

pISSN 2073-1477
eISSN 2311-8733

Экономико-математическое моделирование

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ МОЛОДЕЖИ*

Юрий Давыдович ШМИДТ ^{a,*},
Наталья Викторовна ИВАШИНА ^b,
Галина Павловна ОЗЕРОВА ^c

^a доктор экономических наук, профессор,
заведующий кафедрой бизнес-информатики и экономико-математических методов,
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ),
Владивосток, Российская Федерация
syd@dvfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2629-679X>
SPIN-код: 7970-8895

^b кандидат экономических наук,
доцент кафедры бизнес-информатики и экономико-математических методов,
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ),
Владивосток, Российская Федерация
ivashina_n@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 9380-5590

^c кандидат технических наук,
доцент кафедры механики и математического моделирования,
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ),
Владивосток, Российская Федерация
gal_o@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 9370-2993

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 349/2021
Получена 17.06.2021
Получена в
доработанном виде
04.09.2021
Одобрена 09.12.2021
Доступна онлайн
15.02.2022

УДК 519.865: 314.7
JEL: C6, J11, R23

Ключевые слова:

миграция, поток,
когорты 15–19 лет,
клеточный автомат,
прогноз

Аннотация

Предмет. Миграция молодежи, воспроизводственные процессы и потенциал социально-экономического развития территорий.

Цели. Разработка модели клеточного автомата для среднесрочного прогнозирования межрегиональных миграционных потоков молодежи возрастной когорты 15–19 лет.

Методология. Используются методы статистического анализа, теория клеточных автоматов.

Результаты. Предложена модель вероятностного клеточного автомата с прямоугольными сетками клеток без границ, в которых количество клеток совпадает с численностью когорты 15–19 лет на соответствующей территории. Разработанный клеточный автомат позволяет интегрировать модель миграционного поведения на локальном уровне в условиях ограниченной рациональности в общую модель миграционного потока территории. Разработана кросс-платформенная программа на языке Go, позволяющая осуществлять среднесрочные прогнозы.

Выводы. Клеточные автоматы позволяют интегрировать

различные модели миграционного поведения в общую модель миграционного потока территории и выбирать наиболее адекватные модели миграционного поведения для различных возрастных и социальных групп.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Шмидт Ю.Д., Ивашина Н.В., Озерова Г.П. Прогнозирование межрегиональных миграционных потоков молодежи // Региональная экономика: теория и практика. – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 329 – 354.
<https://doi.org/10.24891/re.20.2.329>

Введение

В любой стране и на любой ее территории молодежь является важным ресурсом репродуктивного и трудового потенциала населения, который во многом определяет темпы будущего развития этих территорий. Эта социальная группа является наиболее мобильной и преобладает в межрегиональных миграционных потоках [1].

Молодежную миграцию исследовали многие отечественные и зарубежные ученые. В работе [2] И.С. Кашницкий, Н.В. Мкртчян, О.В. Лешуков провели комплексный анализ демографической статистики по межрегиональной миграции молодежи студенческого возраста (17–21 год) в России. В работе [3] С.В. Рязанцев, А.С. Лукьянец А.С. исследовали факторы, формы и последствия эмиграции молодежи из России. В работе [4] Е.А. Питухин, А.А. Семенов анализировали межрегиональную мобильность выпускников школ и предложили показатель, характеризующий образовательную привлекательность регионов России. В работе [5] А.Г. Атаева и А.Г. Уляева исследовали статистику и факторы, влияющие на межрегиональную образовательную миграцию молодежи при выборе места обучения.

Среди большого количества исследований зарубежных ученых в этой области можно выделить работы [6–8], в которых анализировались факторы, влияющие на миграционные потоки и миграционное поведение молодежи различных стран.

Следует отметить, что существует достаточно большое количество исследований, в которых рассматриваются те или иные вопросы, связанные с миграцией молодежи, но при этом слабо представлены работы, в которых прогнозируются межрегиональные миграционные потоки молодежи на

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-010-00206).

основе экономико-математических моделей. В настоящее время существует ряд работ отечественных и зарубежных ученых, в которых успешно используются эконометрические модели для выявления значимых факторов, влияющих на молодежные миграционные потоки и миграционную привлекательность территорий для молодежи разных стран. В этом направлении можно выделить работы зарубежных ученых [9–13], в которых факторы, влияющие на миграцию выпускников и студентов университетов, исследовались с помощью инструментов эконометрического моделирования.

В работе [14] осуществлялось моделирование межрегиональных потоков выпускников вузов России с учетом пространственных эффектов соседних регионов, а в работе В.А. Москвиной [15] анализировались факторы, влияющие на межрегиональные миграционные потоки выпускников вузов России, на основе моделей счетных данных (пауссоновской регрессии).

Для прогнозирования миграционных потоков на основе эконометрических моделей необходимы достаточно объемные массивы исходных статистических данных, которые, к сожалению, практически не доступны по объективным причинам из-за особенностей и изменений в статистическом учете мигрантов в России. Чтобы не сталкиваться с этой проблемой, предлагается использовать клеточные автоматы для прогнозирования межрегиональных миграционных потоков молодежи.

В последние годы наблюдается рост публикаций по теме клеточных автоматов [16]. Основные положения теории клеточных автоматов и этапы ее развития изложены в работах [16–18]. Клеточные автоматы использовались для моделирования миграционных процессов в следующих направлениях: миграция по районам мегаполиса [19, 20], прогнозирование межрегиональных миграционных потоков [21].

Цель данного исследования – разработать модель клеточного автомата для среднесрочного прогнозирования межрегиональных миграционных потоков молодежи возрастной когорты 15–19 лет.

