



ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2026. Т. 26, вып. 3. С. 150–157

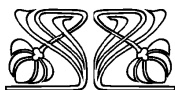
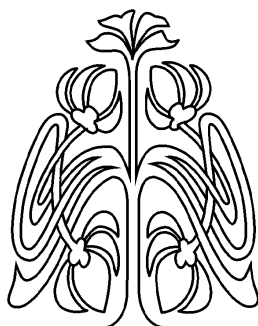
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2026, vol. 26, iss. 3, pp. 150–157

<https://geo.sgu.ru>

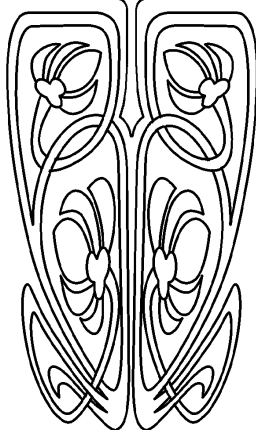
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2026-26-3-150-157>, EDN: CYMURJ

Научная статья

УДК 911.3(630)



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**



Пространственная дифференциация возрастной структуры населения Эфиопии

А. С. Цыганков, Р. В. Дмитриев✉

Институт Африки РАН, Россия, 123001, г. Москва, ул. Спиридоновка, д. 30/1

Цыганков Антон Сергеевич, независимый исследователь, antoncygankov6@gmail.com

Дмитриев Руслан Васильевич, доктор географических наук, заместитель директора по научной работе, dmitrievrv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4018-9832>

Аннотация. Цель настоящей работы – проверка гипотезы, согласно которой пространственные различия в возрастной структуре населения Эфиопии проявляются именно на уровне штатов. Исследование опирается на теорию пространственной диффузии инноваций и концепцию второго демографического перехода. Для формальной верификации гипотезы построены две вероятностные модели, основанные на оценке локальной неоднородности возрастного состава населения по воредам (округам). В качестве меры уровня различия возрастной структурой вореда и таковой у его ближайшего соседского окружения использовано расстояние Йенсена–Шеннона. Картографирование значений метрики показало, что переходные вореда – зоны резкого перепада – расположены вдоль административных границ штатов Эфиопии. Это свидетельствует о том, что пространственная дифференциация возрастной структуры населения страны выражена главным образом на межрегиональном уровне: внутри штатов соседние вореда сравнительно близки по возрастному составу.

Ключевые слова: Эфиопия, возрастная структура населения, второй демографический переход, пространственная диффузия, вероятностная модель, расстояние Йенсена–Шеннона

Благодарности. Статья подготовлена по материалам исследований по теме Государственного задания ИАФР РАН № FMZE-2025-0012 «Пространственные векторы экономических и демографических трансформаций в странах и регионах Африки в эпоху новой многополярности».

Для цитирования: Цыганков А. С., Дмитриев Р. В. Пространственная дифференциация возрастной структуры населения Эфиопии // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2026. Т. 26, вып. 3. С. 150–157. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2026-26-3-150-157>, EDN: CYMURJ

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Spatial differentiation of the Ethiopian population age structure

A. S. Tsygankov, R. V. Dmitriev✉

Institute for African Studies RAS, 30/1 Spiridonovka St., Moscow 123001, Russia

Anton S. Tsygankov, antoncygankov6@gmail.com

Ruslan V. Dmitriev, dmitrievrv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4018-9832>

Abstract. The study aims to test the hypothesis that spatial differences in the age structure of the Ethiopian population manifest at the state level: notable differences emerge when crossing from one state to another. The research draws on the theory of the spatial diffusion of innovations and the concept of the 2nd demographic transition. For formal verification of the hypothesis two probabilistic models, based on the assessment of the local heterogeneity of the age composition by districts, were constructed. The Jensen–Shannon distance, which takes values in the range [0; 1], is used as a measure of the difference between the age structure of a district and its immediate



neighboring environment. Mapping the metric values showed that transitional districts – zones of sharp change – were located near the administrative boundaries of the Ethiopian states. This indicates that the spatial differentiation of the age structure of Ethiopia's population is expressed mainly at the interregional level: within states, neighboring districts are relatively similar in age composition, while the main contrasts are concentrated along administrative state borders.

