

Использование технологий информационного общества

**КОНЦЕПЦИЯ АГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ НА РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ****Ростовская Тамара Керимовна**

*Доктор социологических наук, профессор
Федеральный научно-исследовательский социологический центр РАН
Институт социальной демографии
Директор
Москва, Российская Федерация
rostovskaya.tamara@mail.ru*

Ситковский Арсений Михайлович

*Федеральный научно-исследовательский социологический центр РАН
Институт социальной демографии
Научный сотрудник
Москва, Российская Федерация
omnistat@yandex.ru*

Погребняк Евгений Владимирович

*Кандидат экономических наук
Московский государственный институт международных отношений Министерства иностранных дел
Российской Федерации
Проректор по цифровой трансформации
Москва, Российская Федерация
e.pogrebnyak@odin.mgimo.ru*

Шевчуков Сергей Павлович

*Аппарат полномочного представителя Президента Российской Федерации в Центральном федеральном округе
Департамент по реализации общественных проектов
Начальник департамента
Москва, Российская Федерация
sergey_shevchukov@mail.ru*

Аннотация

В статье рассматривается агентная модель демографических процессов как инструмент цифровой демографии, ориентированный на работу с реальными данными и поддержку научно обоснованного сценарного анализа. Показано, что такая модель дополняет традиционные демографические расчеты: она не заменяет официальную статистику, а позволяет связать агрегированные показатели с жизненными траекториями условных представителей населения, домохозяйств, работодателей и территорий. Особое внимание уделено месту модели в контуре цифровой демографической обсерватории, логике перехода от разнородных данных к синтетическому населению, описанию ключевых событий жизненного курса, возможностям сценарного анализа и требованиям к валидации. Акцентируется внимание на том, что агентное моделирование в демографии должно быть не только вычислительным, но и общественно-научным инструментом: оно требует прозрачных и реалистичных допущений о поведении человека, корректного учета ограничений данных и этически безопасной интерпретации результатов.

© Ростовская Т. К., Ситковский А. М., Погребняк Е. В., Шевчуков С. П., 2026

Производство и хостинг журнала «Информационное общество» осуществляется Институтом развития информационного общества.

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «С указанием авторства - С сохранением условий версии 4.0 Международная» (Creative Commons Attribution – ShareAlike 4.0 International; CC BY-SA 4.0). См. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.ru>

https://doi.org/10.52605/16059921_2026_04_157

Ключевые слова

цифровая демография; агентная модель; демографические процессы; синтетическое население; сценарное моделирование; цифровая демографическая обсерватория

Введение

Цифровизация демографических исследований меняет не только набор инструментов, но и саму постановку исследовательских вопросов. Если в классической демографии центральное место занимают переписи, текущий учет населения и агрегированные коэффициенты, то в информационном обществе возрастает спрос и возможности для более детального, пространственно точного и сценарного представления демографической динамики. Одновременно с этим в распоряжении государства, внутри государственных информационных систем появились массивы актуальных сведений о населении и хозяйствующих субъектах, близкие по охвату к генеральной совокупности, то есть сопоставимые по масштабу с данными переписей¹. Органы управления, научные организации и образовательные центры, а также бизнес все чаще нуждаются не просто в описании текущей ситуации, а в понимании того, как демографические процессы могут измениться при трансформации условий занятости, жилищной обеспеченности, миграционной привлекательности, доступности услуг и инфраструктуры, введении новых мер демографической и семейной политики.

В предыдущих работах авторского коллектива были обозначены два важных основания для такого перехода. Во-первых, цифровые технологии становятся частью профессионального инструментария демографа и должны включаться в аналитические, прогнозные и экспертные компетенции специалиста [1]. Во-вторых, цифровая демография формируется как междисциплинарное направление, объединяющее большие данные, ГИС, методы анализа поведения населения, визуализацию и имитационное моделирование [2]. Институциональной основой части новых данных становятся стандартизированные контуры корпоративной демографической и социальной оценки [3; 4]. Следующий логичный шаг состоит в том, чтобы соединить эти элементы в воспроизводимой модели, способной не только показывать карты и графики, но и проводить научно контролируемые сценарные эксперименты.