Модель миграционного поведения молодежи в возрасте 15–19 лет

В данной работе будем полагать, что мигрант, принимая решение о переезде на новое место жительства, обладает ограниченной информацией об условиях жизни, обучения и трудоустройства на разных территориях, имеет возможность сравнивать альтернативы и выбирать для себя наиболее предпочтительный вариант. При этом решение о переезде может быть

сформировано в результате общения с друзьями, родственниками и другими членами сообщества на основе полученной от них информации, эмоций и других мотиваций, не всегда явно осознанных. Для реализации такой модели ограниченной рациональности будем использовать интегральный показатель миграционной привлекательности региона для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, который разработан нами ранее и представлен в работе [22].

При формировании этого показателя были выделены основные составляющие миграционной привлекательности территории для молодежи возрастной когорты 15–19 лет: трудоустройство и уровень экономического развития, бытовые и социальные условия проживания, уровень развития образовательной сферы территории. В каждой составляющей выделены на основе эконометрических моделей панельных данных наиболее значимые факторы, влияющие на отток и приток мигрантов в возрасте 15–19 лет в субъекты Российской Федерации. В каждой составляющей миграционной привлекательности территорий сформирован интегральный индекс в виде взвешенной суммы выделенных значимых факторов с весовыми коэффициентами, вычисленными с помощью экспертных оценок, обработанных методом анализа иерархий.

Интегральный показатель миграционной привлекательности региона сформирован в следующем виде:

$$R_i^t = 0,152 \cdot E_i^t + 0,186 \cdot C_i^t + 0,662 \cdot K_i^t, \quad (1)$$

где R_i^t – интегральный показатель миграционной привлекательности региона i в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, E_i^t – индекс привлекательности трудоустройства и уровня экономического развития региона i в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, C_i^t – индекс привлекательности бытовых и социальных условий проживания в регионе i в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, K_i^t – индекс привлекательности уровня развития образовательной сферы региона i в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет. Весовые коэффициенты вычислены методом анализа иерархий.

Модель клеточного автомата

Для моделирования межрегиональных миграционных потоков будем применять двумерные вероятностные клеточные автоматы с прямоугольными сетками клеток без границ. Приморскому краю, каждому

федеральному округу, включая Дальневосточный федеральный округ без Приморского края, ставим в соответствие прямоугольную сетку клеток, в которой количество клеток совпадает с численностью когорты 15–19 лет на соответствующей территории. При этом предполагается режим работы автомата с отсутствием границ, то есть первая строка прямоугольной сетки считается продолжением последней, а последняя – предшествующей первой. Аналогичное свойство выполняется и для столбцов прямоугольной сетки клеток.

Клеточные автоматы представляют собой регулярно упорядоченный набор простых однотипных объектов, называемых клетками. В работе будем использовать модификацию клеточного автомата, предложенного в работе [23]. В применяемой модификации клетки прямоугольной сетки – это индивидуумы в возрасте 15–19 лет, проживающие в соответствующем для данной сетки регионе, а в качестве окружения для каждой клетки выступают четыре ближайшие клетки, имеющие общую сторону с исходной (окрестность Неймана), и четыре клетки, выбранные случайным образом в этой сетке (индивидуумы, которые тесно общаются с рассматриваемым по всем доступным телекоммуникационным каналам).

Вычислительные процедуры клеточных автоматов при их настройке проводятся по итерациям, с повторением однотипных вычислений до появления необходимых результатов. Количество итераций для каждого года определяем из условия минимизации абсолютной разности между количеством выехавших мигрантов из Приморского края по статистическим данным за этот год и вычисленных по модели.

Каждая клетка клеточного автомата обладает внутренним состоянием, которое является дискретным и конечным множеством. Будем обозначать через $a(i, t)$ состояние i -ой клетки в момент времени t . Новое состояние клетки однозначно определяется значениями предыдущего состояния клетки и ее окружения $O(i)$. Для так называемых «вероятностных клеточных автоматов» состояние клеток в новый период времени определяется с определенной вероятностью; функция вероятности перехода элемента задается следующим образом:

$$W = W(a(i, t+1) | a(i, t), a(j_1, t), a(j_2, t), \dots, a(j_n, t)) \quad , \quad (2)$$

где W – вероятность перехода i -ой клетки из состояния $a(i, t)$ в момент времени t в состояние $a(i, t+1)$ в момент времени $t+1$,

где $j_1, j_2, \dots, j_n$ – клетки окружения $O(i)$ клетки i , n – количество клеток в окружении клетки i .

Алгоритм расчетов в модели на каждой итерации состоит из следующих этапов:

- определение количества мигрантов, принявших решение выехать из Приморского края;
- определение количества мигрантов из федеральных округов, принявших решение переехать в Приморский край;
- уточнение количества индивидуумов по всем регионам и состояний клеток в соответствующих прямоугольных сетках.

Пусть p_1^t – вероятность остаться проживать в Приморском крае индивидуума в возрасте 15–19 лет в момент времени t , p_i^t – вероятность переехать для индивидуума в возрасте 15–19 лет из Приморского края в момент времени t в i -й регион; p_i^t вычисляется как средняя вероятность для индивидуума в возрасте 15–19 лет выехать в i -й регион по статистическим данным в году t .

Вычисляем общую сумму значений интегрального показателя миграционной привлекательности регионов в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет по следующей формуле:

$$R^t = \sum_{i=1}^n R_i^t, \quad (3)$$

где R_i^t – интегральный показатель миграционной привлекательности региона в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, n – количество рассматриваемых регионов.

Предполагаем, что выполняется соотношение:

$$\frac{p_i^{t-1}}{p_i^t} = \frac{R_i^{t-1}}{R^{t-1}} \cdot \frac{R_i^t}{R^t}, \quad (4)$$

где p_i^t – вероятность выехать из Приморского края мигрантов в возрасте 15–19 лет в i -й регион в году t , R_i^t – интегральный показатель миграционной привлекательности региона i в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, R^t – общая сумма значений интегрального

показателя миграционной привлекательности регионов в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет.