Keywords: Ethiopia, population age structure, second demographic transition, spatial diffusion, probabilistic model, Jensen–Shannon distance

Acknowledgments. The research was conducted as part of the Institute for African Studies RAS State Assignment, Project No. FMZE-2025-0012 “Spatial vectors of economic and demographic transformations in African countries and regions in the era of new multipolarity”.

For citation: Tsygankov A. S., Dmitriev R. V. Spatial differentiation of the Ethiopian population age structure. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2026, vol. 26, iss. 3, pp. 150–157 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2026-26-3-150-157>, EDN: CYMURJ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Долгое время считалось, что большинство стран Африки находятся лишь на начальных стадиях первого демографического перехода, и вопрос о применимости к ним других моделей воспроизводства населения оставался практически не исследованным. Для Эфиопии, второй по численности населения страны континента, на протяжении длительного периода ее развития были характерны крайне высокие уровни рождаемости и смертности [1]. Однако данные последних трех десятилетий свидетельствуют об изменении прошлых тенденций: некоторые исследования фиксируют начало устойчивого снижения фертильности и детской смертности, подтверждают влияние изменений в брачном поведении на снижение рождаемости в стране, а также неравномерность протекания этих процессов по ее территории [2, 3].

Эфиопия – страна с уникальной системой этнического федерализма: в этой связи регионализация демографических процессов и структур [4] предопределяет необходимость их разно-масштабного исследования [5].

Теоретическая основа исследования

В основу исследования положена теория пространственной диффузии инновации (ТДИ), основные положения которой были сформулированы Т. Hägerstrand [6]. Постулируется, что географические объекты во всем их множестве расположены так, что можно определить для каждого из них всех соседей. Инновация при этом дискретно передается от инноватора к акцептору – либо от соседа к соседу, либо также и в том случае, если между объектами есть иерархическая связь.

В первых исследованиях, выполненных в русле ТДИ, под инновациями понимались прежде всего технологии [7]. Однако в дальнейшем трактовка этого термина была значительно расширена: так, J. B. Casterline [8] привел значительное количество примеров использования ТДИ в социологии и демографии; A. Palloni, изучая особенности социальной диффузии [9], выявил эффект смещения принятия инновации с общественного на индивидуальный уровень.

Таким образом, несмотря на то, что неоднородность социальных процессов усложняет их статистическое моделирование [10], количество примеров успешного применения ТДИ для их изучения достаточно велико [11].

К числу такого рода процессов относится и процесс изменения характеристик воспроизводства и – шире – движения населения. В демографии для объяснения указанных изменений успешно применяется теория демографических переходов – прежде всего «первого», или «классического», объясняющая смену типов воспроизводства населения вследствие снижения смертности и рождаемости [12–14]. При этом в настоящей работе основная роль отводится теории второго демографического перехода [15, 16].

Последняя объясняет фундаментальные сдвиги в моделях семьи и воспроизводства населения изменениями ценностей – от материалистических (ориентация на экономическую стабильность и безопасность) к постматериалистическим (самореализация, индивидуальный стиль жизни), что ведет к ослаблению института брака, росту числа сожительств и альтернативных форм отношений, устойчивому снижению рождаемости ниже уровня простого воспроизводства, осознанному планированию рождения каждого ребенка, выступающего элементом самореализации [17].

Совместное использование в нашем исследовании ТДИ и теории второго демографического перехода (ТВДМ) требует подтверждения того, что в основе последнего лежат не структурные изменения в экономике, а именно взгляды и убеждения людей, которые, в свою очередь, соответствуют критериям инноваций диффузионной модели. Двигаясь по этому пути следует, во-первых, констатировать ведущую роль именно культурных и социальных процессов во втором демографическом переходе: так, к примеру, J. Cleland, C. Wilson [18] указывали на несостоятельность чисто экономических объяснений этих процессов. Во-вторых, необходимо определить целесообразность использования ТДИ – указанный комплекс взглядов и идей второго демографического перехода должен обладать атрибутами инноваций по Е. М. Rogers [7], к таковым относятся:



- 1) *относительность*: в распространении конкретной инновации решающую роль играет не ее абсолютное превосходство над другими аналогами, а то, как ее воспринимает сам индивид. Применительно ко второму демографическому переходу это проявляется в том, что такие формы поведения как откладывание брака, сознательная малодетность, распространение сожительства принимаются индивидами потому, что они воспринимаются как более соответствующие потребности в самореализации и свободе выбора [18];
- 2) *совместимость*: идея должна согласовываться с существующими ценностями. Вторым демографический переход полностью совместим с базовыми потребностями человека в самоуважении и самоактуализации [15];
- 3) *сложность*: идея должна быть проста. Вторым демографический переход действительно происходит в разных странах [19, 20], и, несмотря на субъективность оценки, доступность его анализа подтверждается эмпирическими исследованиями;
- 4) *тестируемость*: взгляды, связанные со вторым демографическим переходом, не предполагают бесповоротных изменений в образе жизни индивида. Например, сожительство как форма совместного проживания может быть в дальнейшем официально оформлена в виде брака;
- 5) *наблюдаемость*: указанные явления всегда несут последствия для общества – например, имеет место снижение рождаемости [21].

В рамках настоящей работы такой перечень выполняет иллюстративную функцию: демонстрирует совместимость изменения ценностных ориентиров, определяющих репродуктивное и брачное поведение, с формальными свойствами инноваций. Главным же основанием для трактовки второго демографического перехода как инновации выступает изменение убеждений и норм, а не реакция на экономические стимулы.

Таким образом, можно провести взаимно однозначное соответствие между ТДИ и ТВДМ и рассматривать процесс демографического перехода в качестве пространственной инновации.

Материалы и методы

Для анализа структур, формируемых диффузией, рассматривается следующая предложенная П. Я. Баклановым [22] структуризация географического пространства в виде измерений –

компонентного, пространственного и измерения межкомпонентных связей.

В качестве компонентного измерения пространства в задаче рассматриваются две составляющие – институциональная и социальная. Первая представлена штатами (первый уровень АТД Эфиопии) и воредами (третий уровень), а также границами между ними (как линейными образованиями); вторая – населением, распределенным по возрастным группам. Пространственное измерение отражает взаиморасположение округов относительно друг друга; межкомпонентные связи – интенсивность диффузионного взаимодействия.

Согласно ТДИ, диффузия происходит посредством взаимодействия акцептора и инноватора, которое осуществляется в том случае, если они – соседи. В рамках нашего исследования в качестве верного принимается допущение, согласно которому инновация от одной вореда к другой передается только если между ними есть общая граница. Анализ усложняет возможность передачи информации посредством иерархической связи, описанной в ТДИ.

Акцепторы и инноваторы – своего рода «неделимые» ячейки: в качестве таковых нами рассматриваются вореда как наименьшие по площади территориальные образования, по населению которых доступны статистические данные в разрезе возрастной структуры. Вореда можно поделить на два типа: те, соседям которых инновация в большей части передана или не передана, и те, о соседях которых затруднительно однозначно сказать – передана им инновация или нет. Последние далее будут определяться нами как «переходные». Если они располагаются вблизи административных границ штатов, то это означает, что инновация передается от вореда к вореде; если их размещение будет более равномерным, то такая гипотеза будет отвергнута.

Несмотря на определение начала второго демографического перехода в Эфиопии 1990-ми годами, можно лишь достаточно приблизительно провести возрастную границу «35 лет»: у представителей когорт моложе этого возраста второй демографический переход проявляется наиболее ярко, и, таким образом, именно для этой группы населения выдвинутая гипотеза может являться истинной. Численность возрастных групп населения вореда по состоянию на 2023 г. и схемы административно-территориального деления (2025 г.) были получены из набора базовых операционных данных (COD), поддерживаемых Управлением ООН по координации гуманитарных вопросов (UN OCHA)¹.

¹Ethiopia – Subnational Population Statistics // Central Statistics Agency: [сайт]. URL: <https://data.humdata.org/dataset/cod-ps-eth> (дата обращения: 26.05.2026); Ethiopia – Subnational Administrative Boundaries // Central Statistics Agency, Regional Bureau of Finance and Economic Development: [сайт]. URL: <https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-eth> (дата обращения: 26.05.2026).



Векторное представление воре́дов и штатов в виде полигональной аппроксимации их границ было обработано в формате GeoJSON (формат для кодирования структур географических данных) с помощью georandas (библиотека Python для работы с географическими данными) [23].

Была построена матрица, где столбцы и строки представляют собой воре́ды типа «ладья» со значениями «1» (если есть общая граница ненулевой длины) и «0» (если общей границы нет или она представляет собой точку). Такая матрица, формирование которой выполнено с помощью использования libpysal (библиотека Python для пространственного анализа) [24], отражает соседство воре́дов.