Агентная модель демографических процессов на реальных данных рассматривается в настоящей статье именно в этом качестве. Центральная идея состоит в том, что население можно представить как совокупность условных, статистически сконструированных агентов, связанных с домохозяйствами и территориями. Эти агенты переживают события жизненного курса, а из множества индивидуальных траекторий складываются показатели рождаемости, смертности, миграции, расселения и социально-экономической активности.

1 Агентная модель как технология анализа населения

В демографическом контексте агент не является цифровым двойником конкретного человека. Это аналитическое представление, которое сохраняет социально-значимые признаки: пол, возраст, семейное положение, состав домохозяйства, территорию проживания, занятость, миграционную историю и иные параметры, необходимые для решения исследовательской задачи. Такое понимание принципиально важно, поскольку позволяет использовать модель без перехода к персональной идентификации. Синтетическое население должно воспроизводить статистические распределения и связи, но не раскрывать сведения о реальных гражданах.

Научная ценность агентного подхода заключается в переходе от агрегированного баланса населения к моделированию механизмов. Традиционная схема описывает численность населения через рождения, смерти, миграционный прирост и статистические корректировки. Агентная модель сохраняет эти компоненты, но рассматривает их как результат событий, происходящих с отдельными представителями населения и домохозяйствами. В этом смысле она продолжает линию агентной вычислительной демографии, в которой имитация используется для лучшего понимания демографического поведения и связи между микроуровнем и макроуровнем [5; 6]. В российской практике агентные модели уже используются в смежных задачах имитации распространения

¹ Примеры таких массивов — КПД-рейтинг работодателей (<https://кпд-рейтинг.рф/>) и ЭКГ-рейтинг ответственного бизнеса (<https://экг-рейтинг.рф/>), формируемые при технологической поддержке ФНС России.

инфекций с воспроизведением социально-демографической структуры населения, социальных связей, пространственного распределения и региональных особенностей [7].

Для цифровой демографической обсерватории особенно важна работа на реальных данных. В модельный контур должны входить официальная статистика, муниципальные показатели, возрастно-половые структуры, сведения о населенных пунктах, результаты обследований, геопространственные данные и, при наличии правовых оснований, агрегированные цифровые следы. При этом любые альтернативные источники требуют осторожности: цифровые следы могут быть смещены по возрасту, территории, уровню активности пользователей и социальному составу [8]. Следовательно, модель не должна превращать большие данные в источник некритических выводов; напротив, она должна фиксировать происхождение данных, степень их полноты, ограничения и допустимый режим использования.

1.1 От агрегатов к жизненному курсу

В агентной демографической модели жизненный курс описывается через набор событий, имеющих демографическое и социально-экономическое значение. К базовым событиям относятся старение, смерть, рождение ребенка, изменение брачного или партнерского статуса, отделение от родительского домохозяйства, внутренняя миграция, внешняя миграция, изменение статуса занятости и связи с местом работы. Такой перечень не является исчерпывающим, но он показывает отличие агентной модели от простого продолжения рядов: модель описывает не только итоговое число жителей, но и структуру процессов, через которые это число формируется.

Связь индивидуального и территориального уровней обеспечивается пространственной привязкой. Минимальной единицей публикации результата в проектируемой модели выступает населенный пункт, а муниципальные образования, субъекты Российской Федерации и страна в целом рассматриваются как агрегаты, собираемые из более детального уровня. Подобная пространственная логика согласуется с развитием цифровой и пространственной демографии, где открытые и высокодетальные данные о распределении населения используются для анализа рисков, инфраструктурного планирования и оценки территориальных различий [9].

Отдельного внимания требует режим времени. Для целей гуманитарного и управленческого анализа важно не то, что модель способна вычислять события с высокой формальной точностью, а то, насколько корректно определены периоды, в которых меняются условия поведения. То есть решения и контексты могут обновляться с определенной периодичностью, а редкие события фиксируются в момент их наступления. Такой подход делает модель достаточно гибкой для описания жизненных траекторий, но не перегружает ее техническими деталями, не имеющими самостоятельного демографического смысла.

1.2 Решение агента: между привычкой, эмоцией и рассуждением

Один из методологических рисков агентного моделирования состоит в чрезмерном упрощении человеческого поведения. Демографические решения редко сводятся к механическому выбору максимальной выгоды. Решение о рождении ребенка, переезде, вступлении в союз, смене работы или сохранении места проживания формируется под влиянием семейных норм, привычек, эмоционального состояния, жизненного опыта, оценки будущего и доступных ресурсов. Поэтому агентная модель, претендующая на гуманитарную интерпретируемость, должна оставлять место для неоднородности мотивов и ограниченной рациональности.