Следовательно, в силу сделанного предположения вероятность выехать из Приморского края в i -й регион для молодежи возрастной когорты 15–19 лет изменяется в соответствии с изменениями доли соответствующего региона в общей миграционной привлекательности регионов для молодежи этой возрастной когорты. В модели будем использовать скорректированную вероятность z_i^t выехать из Приморского края в i -й регион в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, вычисленную из соотношения:

$$z_i^1 = p_i^1, \text{ npu } t \geq 2, \\ z_i^t = p_i^{t-1} \cdot \frac{R_i^t}{R_i^{t-1}} \cdot \frac{R^{t-1}}{R^t}. \quad (5)$$

Аналогично считаем, что выполняется соотношение:

$$\frac{b_1^t}{b_1^{t-1}} = \frac{R^t - R_1^t}{R^t} \cdot \frac{R^{t-1} - R_1^{t-1}}{R^{t-1}}, \quad (6)$$

где $b_1^t = 1 - p_1^t$ – вероятность уехать из Приморского края в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, R_1^t – интегральный показатель миграционной привлекательности Приморского края в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет, R^t – общая сумма значений интегрального показателя миграционной привлекательности регионов в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет.

Скорректированную вероятность v_1^t уехать из Приморского края в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет вычисляем из соотношения:

$$v_1^1 = b_1^1, \text{ npu } t \geq 2, \\ v_1^t = b_1^{t-1} \cdot \frac{R^t - R_1^t}{R^{t-1} - R_1^{t-1}} \cdot \frac{R^{t-1}}{R^t}. \quad (7)$$

Тогда скорректированная вероятность остаться в Приморском крае в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет вычисляется из соотношения:

$$z_1^t = 1 - v_1^t.$$

Для каждого федерального округа вычисляем, аналогично выводу формулы (5), скорректированную вероятность d_1^t выехать на постоянное место жительства из соответствующего округа в Приморский край для молодежи возрастной когорты 15–19 лет.

$$d_1^1 = q_1^1, \text{ при } t \geq 2, \\ d_1^t = q_1^{t-1} \cdot \frac{R_1^t}{R_1^{t-1}} \cdot \frac{R^{t-1}}{R^t}, \quad (8)$$

где q_1^t – средняя вероятность для индивидуума в возрасте 15–19 лет из соответствующего округа выехать на постоянное место жительства в Приморский край в году t , вычисленная по статистическим данным. Опишем подробнее алгоритм настройки моделирования межрегиональных миграционных потоков клеточными автоматами в году t .

На предварительном этапе определяем состояние клеток в прямоугольных сетках, соответствующих Приморскому краю и федеральным округам, используя датчик случайных чисел, равномерно распределенных на отрезке $[0, 1]$. Для каждой клетки прямоугольной сетки, соответствующей Приморскому краю, генерируем случайное число x . Если x попадает в интервал $[0, z_1^t]$, где z_1^t – скорректированная вероятность остаться проживать в Приморском крае в году для индивидуума в возрасте 15–19 лет, то отмечаем состояние клетки как 0 и полагаем, что соответствующий индивидуум планирует остаться жить в Приморском крае. В противном случае состояние клетки помечается числом 1.

Для каждого федерального округа отмечаем состояние клеток аналогичным образом, как и для Приморского края. Для каждой клетки соответствующей прямоугольной сетки генерируем случайное число x . Если x попадает в интервал $[0, d_1^t]$, где d_1^t – скорректированная вероятность мигрировать для индивидуума в возрасте 15–19 лет из рассматриваемого округа в Приморский край в году t , то отмечаем состояние клетки числом 1. В противном случае состояние клетки помечается числом 0.

На первом этапе каждой итерации по сетке, соответствующей Приморскому краю, определяем индивидуумов, принявших решение мигрировать из Приморского края. Предполагается, что каждой клетке автомата соответствует индивидуум в возрасте 15–19 лет, который может принять решение о переезде на новое место жительства, а может решить не переезжать (состояние клетки, соответственно, 1 или 0). Состояние клетки в

автомате принимается с определенной вероятностью, в зависимости от состояния клеток ближайшего окружения. Для каждой клетки учитываются состояния четырех соседних клеток (окрестность Неймана) и четырех клеток, выбранных случайным образом в регионе.

В зависимости от количества клеток окружения в состоянии 1 обозначим это количество через n ; определяется пороговая функция $P(n)$ – вероятность текущей клетки принять состояние 1, то есть соответствующему индивидууму выехать из региона на другое место жительства.

На миграционное поведение индивидуума влияет огромное количество разнообразных независимых факторов, поэтому в силу центральной предельной теоремы теории вероятностей можно считать, что решение о переезде на новое место жительства – это случайная величина, которая имеет нормальное распределение с параметрами $m=0, \sigma=1$, где m – математическое ожидание, а σ – среднее квадратичное отклонение. Как и в работе [23], будем использовать хорошо известный математический факт, что для нормально распределенной случайной величины справедливо правило трех сигм: абсолютная величина ее отклонения от математического ожидания не превосходит утроенного среднего квадратичного отклонения, то есть

$$P(|X - m| \leq 3\sigma) = 2\Phi(3) = 0,9973. \quad (9)$$

Перебираем для каждой клетки все клетки ее окружения: четыре соседние клетки и четыре клетки, выбранные случайным образом в регионе. Количество клеток окружения текущей клетки, которые находятся в состоянии 1, может принимать любое значение от 0 до 8. Для каждого такого n определяем значения пороговой функции:

$$P(n) = \frac{W(n)}{k}, \quad (10)$$

где $P(n)$ – пороговая функция, n – число клеток из окружения текущей клетки в состоянии 1; $k = \frac{0,9973}{v_1^t}$, v_1^t – скорректированная вероятность для индивидуума в возрасте 15–19 лет уехать из Приморского края на постоянное место жительства, а $W(n)$ определяется формулой:

$$W(n) = P\left(-3\sigma \leq X \leq -3\sigma + \frac{3}{4}\sigma n\right) = \Phi\left(-3 + \frac{3}{4}n\right) + \Phi(3), \quad (11)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение случайной величины x ;
 $\Phi(x)$ – функция Лапласа.

