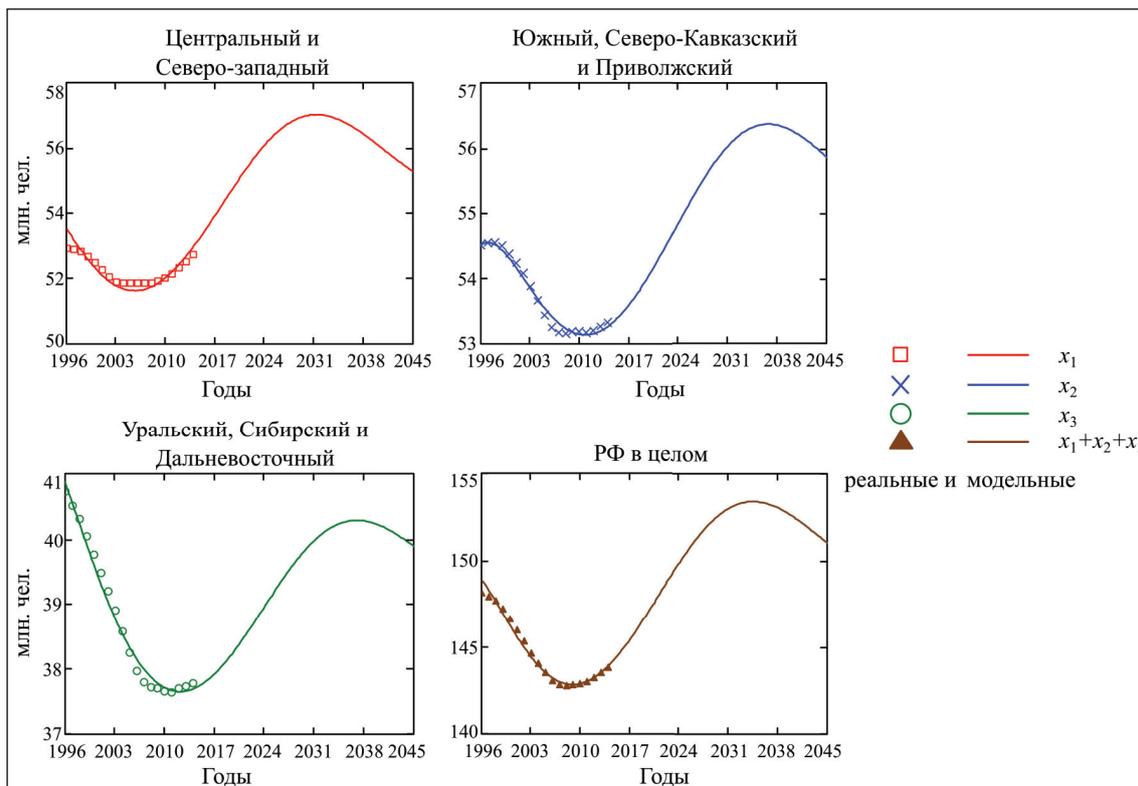


Рис. 5. Прогноз численности населения Российской Федерации

Fig. 5. Forecast of the population in the Russian Federation

достаточно коротких временных рядах, и в модели никак не учитывается непостоянный характер демографических параметров. Однако в среднесрочной перспективе его можно принять к рассмотрению.

Найденный сценарий в целом, на наш взгляд, является оптимистическим, а прогноз можно рассматривать как инерционный до 2020 г. Согласно полученным оценкам, численность населения РФ в 2020 г. достигнет значения в 147 261 тыс. чел., что соответствует среднему варианту прогноза, представленного Федеральной службой государственной статистики (на 2020 г. низкий вариант прогноза – 146 859 тыс. чел., средний вариант – 147 566 тыс. чел., высокий вариант – 148 783 тыс. чел. [11]).