Также необходимо определить формальную метрику для передаваемой инновации. Второй демографический переход представляет собой длительный процесс, однако для подтверждения гипотезы рассматриваются данные по состоянию на один критический момент (2023 г.): их достаточно, чтобы определить характер пространственных различий для разных возрастных групп. Разумеется, возрастная структура населения может меняться не только под воздействием рождаемости и смертности, но и вследствие миграции: в рамках настоящего исследования миграционная компонента намеренно не выделяется, что следует рассматривать как одно из ограничений предлагаемого подхода.

Для формального описания структуры используются следующие обозначения. Пусть i – индекс воре́ды, k – индекс возрастной группы, принимающий целые значения от 0 до 6 (где 0 – индекс когорты в возрасте 0–4 лет, 6 – в возрасте 30–34 лет). Для каждой воре́ды определяется эмпирическое распределение (относительная частота) p_{ik} – доля жителей возрастной группы k в населении воре́ды i . Эта величина принимает значения на отрезке [0; 1]. Для оценки локальной однородности введено также распределение, построенное по суммарному населению самой воре́ды i и всех воре́д, имеющих с ней общую границу. Соответствующее эмпирическое распределение (относительная частота) q_{ik} получается на основе суммарной численности возрастной группы k по воре́де i . Одним из критериев диффузии является траектория, которая определена в теории как случайный процесс – поэтому далее нами будут применены вероятностные модели.

p_{ik} сильно отличается от q_{ik} тогда и только тогда, когда характеристика (акцептор или инноватор) воре́ды i сильно отличается от таковой для ее соседей, и в этом случае, согласно нашим условиям, воре́да i – «переходная». При этом сила отличий определяется нами следующим образом: так как p_{ik} и q_{ik} определены на одном и том же множестве событий, к ним можно применить дивергенцию Йенсена–Шеннона (далее

JSD) – метод измерения похожести двух распределений вероятности [25]. Так как дальнейший анализ проводится независимо для каждой возрастной группы, для упрощения записи вместо p_{ik} и q_{ik} будут использоваться обозначения P_i и Q_i . Распределения P_i и Q_i – бернуллиевские, так как описывают случайную величину, принимающую только два значения (случайно выбранный житель воре́ды или нескольких воре́д может либо принадлежать группе, либо не принадлежать).

Формально для возрастной группы k пусть y_i – численность населения данной группы в воре́де i , а o_i – суммарная численность всех остальных возрастных групп в той же воре́де. Тогда для воре́ды i задается распределение P_i :

$$P_i = \frac{y_i}{y_i + o_i}.$$

Для соседей воре́ды i (их индексы обозначаются $N(i)$) определяются суммарные численности $Y_i = y_i + \sum_{j \in N(i)} y_j$ и $O_i = o_i + \sum_{j \in N(i)} o_j$ и вычисляется распределение Q_i :

$$Q_i = \frac{Y_i}{Y_i + O_i}.$$

Расстояние между распределениями рассчитывается по формуле

$$JSD(P_i | Q_i) = \sqrt{\frac{1}{2} D_{KL}(P_i | M) + \frac{1}{2} D_{KL}(Q_i | M)},$$

где $M = \frac{1}{2}(P_i + Q_i)$ – среднее арифметическое двух долей, D_{KL} – дивергенция Кульбака–Лейблера для двух бернуллиевских распределений, заданных вероятностями A и B , рассчитывается по формуле

$$D_{KL}(A || B) = A \log_2 \frac{A}{B} + (1 - A) \log_2 \frac{1 - A}{1 - B}.$$

Для избежания ошибок при нулевых значениях долей к ним добавляется константа $\epsilon = 10^{-12}$ с последующей перенормировкой.

Расстояние Йенсена–Шеннона принимает значения в диапазоне [0; 1] (при использовании логарифма по основанию 2), где 0 соответствует полной идентичности сравниваемых распределений, 1 – максимально возможному различию. Если значение локальной JSD близко к нулю, это означает, что степень однородности возрастной структуры населения конкретной воре́ды и ее соседей высока. Если нет – присутствует резкий локальный контраст. Вычисления выполнены с помощью SciPy (библиотека Python для научных и инженерных расчетов) [26].