В этом отношении полезна трехсистемная концепция принятия индивидуальных решений В. А. Истратова, в которой выделяются привычная, эмоциональная и рассудочная системы, а также механизм согласования их влияния [10]. Для демографической модели это не означает прямого переноса психологических процессов в вычислительные формулы. Более корректно говорить о методологическом ориентире: агент не должен рассматриваться только как «рациональный максимизатор», поскольку часть его поведения обусловлена повторяемыми практиками, семейным опытом, эмоциональными импульсами и восприятием социальной среды.

В прикладной модели такая идея может быть выражена через контекстные признаки. Например, миграционная склонность зависит не только от различий в доходе, но и от устойчивости семейных связей, опыта предыдущих перемещений, наличия родственников в возможной территории назначения, жилищной ситуации, возраста детей, локальной инфраструктуры и восприятия рисков. Репродуктивное поведение также связано с партнерским статусом, паритетом, жилищными ограничениями, экономическим самочувствием и доступностью услуг. Смысл

агентного подхода состоит в том, чтобы не сводить эти факторы к одному коэффициенту, а показать, как они могут совместно формировать множество индивидуальных траекторий.

2 Архитектура модели в контуре цифровой демографической обсерватории

Агентная модель для цифровой демографической обсерватории должна быть встроена в более широкий информационно-аналитический контур. Она не является изолированным расчетом: входные данные поступают из разных источников и информационных систем, проходят проверку и согласование, затем используются для построения синтетического населения, моделирования событий, проведения сценариев и формирования понятных индикаторов для исследователей и управленцев. В таком виде модель становится не техническим экспериментом, а частью системы производства демографического знания. Общая логика такого контура представлена на рис. 1.



Рис. 1. Логика агентной модели демографических процессов на реальных данных (составлено авторами)

2.1 Контур данных и синтетического населения

Первый контур модели связан с данными. Его задача состоит в том, чтобы привести разнородные сведения к сопоставимому виду. Для демографических процессов особенно важны временная привязка, территориальная сопоставимость и контроль происхождения показателей. Если границы муниципального образования меняются, если часть данных доступна только на региональном уровне, если населенный пункт имеет неоднозначную привязку, эти обстоятельства должны быть сохранены в диагностике, а не скрыты внутри модели.

Синтетическое население строится как статистически согласованная совокупность агентов. Оно должно воспроизводить наблюдаемую половозрастную структуру, численность территорий, состав домохозяйств и ключевые распределения, важные для последующего моделирования. При этом принципиально важно разделять наблюдаемые, расчетные, восстановленные и сценарные величины. Подобное разделение повышает доверие к модели: пользователь видит, где результат опирается на данные, где используется калибровка, а где включается исследовательское предположение.

В рабочей логике проекта выделяются три режима использования данных. Первый режим — историческая реконструкция, когда модель согласуется с известными официальными контролями и помогает восстановить пространственно детальную картину прошлого. Второй режим — ретроспективная проверка, когда часть данных намеренно не используется при расчете, чтобы оценить прогнозную способность модели. Третий режим — сценарный прогноз, в котором после выбранной исходной даты модель не должна обращаться к будущим фактическим значениям. Такое разделение необходимо для того, чтобы не смешивать бухгалтерское согласование прошлого с реальной проверкой сценарных возможностей.

2.2 Контур событий и сценариев

Второй контур модели описывает события жизненного курса. Для каждого агента в зависимости от его возраста, пола, семейного положения, территории, домохозяйства и социально-экономического контекста задается вероятность наступления событий. В научной статье для гуманитарно-технологического журнала нет необходимости раскрывать программную реализацию этих расчетов. Существенно другое: событие должно иметь демографический смысл, прозрачные предпосылки и проверяемые последствия для агрегированных показателей. Схематически цикл характеристик, контекста, вероятных событий и обновления состояния агента представлен на рис. 2.