Из формул (10) и (11) вытекает, что пороговая функция $P(n)$ возрастает от 0 до v_1^t . Если $n=0$, то $P(n)=0$. Если $n=8$, то $P(n)=v_1^t$. Вычисляем случайное число x ; если $x \leq P(n)$, то индивидуум принимает решение уехать из Приморского края. В противном случае отмечаем состояние клетки цифрой 0 и соответствующий индивидуум остается проживать в регионе.

Для определения региона, в который выезжает индивидуум, используем интегральные индексы миграционной привлекательности регионов R_i^t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет. Введем обозначение

$$p^t = \sum_{i=2}^n z_i^t \text{ и разобьем отрезок } [0, 1] \text{ на } n-1 \text{ интервалов, каждый из}$$

которых имеет длину $\frac{z_i^t}{p^t}$, то есть

$$0 \leq \frac{z_2^t}{p^t} \leq \frac{z_2^t + z_3^t}{p^t} \leq \frac{z_2^t + z_3^t + z_4^t}{p^t} \leq \dots \leq 1. \quad (12)$$

Генерируем случайное число x из отрезка $[0, 1]$ и выбираем регион выбытия индивидуума в соответствии с тем, в какой интервал попадает число. Пусть число x попадает в интервал длины $\frac{z_i^t}{p^t}$, то есть

$$\frac{z_2^t + z_3^t + \dots + z_{i-1}^t}{p^t} \leq x \leq \frac{z_2^t + z_3^t + \dots + z_{i-1}^t + z_i^t}{p^t}. \quad (13)$$

Тогда индивидуум выезжает в регион i . Помечаем клетку в решетке, соответствующей Приморскому краю, как выбывшую и запоминаем ее координаты.

На втором этапе определяем индивидуумов в возрасте 15–19 лет, принявших решение выехать в Приморский край из федеральных округов. По каждому округу рассматриваем прямоугольную сетку, соответствующую рассматриваемому округу, перебираем все клетки. В этом случае пороговая функция $P(n)$ имеет следующий вид:

$$P(n) = \frac{W(n)}{k},$$

$$k = \frac{0,9973}{d_1^t}, \quad (14)$$

где n – число клеток из окружения текущей клетки в состоянии 1, d_1^t – скорректированная вероятность мигрировать из рассматриваемого округа в Приморский край в году t для молодежи возрастной когорты 15–19 лет.

Генерируем случайное число x из отрезка $[0, 1]$. Если $x \leq P(n)$, то индивидуум принимает решение уехать в Приморский край; отмечаем соответствующую клетку как выбывшую и запоминаем ее координаты. В противном случае отмечаем состояние клетки числом 0 и полагаем, что индивидуум не выезжает в Приморский край. По каждой сетке рассчитываем количество приезжающих в Приморский край, находим их сумму.

На третьем этапе перебираем все прямоугольные сетки клеток модели и в каждой распределяем случайным образом прибывших в соответствующий регион индивидуумов по клеткам сетки, помеченным на первых двух этапах как выехавшие из региона, и при необходимости изменяем количество клеток. Значения состояния, которые получают такие клетки, определяем в соответствии со скорректированными вероятностями миграции на текущий год из соответствующего региона для молодежи возрастной когорты 15–19 лет. Далее осуществляется переход к первому этапу или завершается процедура расчетов, если выполняется условие минимизации абсолютной разности между рассчитанным и реальным количеством выехавших из Приморского края за этот год мигрантов в возрасте 15–19 лет.

Реализация модели клеточного автомата

Для реализации разработанной модели клеточного автомата была модифицирована кросс-платформенная программа на языке Go, описанная в работе [23]. На этапе настройки модели определялось количество итераций клеточного автомата, необходимое для моделирования межрегиональных миграционных потоков в году t . Эта информация используется при построении прогнозов. При вычислении прогнозных значений на основе разработанной модели необходимые для расчетов исходные вероятности вычислялись на основе расчетных значений за предыдущий период.

Количество итераций, необходимых для прогноза по модели на период $t+1$ определяется как средняя взвешенная величина от количества

итераций автомата для моделирования периода в один год за предыдущие три года при настройке автомата по следующей формуле:

$$k_{t+1} = 0,6 \cdot n_t + 0,3 \cdot n_{t-1} + 0,1 \cdot n_{t-2} \quad , \quad (15)$$

где k_{t+1} – количество итераций автомата при прогнозировании миграционного потока $t+1$ года, n_t – количество итераций автомата при настройке в году t .

Модель клеточного автомата, реализующая интеграцию модели миграционного поведения индивидуумов в возрасте 15–19 лет в условиях ограниченной рациональности в общую модель миграционного потока территории, была апробирована на статистических данных по Приморскому краю. На начало каждого года за период 2017–2019 гг. имеются следующие данные:

- численность населения каждого субъекта Российской Федерации в возрасте 15–19 лет;
- вероятности выезда индивидуумов в возрасте 15–19 лет из Приморского края в разрезе субъектов Российской Федерации;
- вероятности приезда индивидуумов в возрасте 15–19 лет в Приморский край по всем федеральным округам;
- выездные межрегиональные миграционные потоки когорты 15–19 лет из Приморского края в разрезе субъектов Российской Федерации;
- въездные межрегиональные миграционные потоки молодежи в возрасте 15–19 лет в Приморский край из федеральных округов.