Для визуализации пространственного распределения значений локальной JSD построена картосхема с помощью Matplotlib (библиотека Python визуализации данных) [27]. Так как



вероятностное распределение сильно отклонено в сторону малых величин (медиана существенно меньше максимума), применялась нелинейная цветовая шкала (степенная нормализация) с показателем степени нормализации $\gamma = 0.4$ с помощью метода степенной нормализации `matplotlib.colors.PowerNorm` (гамма-коррекция)². Данный подход позволил сделать заметными переходные округа, которые слабо заметны при линейном отображении.

Для формальной проверки гипотезы использовался непараметрический критерий Краскела–Уоллиса с оценкой размера эффекта. Вореды были сгруппированы по дискретному расстоянию d до ближайшей вореды, чья административная граница непосредственно находится на административной границе штата (за исключением случая, когда граница штата находится на административной границе самой Эфиопии): 0, 1, 2 или 3+ (категория, объединяющая вореды удаленные на 3 или более). Указанное расстояние определялось как длина минимального пути в графе, у которого матрица смежности – построенная ранее матрица, у которой строки и столбцы – вореды, а значение в ячейках равно 1, если вореды соседствующие, или 0 – в ином случае.

Статистика критерия высчитывается по следующей формуле [28]:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^g \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1),$$

где $g = 4$ – число групп воредов, n_j – размер группы, $N = 906$ – общее число наблюдений (число воред, включенных в анализ).

При справедливости нулевой гипотезы об отсутствии различий между группами H асимптотически распределена как χ^2_{g-1} . Сила эффекта оценивалась с помощью $\epsilon^2 = H(N - 1)$, интерпретируемого как доля объясненной дисперсии (значения ≥ 0.14 считаются сильным эффектом [29]). В отличие от коэффициента корреляции Спирмена, этот подход чувствителен

именно к резким перепадам между ближайшими к границе группами, что больше соответствует проверяемой гипотезе.

Результаты исследования и выводы

В таблице приведены результаты проверки гипотезы о связи локальной JSD с близостью к административным границам штатов для семи отдельных возрастных групп. Возраст в заголовках столбцов указан в пятилетних группах (0–4 года, 5–9 лет и т. д.). Статистическая значимость и размер эффекта оценены с помощью критерия Краскела–Уоллиса и ϵ^2 .