Сценарный контур позволяет задавать изменения внешней среды и смотреть, как они отражаются на траекториях населения. В качестве сценарных воздействий могут рассматриваться изменение доступности жилья, улучшение транспортной связности, увеличение или сокращение рабочих мест, изменение характеристик социальной инфраструктуры, рост миграционной привлекательности отдельных территорий, а также меры поддержки семей с детьми. Результат сценария должен интерпретироваться не как точное предсказание будущего, а как структурированное сравнение альтернатив при явно заданных предпосылках.

Настоящий подход близок задачам современной демографической политики. Стратегические документы в сфере семьи и демографии требуют не только учета текущих показателей, но и оценки последствий решений для разных территорий и социальных групп [11]. Агентная модель дает возможность предварительно проверить, какие территории или категории населения наиболее чувствительны к тому или иному изменению условий, где эффект может быть краткосрочным, а где он проявится в среднесрочной и долгосрочной перспективе через накопление изменений в поколениях и домохозяйствах.

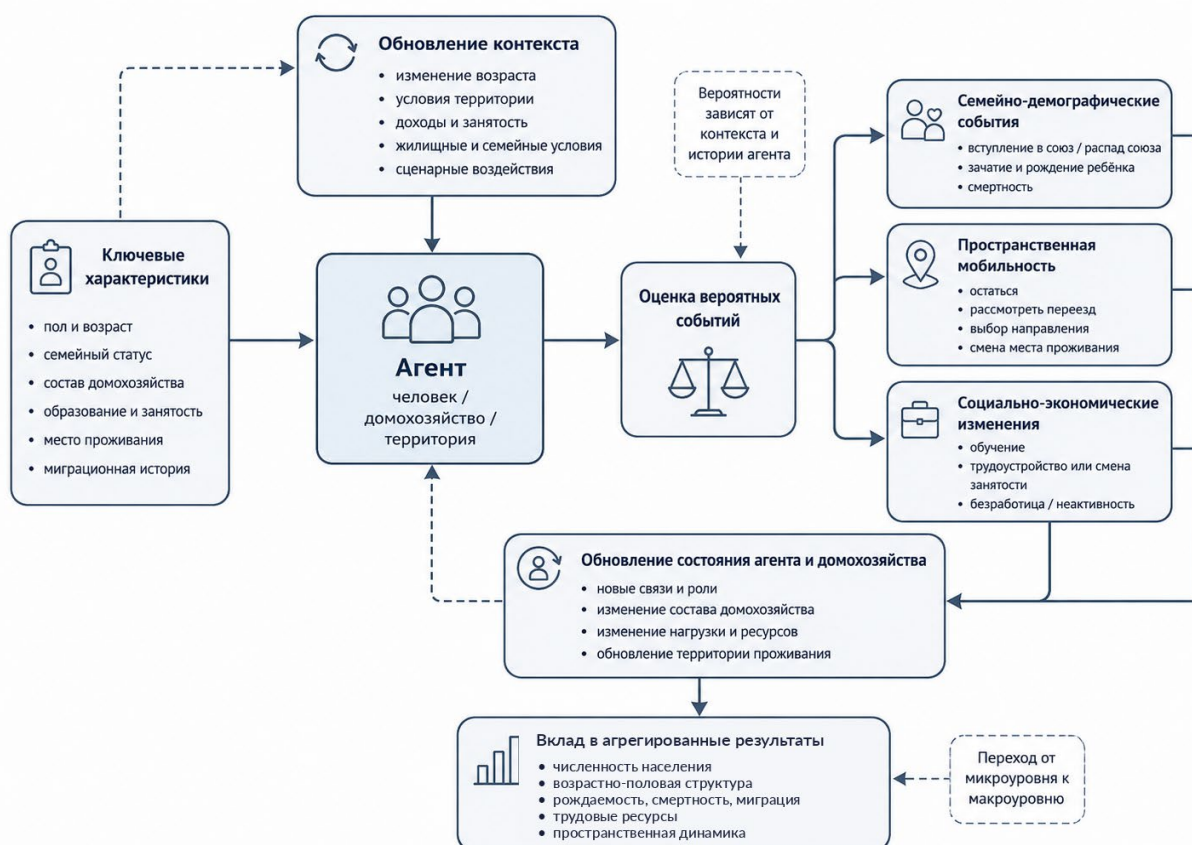


Рис. 2. Цикл обновления состояния агента и домохозяйства в демографической модели (составлено авторами)