При прогнозировании межрегиональных миграционных потоков молодежи возрастной когорты 15–19 лет необходим дополнительно прогноз численности этой когорты в Приморском крае и в федеральных округах в прогнозируемый период. Этот прогноз на среднесрочный период не сложно выполнить, используя статистические данные численности постоянного населения по возрастам и метод передвижки по годам:

$$k_{t+1} = 0,6 \cdot n_t + 0,3 \cdot n_{t-1} + 0,1 \cdot n_{t-2} \quad , \quad (16)$$

где $N_{15-19,t}$ – численность когорты 15–19 лет в регионе в году t ,
 $N_{19,t-1}$ – численность постоянного населения в регионе в возрасте 19 лет в году $t-1$, $N_{14,t-1}$ – численность постоянного населения в регионе

в возрасте 14 лет в году $t-1$, ΔM_{t-1} – сальдо миграции молодежи в возрасте 15–19 лет в регионе в году $t-1$.

Результаты вычислительных экспериментов и их обсуждение

В процессе настройки клеточного автомата проводились вычисления миграционных потоков молодежи возрастной когорты 15–19 лет по годам с 2017 по 2019 г. Ошибка по количеству выехавших за пределы Приморского края мигрантов этого возраста в год составляла от 0,2% до 0,45%, а по прибывшим мигрантам в край составила от 0,61% до 2,69% (табл. 1). Отметим, что настройка модели проводилась по количеству выехавших из Приморского края мигрантов этого возраста, поэтому ошибки по количеству выбывших из Приморского края мигрантов заведомо небольшие. При этом проводилось 20 запусков автомата, и среднее количество итераций для 2017 г. составило 58, для 2018 г. – 62, а для 2019 г. – 64.

Прогноз межрегиональных миграционных потоков молодежи возрастной когорты 15–19 лет проводился на период 2020–2021 гг. с использованием настройки модели за период 2017–2019 гг. и статистических данных по численности возрастной когорты 15–19 лет по регионам России. При этом проводилось 20 запусков автомата, количество итераций автомата для 2020 и 2021 гг. составило 63, согласно формуле (15).

В табл. 2 представлены прогнозные и фактические значения межрегиональных миграционных потоков молодежи возрастной когорты 15–19 лет из Приморского края по всем федеральным округам и по субъектам Российской Федерации с наибольшим количеством мигрантов этого возраста из Приморского края.

Численность мигрантов в возрасте 15–19 лет из Приморского края, если судить по фактическим данным 2017–2019 гг. и прогнозным значениям 2020–2021 гг., имеет явно выраженную тенденцию к снижению. Самое большое количество мигрантов из Приморского края этого возраста наблюдается в Дальневосточном, Центральном и Северо-Западном федеральных округах, а по субъектам Российской Федерации – в Санкт-Петербурге, Москве и Хабаровском крае.

Отметим довольно большое количество мигрантов в возрасте 15–19 лет из Приморского края в Хабаровском крае. С нашей точки зрения, это наблюдается из-за учебной миграции молодежи соседних районов Приморского края в Хабаровск, где довольно много вузов с доступными

бюджетными местами и с более низкими затратами на проживание и дорогу, чем во Владивостоке.

Заключение

Предложенная модель клеточного автомата позволяет прогнозировать межрегиональные миграционные потоки молодежи возрастной когорты 15–19 лет с учетом миграционного поведения в условиях ограниченной рациональности на среднесрочный период. Проведенные вычисления показывают, что учет особенностей миграционных мотивов и движущих факторов миграционного поведения при решении вопроса о переезде на новое место жительства на уровне домашних хозяйств и индивидуумов позволяет получать более точные прогнозы миграционных потоков территорий.

Результаты показывают, что дальнейшие исследования в области моделирования межрегиональных миграционных потоков молодежи разных возрастных когорт и разных социальных групп населения могут быть весьма плодотворными, что позволит выбрать наиболее адекватные модели миграционного поведения и составить более точные количественные прогнозы межрегиональных миграционных потоков.

Таблица 1

Фактический, расчетный и прогнозный потоки мигрантов в возрасте 15–19 лет в Приморский край (2017–2021 гг.), чел.

Table 1

Actual, estimated and projected flows of migrants aged 15–19 to the Primorsky Krai in 2017–2021, people

Федеральный округ	2017		
	расчетное значение	фактическое значение	ошибка, %
Центральный	171	168	1,79
Северо-Западный	123	121	1,65
Южный	122	121	0,83
Северо-Кавказский	62	61	1,64
Приволжский	129	128	0,78
Уральский	62	60	3,33
Сибирский	370	365	1,37
Дальневосточный (без полуострова Камчатка)	873	859	1,63
Всего	1 912	1 883	1,54

Продолжение

Федеральный округ	2019		
	расчетное значение	фактическое значение	ошибка, %
Центральный	158	166	4,82
Северо-Западный	92	92	0
Южный	121	105	15,24
Северо-Кавказский	80	60	33,33
Приволжский	135	140	3,57
Уральский	79	55	43,64
Сибирский	215	223	3,59
Дальневосточный (без полуострова Камчатка)	866	883	1,93
Всего	1 699	1 746	2,69

Продолжение

Федеральный округ	2020	2021
	прогноз	прогноз
Центральный	163	165
Северо-Западный	91	93
Южный	104	105
Северо-Кавказский	59	59
Приволжский	141	142
Уральский	54	55
Сибирский	219	222
Дальневосточный (без полуострова Камчатка)	865	885
Всего	1 696	1 726

Источник: расчетное и прогнозное значения определены авторами, фактические значения приведены по данным Приморскстата и Единой межведомственной информационно-статистической системы. URL: <https://primstat.gks.ru/contacts>; URL: <https://www.fedstat.ru/>

Source: Authoring, based on the Primorskstat and Unified Interdepartmental Statistical Information System data. URL: <https://primstat.gks.ru/contacts>; URL: <https://www.fedstat.ru/>

Таблица 2

Фактический и прогнозный потоки мигрантов в возрасте 15–19 лет из Приморского края (2017–2021 гг.), чел.