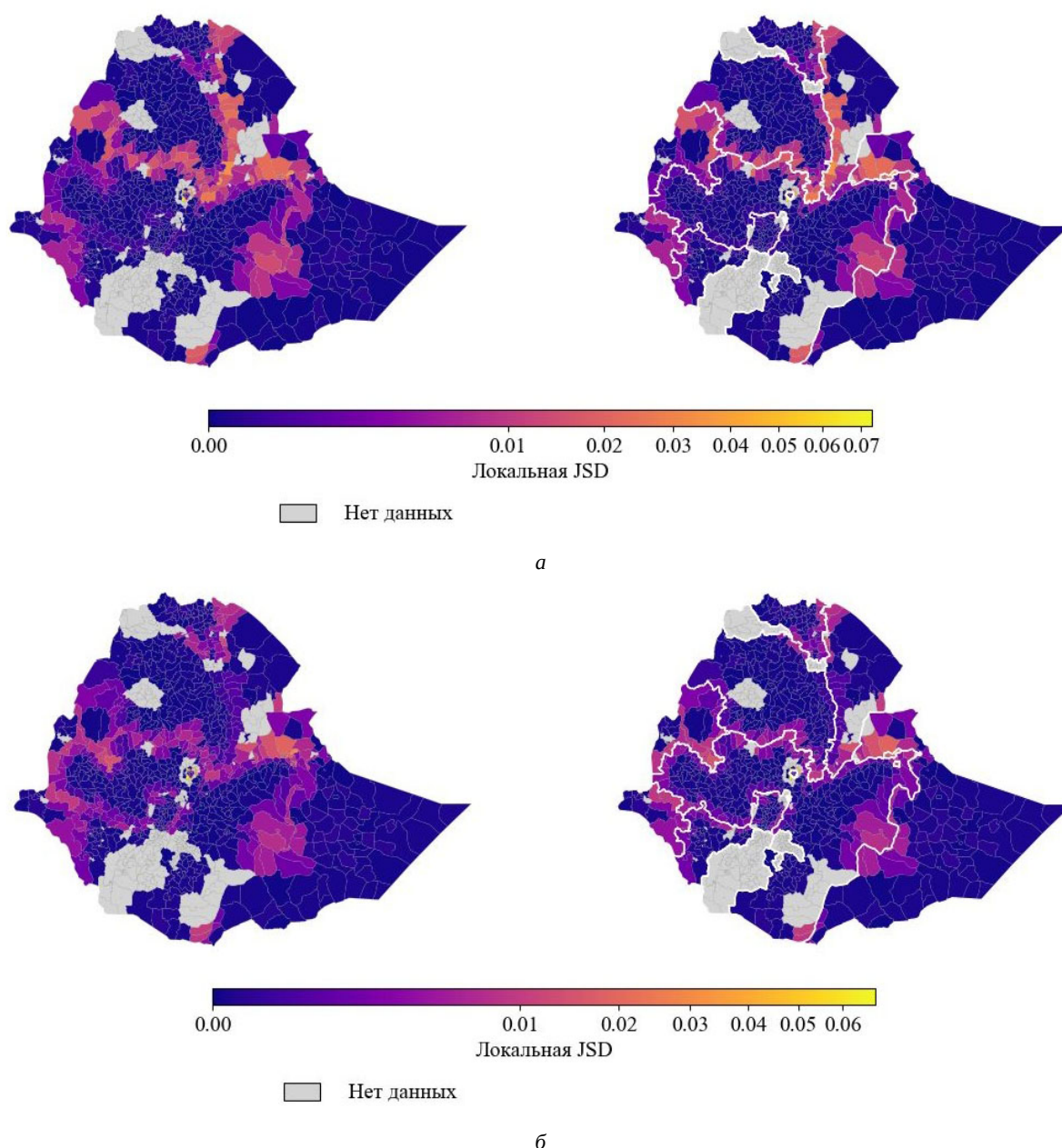
Для исключения влияния пространственной автокорреляции на результаты классического критерия Краскела–Уоллиса был выполнен перестановочный тест. Нулевая гипотеза предполагала отсутствие связи между локальной JSD и расстоянием до границы штата. Для ее имитации принадлежность вореды к группе расстояния до границы штата в виде дискретного расстояния d случайным образом менялась между воредками внутри каждого штата (всего выполнено 9999 итераций перестановок). В таблице указано максимальное и среднее значение H по всем итерациям для каждой возрастной группы. Для всех возрастных групп наблюдаемая статистика H многократно превысила любое из значений, полученных при перестановках: максимальные H при перестановках находились в пределах 28.2–34.1, тогда как средние составляли всего 5.2–6.6. Критерий Краскела–Уоллиса и перестановочный тест дают $p < 0.05$ для всех возрастных групп. Следовательно, наблюдаемый эффект действительно обусловлен территориальной закономерностью, а не является следствием автокорреляции между показателями локальной JSD разных воред.

Проведенный анализ по всем случаям свидетельствует о том, что пространственные различия [30] в возрастной структуре населения Эфиопии сильнее выражены на уровне штатов, чем на уровне воредов, так как размер

Результаты теста Краскела–Уоллиса и размер эффекта для связи локальной JSD с расстоянием до границы штата по отдельным возрастным группам

Параметры	Возрастная группа						
	0–4	5–9	10–14	15–19	20–24	25–29	30–34
Критерий Краскела–Уоллиса, H	402.8495	397.6182	399.8378	375.2039	371.4064	391.7496	384.5821
Максимальное значение H при перестановках	34.0609	31.8344	32.3327	28.2378	30.4671	32.7515	30.0972
Среднее значение H при перестановках	5.7597	5.8855	6.6307	5.5047	5.2395	6.0052	5.6635
Размер эффекта, ϵ^2	0.4446	0.4389	0.4413	0.4141	0.4099	0.4324	0.4250

²Matplotlib Developers. `matplotlib.colors.PowerNorm`. Matplotlib 3.8.0 documentation: [сайт]. URL: https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.colors.PowerNorm.html (дата обращения: 26.05.2026).



Пространственное распределение локальной JSD без (слева) и с наложенными административными границами штатов (справа)³: а – для когорты 0–4 лет, б – для когорты 30–34 лет (цвет онлайн)

эффекта для каждого случая больше 0.14. Иллюстрация полученных результатов для когорт 0–4 и 30–34 года представлена на рисунке а и б соответственно.