3 Научная и управленческая значимость

С научной точки зрения агентная модель расширяет возможности объяснения демографической динамики. Она позволяет изучать, как индивидуальные различия, средовые факторы и социальные связи преобразуются в макроуровневые результаты. Например, одинаковый прирост рабочих мест может по-разному влиять на миграцию молодых людей, семей с детьми и лиц старших возрастов; одна и та же мера поддержки рождаемости может давать разные эффекты в территориях с различным жилищным рынком, уровнем занятости и обеспеченности социальной инфраструктурой. Агрегированная модель часто фиксирует только итоговое изменение, тогда как агентный подход помогает увидеть механизм трансформации и факторы микроуровня.

Для управленческой практики национального, регионального и отраслевого уровня важны три функции. Первая функция — мониторинговая: модель помогает обнаруживать территории или сферы занятости, где сочетание возрастной структуры, миграционного оттока, смертности и социально-экономических ограничений формирует повышенные риски. Вторая функция — сценарная: органы управления получают возможность сравнивать альтернативные меры до их практической реализации. Третья функция — коммуникационная: результаты могут быть представлены в виде карт, диаграмм и общепринятых индикаторов, что снижает разрыв между сложностью демографического анализа и потребностями лиц, принимающих решения.

Однако управленческая применимость возможна только при соблюдении строгих ограничений. Агентная модель не должна использоваться для принятия решений в отношении конкретных людей, домохозяйств или организаций. Ее результат является статистической симуляцией, а не описанием индивидуальной судьбы. Не менее важно отделять прогноз от сценария: прогноз стремится оценить наиболее вероятную траекторию при заданной информации, а сценарий показывает последствия выбранных предположений. В публичном и экспертном пространстве смешение этих режимов может привести к неверной интерпретации результатов моделирования и назначения модели в целом.

3.1 Валидация, прозрачность и этические ограничения

Доверие к агентной модели возникает не только из сложности применяемых вычислений, а из качества проверки. Поэтому модель должна иметь верифицируемые источники данных, независимые контрольные наборы, ретроспективные проверки, оценку ошибок по различным компонентам демографического изменения и анализ чувствительности к ключевым допущениям. В литературе по агентным демографическим моделям подчеркивается необходимость последовательного проектирования, анализа и представления имитационных экспериментов [12]. Для цифровой демографической обсерватории это означает, что рядом с картой или прогнозной линией должны существовать сведения о данных, методе, допущениях и пределах применимости.

Этическая сторона не менее существенна. Чем детальнее модель, тем выше требования к защите данных и к недопущению стигматизации территорий или групп населения. Синтетические агенты не должны превращаться в инструмент индивидуального профилирования. Территориальные результаты необходимо сопровождать указанием неопределенности, а социально чувствительные выводы — проверкой на альтернативные объяснения. Агентная модель будет полезна не потому, что дает окончательный ответ, а потому, что позволяет ясно сформулировать гипотезы, проверить их на наборах данных и обсудить последствия различных решений и воздействий в контролируемой аналитической среде.

В этом смысле агентное моделирование соответствует гуманитарной логике информационного общества. Оно соединяет данные, цифровые платформы и социальную интерпретацию, но не снимает ответственности исследователя. Чем более мощным становится инструмент, тем более важными становятся прозрачность, воспроизводимость и способность объяснить результат не только разработчику, но и демографу, управленцу, эксперту в области социальной политики и представителю общественности.

Заключение

Агентная модель демографических процессов на реальных данных представляет собой перспективное развитие цифровой демографии и важный инструмент цифровой демографической обсерватории. Цель ее создания состоит не в замене официальной статистики или создании технически закрытого прогноза, а в формировании воспроизводимой среды, где

данные о населении, территориях, домохозяйствах и социально-экономических условиях могут быть связаны с событиями жизненного цикла и сценариями демографической и семейной политики.

Научная новизна такого подхода заключается в соединении микроуровневой логики поведения с макроуровневыми демографическими результатами. Практическая значимость проявляется в возможности проводить сценарные сравнения, выявлять территориальные и отраслевые риски, объяснять различия между регионами и муниципальными образованиями, а также представлять результаты в наглядной форме для органов управления. Методологически важным является учет гуманитарной природы демографического поведения: решения людей зависят от привычек, эмоций, рассуждений, семейных связей, экономических ожиданий и территориального контекста.