Table 2

Actual and projected flows of migrants aged 15–19 from the Primorsky Krai in 2017–2021, people

Регион	2017 (фактическое значение)	2018 (фактическое значение)
Центральный федеральный округ	595	560
Воронежская область	33	31
Московская область	116	128
Ярославская область	20	22
г. Москва	267	228
Северо-Западный федеральный округ	532	495

Ленинградская область	57	67
г. Санкт-Петербург	345	303
Южный федеральный округ	377	359
Краснодарский край	142	124
Ростовская область	106	107
Северо-Кавказский федеральный округ	53	49
Республика Дагестан	14	14
Ставропольский край	20	18
Приволжский федеральный округ	132	125
Республика Татарстан	17	15
Уральский федеральный округ	62	59
Свердловская область	20	20
Тюменская область	23	21
Сибирский федеральный округ	170	163
Новосибирская область	34	32
Томская область	25	23
Дальневосточный федеральный округ (без полуострова Камчатка)	686	651
Хабаровский край	322	262
Амурская область	101	104
Республика Саха (Якутия)	85	97
Всего	2 607	2 461

Продолжение

Регион	2019 (фактическое значение)
Центральный федеральный округ	504
Воронежская область	26
Московская область	118
Ярославская область	18
г. Москва	212
Северо-Западный федеральный округ	456
Ленинградская область	71
г. Санкт-Петербург	258
Южный федеральный округ	324
Краснодарский край	112
Ростовская область	94
Северо-Кавказский федеральный округ	44
Республика Дагестан	14
Ставропольский край	17
Приволжский федеральный округ	114
Республика Татарстан	13
Уральский федеральный округ	54
Свердловская область	14
Тюменская область	21
Сибирский федеральный округ	147
Новосибирская область	23
Томская область	23
Дальневосточный федеральный округ (без полуострова Камчатка)	587
Хабаровский край	237
Амурская область	92
Республика Саха (Якутия)	87
Всего	2 230

Продолжение

Регион	2020 (прогноз)	2021 (прогноз)
Центральный федеральный округ	453	451
Воронежская область	23	23
Московская область	107	106
Ярославская область	16	16
г. Москва	191	190
Северо-Западный федеральный округ	407	405
Ленинградская область	63	63
г. Санкт-Петербург	231	229
Южный федеральный округ	289	331
Краснодарский край	101	101
Ростовская область	84	82
Северо-Кавказский федеральный округ	41	42
Республика Дагестан	13	14
Ставропольский край	15	15
Приволжский федеральный округ	101	100
Республика Татарстан	12	12
Уральский федеральный округ	49	50
Свердловская область	12	12
Тюменская область	19	19
Сибирский федеральный округ	131	129
Новосибирская область	21	21

Томская область	20	20
Дальневосточный федеральный округ (без полуострова Камчатка)	529	529
Хабаровский край	214	214
Амурская область	83	82
Республика Саха (Якутия)	79	78
Всего	2 001	1 994

Источник: расчетное и прогнозное значения определены авторами, фактические значения приведены по данным Приморскстата и Единой межведомственной информационно-статистической системы. URL: <https://primstat.gks.ru/contacts>;
URL: <https://www.fedstat.ru/>

Source: Authoring, based on the Primorskstat and Unified Interdepartmental Statistical Information System data. URL: <https://primstat.gks.ru/contacts>; URL: <https://www.fedstat.ru/>

Список литературы

1. Карачурина Л.Б., Мкртчян Н.В. Межрегиональная миграция в России: возрастные особенности // Демографическое обозрение. 2016. Т. 3. № 4. С. 47–65. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhregionalnaya-migratsiya-v-rossii-vozzrastnye-osobennosti/viewer>
2. Kashnitsky I.S., Mkrtchyan N.V., Leshukov O.V. Interregional Migration of Youths in Russia: A Comprehensive Analysis of Demographic Statistics // Вопросы образования. 2016. № 3. С. 169–203. URL: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2016-3-169-203>
3. Рязанцев С.В., Лукьянец А.С. Эмиграция молодежи из России: факторы, формы и последствия // Научное обозрение. Серия 1. Экономика и право. 2015. № 4. С. 7–18.
4. Питухин Е.А., Семенов А.А. Анализ межрегиональной мобильности выпускников школ при поступлении в высшие учебные заведения // Университетское управление: практика и анализ. 2011. № 3. С. 82–89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mezhregionalnoy-mobilnosti-vypusknikov-shkol-pri-postuplenii-v-vysshie-uchebnye-zavedeniya/viewer>
5. Атаева А.Г., Уляева А.Г. Межрегиональная молодежная миграция как угроза утери человеческого капитала территории (на материалах Республики Башкортостан и регионов Приволжского федерального округа) // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2018. № 44. С. 38–57. URL: <https://doi.org/10.17223/19988648/44/2>
6. Raghuram P. Theorising the Spaces of Student Migration. *Population, Space and Place*, 2013, vol. 19, iss. 2, pp. 138–154. URL: <https://doi.org/10.1002/psp.1747>