На правой части рисунков видно, что наиболее ярко окрашенные вореды (высокий JSD) расположены рядом с белыми линиями – границами штатов. В обоих случаях «переход-

ные» вореды, выделенные более яркой заливкой, территориально сконцентрированы вдоль административных границ штатов. Внутри штатов резких переходов по доле возрастных групп в населении воредов практически нет. Если бы таковые имели место, то цветовое распределение носило бы более хаотичный характер и было бы

³Сост. по: Ethiopia – Subnational Population Statistics // Central Statistics Agency: [сайт]. URL: <https://data.humdata.org/dataset/cod-ps-eth> (дата обращения: 26.05.2026); Ethiopia – Subnational Administrative Boundaries // Central Statistics Agency, Regional Bureau of Finance and Economic Development: [сайт]. URL: <https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-eth> (дата обращения: 26.05.2026).



слабо связано с административными границами штатов [31].

Полученные данные дают основание рассматривать штаты Эфиопии не только в качестве единиц АТД, но и как целостные объекты – своего рода «неделимые» единицы, между которыми происходит диффузия факторов собственно второго демографического перехода.

Библиографический список

1. Teller C. H., Hailemariam A., Gebreselassie T., Seifu Y. The Uniqueness of the Ethiopian Demographic Transition within Sub-Saharan Africa: Multiple Responses to Population Pressure, and Preconditions for Rural Fertility Decline and Capturing the Demographic Dividend // *African Population Studies*. 2011. Vol. 25, № 2. P. 362–380. <https://doi.org/10.11564/25-2-236>
2. Minale A. S. Demographic Transition in Ethiopia: Evidence of Change from 1990 to 2016 // *Ethiopian Journal of Social Sciences*. 2021. Vol. 6, № 2. P. 1–19. <https://doi.org/10.20372/ejss.v6i2.570>
3. Hailemariam A. Ethiopia's Changing Demography // *The Oxford Handbook of the Ethiopian Economy* / eds. F. Cheru, C. Cramer, A. Oqubay. Oxford : Oxford University Press, 2019. P. 366–382. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198814986.013.19>
4. Данилова И. А., Дмитриев Р. В. Возрастные структуры населения в странах ЕАЭС // Демографический потенциал стран ЕАЭС : сборник статей VIII Уральского демографического форума : в 2 т. / отв. ред. А. И. Кузьмин. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2017. С. 81–85. EDN: YKPPZL
5. Dame Kedir, Tariku Dejene, Terefe Degefa. Exploring the Contribution of Changes in Nuptiality Patterns to Fertility Transition Among Ethiopian Women // *International Journal of Population Studies*. 2025. Vol. 11, № 3. P. 1–12. <https://doi.org/10.36922/ijps.5749>
6. Hägerstrand T. Innovation Diffusion as a Spatial Process. Chicago : University of Chicago Press, 1967. 334 p.
7. Rogers E. M. Diffusion of Innovations. New York : Free Press, 2003. 550 p.
8. Casterline J. B. Diffusion Processes and Fertility Transition: Introduction // *Diffusion Processes and Fertility Transition: Selected Perspectives* / ed. J. B. Casterline. Washington, D. C. : National Academy Press, 2001. P. 1–38.
9. Palloni A. Diffusion in Sociological Analysis // *Diffusion Processes and Fertility Transition: Selected Perspectives* / ed. J. B. Casterline. Washington, D. C. : National Academy Press, 2001. P. 66–114.
10. Bartholomew D. J. Stochastic Models for Social Processes. Chichester: John Wiley & Sons, 1982. 365 p.
11. Doignon Y., Eggerickx T., Rizzi E. The Spatial Diffusion of Nonmarital Cohabitation in Belgium over 25 Years: Geographic Proximity and Urban Hierarchy // *Demographic Research*. 2020. Vol. 43, № 48. P. 1413–1428. <https://doi.org/10.4054/demres.2020.43.48>, EDN: IUTAIL
12. Landry A. La Révolution Démographique: études et Essais sur les Problèmes de la Population. Paris : Sirey, 1934. 229 p.
13. Thompson W. S. Danger Spots in World Population. New York : A. A. Knopf, 1929. 343 p.
14. Rabinowicz L. Le Problème de la Population en France: Précédé d'une Histoire Générale de la Population. Paris : Marcel Rivière, 1929. 429 p.
15. Lesthaeghe R. The Second Demographic Transition: A Concise Overview of Its Development // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. Vol. 111, № 51. P. 18112–18115. <https://doi.org/10.1073/pnas.1420441111>
16. Van de Kaa D. J. Demographic Transition, Second // *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* / eds. N. J. Smelser, P. B. Baltes. P. 3486–3488. <https://doi.org/10.1016/b0-08-043076-7/02134-3>
17. Горохов С. А., Захаров И. А. Конфессиональная дифференциация рождаемости в странах Тропической Африки // Факторы и стратегии регионального развития в меняющемся геополитическом и геоэкономическом контексте : материалы международной научной конференции (Седьмая Ежегодная научная Ассамблея АРГО) / под ред. А. Г. Дружинина. Ростов-н/Д : Изд-во Южного федерального университета, 2016. С. 150–155. EDN: XFSTYF
18. Cleland J., Wilson C. Demand Theories of the Fertility Transition: An Iconoclastic View // *Population Studies*. 1987. Vol. 41, № 1. P. 5–30. <https://doi.org/10.1080/0032472031000142516>
19. Zakharov S. V. Three Decades on Russia's Path of the Second Demographic Transition: How Patterns of Fertility are Changing Under an Unstable Demographic Policy // *Comparative Population Studies*. 2024. Vol. 49. P. 25–54. <https://doi.org/10.12765/CPoS-2024-02>, EDN: HLNBNK
20. Lai W., Song J. Different Pathways of the Second Demographic Transition in Four East Asian Societies: Evidence from the 2006 and 2016 East Asian Social Surveys // *China Population and Development Studies*. 2022. Vol. 6, № 4. P. 373–402. <https://doi.org/10.1007/s42379-022-00118-9>, EDN: DRSTTR
21. Zaidi B., Morgan S. P. The Second Demographic Transition Theory: A Review and Appraisal // *Annual Review of Sociology*. 2017. Vol. 43. P. 473–492. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-060116-053442>
22. Бакланов П. Я. Подходы и основные принципы структуризации географического пространства // *Известия РАН. Серия географическая*. 2013. № 5. С. 5–15. <https://doi.org/10.7868/S0373244417040016>, EDN: RFXCFH
23. Biscani F., Izzo D. A parallel global multiobjective framework for optimization: Pagmo // *Journal of Open Source Software*. 2020. Vol. 5, № 53. Art. 2338. <https://doi.org/10.21105/joss.02338>
24. Rey S. J., Anselin L. PySAL: A Python Library of Spatial Analytical Methods // *The Review of Regional Studies*. 2007. Vol. 37, № 1. P. 5–27. <https://doi.org/10.52324/001c.8285>