Дальнейшее развитие проекта должно быть связано с расширением эмпирической базы, повышением качества синтетического населения, уточнением моделей миграционного, семейного и репродуктивного поведения, строгой независимой валидацией и этически безопасной визуализацией результатов. При соблюдении этих условий агентная модель может стать одним из ключевых инструментов цифровой демографии, соединяющим информационные технологии, пространственный анализ и гуманитарное понимание демографических процессов.

Благодарности

Исследование выполнено за счёт средств гранта Российского научного фонда № 25-78-30004 «Цифровая демографическая обсерватория: разработка системы мониторинга демографических процессов в регионах России с использованием ГИС-технологий и больших данных», <https://rscf.ru/project/25-78-30004/>.

Литература

1. Ростовская Т. К., Ситковский А. М. Цифровые технологии в профессиональной деятельности демографа // Информационное общество. 2025. № 5. С. 116–123. https://doi.org/10.52605/16059921_2025_05_116.
2. Безвербный В. А., Погребняк Е. В., Шевчуков С. П., Ситковский А. М. Цифровая демография: современные методы исследования демографических процессов // Информационное общество. 2025. № 6. С. 121–128. https://doi.org/10.52605/16059921_2025_06_121.
3. ГОСТ Р 72119-2025. Меры поддержки «Корпоративный демографический стандарт». Методика оценки работодателей (формирование КПД-рейтинга). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1313125398> (дата обращения: 08.07.2026).
4. ГОСТ Р 71198-2026. Индекс деловой репутации субъектов предпринимательской деятельности (ЭКГ-рейтинг). Методика оценки и порядок формирования ЭКГ-рейтинга ответственного бизнеса. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1318153134> (дата обращения: 08.07.2026).
5. Billari F. C., Prskawetz A. Agent-Based Computational Demography: Using Simulation to Improve Our Understanding of Demographic Behaviour. Heidelberg: Physica-Verlag, 2003. IX, 210 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2715-6>.
6. Grow A., Van Bavel J. (eds.). Agent-Based Modelling in Population Studies: Concepts, Methods, and Applications. Cham: Springer, 2017. 513 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32283-4>.
7. Бахтизин А. Р., Макаров В. Л., Отмахова Ю. С., Сушко Е. Д. Агент-ориентированные модели эпидемий: международные тренды и реализация в российской практике // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2025. Т. 18, № 5. С. 79–97. <https://doi.org/10.15838/esc.2025.5.101.4>.
8. Cesare N., Lee H., McCormick T., Spiro E., Zagheni E. Promises and Pitfalls of Using Digital Traces for Demographic Research // Demography. 2018. Vol. 55, No. 5. P. 1979–1999. <https://doi.org/10.1007/s13524-018-0715-2>.
9. Tatem A. J. WorldPop, open data for spatial demography // Scientific Data. 2017. Vol. 4. Art. 170004. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.4>.

10. Истратов В. А. Трехсистемная концепция принятия индивидуальных решений // AlterEconomics. 2024. Т. 21, № 2. С. 363–386.
<https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2024.21-2.11>.
11. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 15.03.2025 № 615-р «Об утверждении Стратегии действий по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности в Российской Федерации до 2036 года». URL:
<https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202503240023> (дата обращения: 05.07.2026).
12. Reinhardt O., Hilton J., Warnke T., Bijak J., Uhrmacher A. M. Streamlining Simulation Experiments with Agent-Based Models in Demography // JASSS. 2018. Vol. 21, No. 3. Article 9.
<https://doi.org/10.18564/jasss.3784>.

A CONCEPT OF AN AGENT-BASED MODEL OF DEMOGRAPHIC PROCESSES ON REAL DATA

Rostovskaya, Tamara K.

*Doctor of sciences (sociology), professor
Federal Center of Theoretical and Applied Sociology of the Russian Academy of Sciences
Institute for Social Demography
Director
Moscow, Russian Federation
rostovskaya.tamara@mail.ru*

Sitkovskiy, Arseniy M.

*Federal Center of Theoretical and Applied Sociology of the Russian Academy of Sciences
Institute for Social Demography
Researcher
Moscow, Russian Federation
omnistat@yandex.ru*

Pogrebnyak, Evgeny V.