7. *Smith D.P., R  rat P., Sage J.* Youth Migration and Spaces of Education. *Children's Geographies*, 2014, vol. 12, iss. 1, pp. 1–8.
URL: <https://doi.org/10.1080/14733285.2013.871801>
8. *Mulder C.H., Clark W.A.V.* Leaving Home for College and Gaining Independence. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2002, vol. 34, iss. 6, pp. 981–999.
URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.1068/a34149>
9. *Buenstorf G., Geissler M., Krabel S.* Locations of Labor Market Entry by German University Graduates: Is (Regional) Beauty in the Eye of the Beholder? *Review of Regional Research*, 2016, vol. 36, iss. 1, pp. 29–49.
URL: <https://doi.org/10.1007/s10037-015-0102-z>
10. *Ciriaci D.* Does University Quality Influence the Interregional Mobility of Students and Graduates? The Case of Italy. *Regional Studies*, 2014, vol. 48, iss. 10, pp. 1592–1608.
URL: <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.821569>
11. *Liu Y., Shen J., Xu W., Wang G.* From School to University to Work: Migration of Highly Educated Youths in China. *The Annals of Regional Science*, 2017, vol. 59, iss. 3, pp. 651–676.
URL: <https://doi.org/10.1007/s00168-016-0753-x>
12. *Marinelli E.* Sub-national Graduate Mobility and Knowledge Flows: An Exploratory Analysis of Onward and Return-Migrants in Italy. *Regional Studies*, 2013, vol. 47, iss. 10, pp. 1618–1633.
URL: <https://doi.org/10.1080/00343404.2012.709608>
13. *Faggian A., McCann P.* Universities, Agglomerations and Graduate Human Capital Mobility. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2009, vol. 100, iss. 2, pp. 210–223.
URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2009.00530.x>
14. *Агносик Л.В., Ивашина Н.В.* Моделирование пространственной зависимости миграционных потоков выпускников вузов РФ // Прикладная эконометрика. 2019. № 2. С. 70–89.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-prostranstvennoy-zavisimosti-migratsionnyh-potokov-vypusknikov-vuzov-rf/viewer>

15. Москвина В.А. Моделирование межрегиональной мобильности выпускников вузов в России // Прикладная эконометрика. 2019. № 4. С. 99–122. URL: <https://doi.org/10.24411/1993-7601-2019-10019>
16. Матюшкин И.В., Заплетина М.А. Обзор по тематике клеточных автоматов на базе современных отечественных публикаций // Компьютерные исследования и моделирование. 2019. Т. 11. № 1. С. 9–57. URL: <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2019-11-1-9-57>
17. Тоффли Т., Марголюс Н. Машины клеточных автоматов. М.: Мир, 1991. 278 с.
18. Лобанов А.И. Модели клеточных автоматов // Компьютерные исследования и моделирование. 2010. Т. 2. № 3. С. 273–293. URL: http://crm.ics.org.ru/uploads/crmissues/kim_2010_2_3/crm10304.pdf
19. Benito-Ostolaza J.M., Hernández P., Palacios-Marqués D., Vila J. Modeling Local Social Migrations: A Cellular Automata Approach. *Cybernetics and Systems*, 2015, vol. 46, iss. 3-4, pp. 287–302. URL: <https://doi.org/10.1080/01969722.2015.1012898>
20. Dabbaghian V., Jackson P.J., Spicer V., Wuschke K. A Cellular Automata Model on Residential Migration in Response to Neighborhood Social Dynamics. *Mathematical and Computer Modelling*, 2010, vol. 52, iss. 9-10, pp. 1752–1762. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.07.002>
21. Шмидт Ю.Д., Ивашина Н.В., Лободин П.Н., Кухлевский А.Л. Прогнозирование межрегиональных миграционных потоков // Экономика региона. 2017. Т. 13. № 1. С. 126–136. URL: <https://doi.org/10.17059/2017-1-12>
22. Шмидт Ю.Д., Ивашина Н.В. Оценка миграционной привлекательности территории для молодежи // Экономический анализ: теория и практика. 2021. Т. 20. Вып. 1. С. 58–80. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.20.1.58>
23. Шмидт Ю.Д., Ивашина Н.В., Озерова Г.П. Моделирование межрегиональных миграционных потоков клеточными автоматами // Компьютерные исследования и моделирование. 2020. Т. 12. № 6. С. 1467–1483. URL: <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2020-12-6-1467-1483>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-1477
eISSN 2311-8733

Economic and Mathematical Modeling

FORECASTING INTERREGIONAL YOUTH MIGRATION FLOWS

Yurii D. SHMIDT ^{a,*},
Natal'ya V. IVASHINA ^b,
Galina P. OZEROVA ^c

^a Far Eastern Federal University (FEFU),
Vladivostok, Russian Federation
syd@dvfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2629-679X>

^b Far Eastern Federal University (FEFU),
Vladivostok, Russian Federation
ivashina_n@mail.ru
ORCID: not available

^c Far Eastern Federal University (FEFU),
Vladivostok, Russian Federation
gal_o@mail.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Article No. 349/2021
Received 17 June 2021
Received in revised
form 4 September 2021
Accepted 9 Dec 2021
Available online
15 February 2022

JEL classification: C6,
J11, R23

Keywords: migration,
flow, 15-19 age cohort,
cellular automaton,
forecast

Abstract

Subject. This article deals with the issues of youth migration, reproduction processes and the potential for the future socio-economic development of areas.

Objectives. The article aims to develop a cellular automata model for the medium-term prediction of inter-regional youth migration flows of the 15–19 age cohort.

Methods. For the study, we used a statistical analysis and the cellular automata theory.

Results. The article presents a probabilistic cellular automata model with rectangular grids of cells without borders, where the number of cells coincides with the 15–19 age cohort number in the respective area. The article also proposes an author-developed cross-platform program in the Go programming language that helps make medium-term forecasts.

Conclusions. The cellular automata allow for integrating various patterns of migratory behavior into a general model of area migration flow, and choosing the most adequate patterns of migratory behavior for various age and social groups of migrants.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Shmidt Yu.D., Ivashina N.V., Ozerova G.P. Forecasting Interregional Youth Migration Flows. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2022, vol. 20, iss. 2, pp. 329–354.
<https://doi.org/10.24891/re.20.2.329>

Acknowledgments

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project № 19-010-00206.