### Заключение

Представленная в статье модель является базовой и, на наш взгляд, может использоваться для «отслеживания» общих тенденций изменения численности населения на разных территориях, связанных активными миграционными взаимодействиями. Теоретическая ценность модели не только в возможности получения соответствующих сценариев и прогнозов, но еще и в проверке теории «чистых» гравитационных взаимодействий. В результате исследования оказалось, что модель, составленная из простейших зависимостей для описания демографической динамики (уравнение Мальтуса со свободным членом) и миграции (члены второго порядка), вполне хорошо аппроксимирует общероссийские тенденции изменения численности населения. При этом ограничением модели является необходимость использования относительно длинных рядов данных для ее параметрической идентификации. Иными словами, оценка динамических гравитационных взаимодействий для большого числа территорий потребует другого модельного аппарата. В этом случае представляется перспективным использование агент-ориентированных моделей, которые могут способствовать проверке различных гипотез о стратегиях миграционного поведения людей для конкретных территорий.

*Публикация подготовлена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-6255.2016.6.*

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Василенко П.В. Гравитационные силы и миграционная подвижность населения региона // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 7. С. 155–159.
2. Демографический ежегодник России. 2015: стат. сб. / Росстат. М., 2015. 263 с.
3. Драпкин И.М., Мариев О.С., Чукавина К.В. Гравитационный подход к эмпирической оценке факторов прямых зарубежных инвестиций в российской экономике // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2014. № 6. С. 58–66.
4. Каукин А.С. Особенности эмпирических оценок гравитационной модели внешней торговли России // Российский внешнеэкономический вестник. 2013. № 4. С. 71–84.
5. Кулаков М.П., Неверова Г.П., Фрисман Е.Я. Мультистабильность в моделях динамики миграционно-связанных популяций с возрастной структурой // Нелинейная динамика. 2014. Т. 10, № 4. С. 407–425.
6. Лобанова Е.В., Медведева Н.Б. Гладкие модели биологических популяций // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2014. Т. 7, № 2. С. 55–65.
7. Мищук С.Н. Мигранты и принимающее общество: региональный аспект (на примере Дальнего Востока России). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2014. 218 с.
8. Мищук С.Н. Особенности международной трудовой миграции из Китая в Россию (на примере Дальневосточного федерального округа) // Экономика региона. 2014. № 2 (38). С. 194–202.
9. Мищук С.Н. Ретроспективный анализ миграционных процессов в Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2015. Т. 18, № 3. С. 74–81.
10. Мотрич Е.Л., Найден С.Н. Миграционные процессы в социально-экономическом развитии Дальнего Востока // Проблемы прогнозирования. 2015. № 5. С. 108–118.
11. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 05.05.2016).
12. Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. Биофизическая динамика продукционных процессов. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 464 с.
13. Романовский М.Ю., Романовский Ю.М. Введение в эконофизику: статистические и динамические модели. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. 340 с.
14. Хавинсон М.Ю. Эконофизика: от анализа финансов до судьбы человечества // Пространственная экономика. 2015. № 1. С. 144–166.

15. Чернавский Д.С. Синергетика и информация: Динамическая теория информации. М.: URSS, 2016. 304 с.
16. Frisman E.Ya., Neverova G.P., Revutskaya O.L. Complex Dynamics of the Population with a Simple Age Structure // Ecological Modelling. 2011. Vol. 222. P. 1943–1950.
17. Khavinson M.Yu., Kulakov M.P., Mishchuk S.N. Prediction of Foreign Labor Migration Dynamics at the Regional Level // Studies on Russian Economic Development. 2013. Vol. 24, N 2. P. 170–178.
18. Weidlich W. Sociodynamics: a Systematic Approach to Mathematical Modelling in the Social Sciences. Boca Raton: CRC Press, 2000. 392 p.

*The article deals with an approach to the construction of a dynamic gravity model for migration. It is shown that the concept of gravitational migration simulation finds its analogies in mathematical biology and econophysics. We propose a system of ordinary differential equations with constant coefficients describing the dynamics of the population, which takes into account gravitational interactions and is based on the basic models of interaction between conventional information, summarized by D.S. Chernavsky. We estimate the parameters of the system for federal districts of the Russian Federation, giving a substantive interpretation of the parameter values, and presenting a correspondent forecast.*

**Keywords:** *population, gravity approach, migration, mathematical model, federal districts of the Russian Federation, econophysics.*