25. Lin J. Divergence measures based on the Shannon entropy // IEEE Transactions on Information Theory. 1991. Vol. 37, № 1. P. 145–151. <https://doi.org/10.1109/18.61115>
26. Virtanen P., Gommers R., Oliphant T. E., Haberland M., Reddy T., Cournapeau D., Burovski E., Peterson P., Weckesser W., Bright J., van der Walt S. J., Brett M., Wilson J., Millma K. J., Mayorov N., Nelson A. R. J., Jones E., Kern R., Larson E., Carey C. J. [et al.]. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python // Nature Methods. 2020. Vol. 17. P. 261–272. <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>, EDN: OFXSGB
27. Hunter J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment // Computing in Science & Engineering. 2007. Vol. 9, № 3. P. 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
28. Kruskal W. H., Wallis W. A. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis // Journal of the American Statistical Association. 1952. Vol. 47, № 260. P. 583–621. <https://doi.org/10.2307/2280779>
29. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. New York : Routledge, 1988. 590 p. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
30. Горохов С. А., Агафошин М. М., Дмитриев Р. В. Миграционный кризис в регионе Восточной Африки // Восток. Афро-азиатские общества: история и современность. 2023. № 1. С. 50–62. <https://doi.org/10.31857/S086919080023788-3>, EDN: LOUDGX
31. Дмитриев Р. В. Эволюция систем расселения в аспекте классической теории центральных мест // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. Т. 85, № 2. С. 165–175. <https://doi.org/10.31857/S2587556621020047>, EDN: GSITWO

Поступила в редакцию 11.04.2026; одобрена после рецензирования 12.05.2026;
принята к публикации 16.06.2026; опубликована 30.09.2026

The article was submitted 11.04.2026; approved after reviewing 12.05.2026;
accepted for publication 16.06.2026; published 30.09.2026