References

1. Karachurina L.B., Mkrtchyan N.V. [Interregional migration in Russia: age characteristics]. *Demograficheskoe obozrenie = Demographic Review*, 2016, vol. 3, no. 4, pp. 47–65.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhregionalnaya-migratsiya-v-rossii-vozrastnye-osobennosti/viewer> (In Russ.)
2. Kashnitsky I.S., Mkrtchyan N.V., Leshukov O.V. [Interregional Migration of Youths in Russia: A Comprehensive Analysis of Demographic Statistics]. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies*, 2016, no. 3, pp. 169–203.
URL: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2016-3-169-203>
3. Ryazantsev S.V., Luk'yanets A.S. [Emigration of youth from Russia: forms, tendencies and consequences]. *Nauchnoe obozrenie. Seriya 1. Ekonomika i pravo = Scientific Review. Series 1: Economics and Law*, 2015, no. 4, pp. 7–18. (In Russ.)
4. Pitukhin E.A., Semenov A.A. [Analysis of inter-regional mobility of school-leavers entering to the universities]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz = Journal University Management: Practice and Analysis*, 2011, no. 3, pp. 82–89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mezhregionalnoy-mobilnosti-vypusknikov-shkol-pri-postuplenii-v-vysshie-uchebnye-zavedeniya/viewer> (In Russ.)
5. Ataeva A.G., Ulyayeva A.G. [Modern trends and factors of inter-regional migration of youth in Russia]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika = Tomsk State University Journal of Economics*, 2018, no. 44, pp. 38–57. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.17223/19988648/44/2>
6. Raghuram P. Theorising the Spaces of Student Migration. *Population, Space and Place*, 2013, vol. 19, iss. 2, pp. 138–154.
URL: <https://doi.org/10.1002/psp.1747>
7. Smith D.P., Rérat P., Sage J. Youth Migration and Spaces of Education. *Children's Geographies*, 2014, vol. 12, iss. 1, pp. 1–8.
URL: <https://doi.org/10.1080/14733285.2013.871801>

8. Mulder C.H., Clark W.A.V. Leaving Home for College and Gaining Independence. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2002, vol. 34, iss. 6, pp. 981–999.
URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.1068/a34149>
9. Buenstorf G., Geissler M., Krabel S. Locations of Labor Market Entry by German University Graduates: Is (Regional) Beauty in the Eye of the Beholder? *Review of Regional Research*, 2016, vol. 36, iss. 1, pp. 29–49. URL: <https://doi.org/10.1007/s10037-015-0102-z>
10. Ciriaci D. Does University Quality Influence the Interregional Mobility of Students and Graduates? The Case of Italy. *Regional Studies*, 2014, vol. 48, iss. 10, pp. 1592–1608.
URL: <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.821569>
11. Liu Y., Shen J., Xu W., Wang G. From School to University to Work: Migration of Highly Educated Youths in China. *The Annals of Regional Science*, 2017, vol. 59, iss. 3, pp. 651–676.
URL: <https://doi.org/10.1007/s00168-016-0753-x>
12. Marinelli E. Sub-national Graduate Mobility and Knowledge Flows: An Exploratory Analysis of Onward and Return-Migrants in Italy. *Regional Studies*, 2013, vol. 47, iss. 10, pp. 1618–1633.
URL: <https://doi.org/10.1080/00343404.2012.709608>
13. Faggian A., McCann P. Universities, Agglomerations and Graduate Human Capital Mobility. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2009, vol. 100, iss. 2, pp. 210–223.
URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2009.00530.x>
14. Antosik L.V., Ivashina N.V. [Modeling of spatial dependence in the migration flows of graduates of the higher education institutions of the Russian Federation]. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*, 2019, no. 2, pp. 70–89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-prostranstvennoy-zavisimosti-migratsionnyh-potokov-vypusknikov-vuzov-rf/viewer> (In Russ.)
15. Moskvina V.A. [Modelling interregional mobility of university graduates in Russia]. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*, 2019, no. 4, pp. 99–122. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24411/1993-7601-2019-10019>
16. Matyushkin I.V., Zapletina M.A. [Cellular automata review based on modern domestic publications]. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie =*

- Computer Research and Modeling*, 2019, vol. 11, no. 1, pp. 9–57. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2019-11-1-9-57>
17. Toffoli T., Margolus N. *Mashiny kletochnykh avtomatov* [Cellular Automata Machines: A New Environment for Modeling]. Moscow, Mir Publ., 1991, 278 p.
18. Lobanov A.I. [Model of cellular automata]. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie* = *Computer Research and Modeling*, 2010, vol. 2, no. 3, pp. 273–293.
URL: http://crm.ics.org.ru/uploads/crmissues/kim_2010_2_3/crm10304.pdf
(In Russ.)
19. Benito-Ostolaza J.M., Hernández P., Palacios-Marqués D., Vila J. Modeling Local Social Migrations: A Cellular Automata Approach. *Cybernetics and Systems*, 2015, vol. 46, iss. 3-4, pp. 287–302.
URL: <https://doi.org/10.1080/01969722.2015.1012898>
20. Dabbaghian V., Jackson P.J., Spicer V., Wuschke K. A Cellular Automata Model on Residential Migration in Response to Neighborhood Social Dynamics. *Mathematical and Computer Modelling*, 2010, vol. 52, iss. 9-10, pp. 1752–1762. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.07.002>
21. Shmidt Yu.D., Ivashina N.V., Lobodin P.N., Kikhlevsky A.L. [Forecasting of interregional migration flows]. *Ekonomika regiona* = *Economy of Region*, 2017, vol. 13, iss. 1, pp. 126–136. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.17059/2017-1-12>
22. Shmidt Yu.D., Ivashina N.V. [Assessing the migration attractiveness of the territory for young people]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* = *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2021, vol. 20, iss. 1, pp. 58–80. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.20.1.58>
23. Shmidt Yu.D., Ivashina N.V., Ozerova G.P. [Modelling interregional migration flows by the cellular automata]. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie* = *Computer Research and Modeling*, 2020, vol. 12, no. 6, pp. 1467–1483. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2020-12-6-1467-1483>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.