*Candidate of economic sciences
Moscow State Institute of International Relations of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation
Vice-Rector for digital transformation
Moscow, Russian Federation
e.pogrebnyak@odin.mgimo.ru*

Shevchukov, Sergey P.

*Office of the Plenipotentiary Representative of the President of the Russian Federation in the Central Federal District
Department for the implementation of public projects
Head of department
Moscow, Russian Federation
sergey_shevchukov@mail.ru*

Abstract

This article examines an agent-based model of demographic processes as a tool for digital demography, designed to utilize real-world data and support evidence-based scenario analysis. It demonstrates that such a model complements traditional demographic calculations; rather than replacing official statistics, it links aggregate indicators to the life trajectories of representative individuals, households, employers, and geographic areas. Particular attention is paid to the model's role within a digital demographic observatory, the process of transforming heterogeneous data into a synthetic population, the description of key life-course events, the capabilities for scenario analysis, and validation requirements. The article emphasizes that agent-based modeling in demography must function as both a computational and a social-scientific tool, requiring transparent and realistic assumptions regarding human behavior, proper accounting for data limitations, and an ethically sound interpretation of results.

Keywords

digital demography; agent-based model; demographic processes; real data; synthetic population; scenario modeling; Digital Demographic Observatory

References

1. Rostovskaya T. K., Sitkovskiy A. M. Tsifrovye tekhnologii v professional'noi deyatel'nosti demografa. *Informatsionnoe obshchestvo*. 2025. No. 5. P. 116–123. https://doi.org/10.52605/16059921_2025_05_116.
2. Bezverbny V. A., Pogrebnyak E. V., Shevchukov S. P., Sitkovskiy A. M. Tsifrovaya demografiya: sovremennye metody issledovaniya demograficheskikh protsessov. *Informatsionnoe obshchestvo*. 2025. No. 6. P. 121–128. https://doi.org/10.52605/16059921_2025_06_121.

3. GOST R 72119-2025. Mery podderzhki “Korporativnyi demograficheskii standart”. Metodika otsenki rabotodatelei (formirovanie KPD-reitinga). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1313125398> (accessed 08.07.2026).
4. GOST R 71198-2026. Indeks delovoi reputatsii subektov predprinimatel'skoi deyatel'nosti (EKG-reiting). Metodika otsenki i poryadok formirovaniya EKG-reitinga otvetstvennogo biznesa. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1318153134> (accessed 08.07.2026).
5. Billari F. C., Prskawetz A. Agent-Based Computational Demography: Using Simulation to Improve Our Understanding of Demographic Behaviour. Heidelberg: Physica-Verlag, 2003. IX, 210 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2715-6>.
6. Grow A., Van Bavel J. (eds.). Agent-Based Modelling in Population Studies: Concepts, Methods, and Applications. Cham: Springer, 2017. 513 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32283-4>.
7. Bakhtizin A. R., Makarov V. L., Otmakhova Yu. S., Sushko E. D. Agent-based epidemic models: International trends and implementation in Russian practice. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2025. Vol. 18, No. 5. P. 79–97. <https://doi.org/10.15838/esc.2025.5.101.4>.
8. Cesare N., Lee H., McCormick T., Spiro E., Zagheni E. Promises and Pitfalls of Using Digital Traces for Demographic Research. Demography. 2018. Vol. 55, No. 5. P. 1979–1999. <https://doi.org/10.1007/s13524-018-0715-2>.
9. Tatem A. J. WorldPop, open data for spatial demography. Scientific Data. 2017. Vol. 4. Art. 170004. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.4>.
10. Istratov V. A. Trekhsistemnaya kontseptsiya prinyatiya individual'nykh reshenii. AlterEconomics. 2024. Vol. 21, No. 2. P. 363–386. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2024.21-2.11>.
11. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 15.03.2025 No. 615-r. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202503240023> (accessed 05.07.2026).
12. Reinhardt O., Hilton J., Warnke T., Bijak J., Uhrmacher A. M. Streamlining Simulation Experiments with Agent-Based Models in Demography. JASSS. 2018. Vol. 21, No. 3. Article 9. <https://doi.org/10.18564/jasss.3784>.