

Социальные проблемы развития территорий

УДК 303.09

ББК 60.7

© Корепина Т.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ МИГРАЦИИ



КОРЕПИНА ТАТЬЯНА АНДРЕЕВНА

Институт социально-экономического развития территорий

Российской академии наук

Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а

E-mail: korepina-tatyana@mail.ru

Статья посвящена сравнительному анализу подходов к моделированию миграции. Показаны эволюция различных методов, их достоинства и недостатки. В связи с усилением перемещений населения внутри и между странами в начале XX века возникла необходимость моделирования миграционных процессов. В моделях, соответствующих этому периоду, учитывались только основные факторы (например, численность населения в центрах и расстояние между этими центрами), которые влияют на миграционные процессы. Первые модели миграции описаны в работах как зарубежных, так и отечественных ученых. В основе их построения лежит принцип всемирного закона тяготения, поэтому они получили название гравитационных моделей. В статье показано, что данный метод позволил описать процесс перемещения населения и проводить прогнозы миграционных процессов. Отмечено, что на качество прогноза могут повлиять и факторы, не учтенные при моделировании. Метод построения гравитационных моделей в настоящее время лег в основу моделирования. В современной практике моделирования миграционных процессов используются статистические, математические, эконометрические методы. С их помощью проводится анализ равновесия миграционных процессов. Агент-ориентированный подход является инновационным методом в моделировании миграции. Он позволяет построить модель, максимально приближенную к реальности. Для реализации данного подхода требуется программное обеспечение, а также существенные временные затраты как для его изучения, так и непосредственно для моделирования. В то же время сравнительный анализ используемых подходов к моделированию миграции показал превосходство агент-ориентированного моделирования над другими методами. Преимущество заключается в том, что в результате получается модель, приближенная к реальности, с помощью которой можно проводить качественный прогноз. По итогам моделирования можно дать рекомендации для формирования эффективной государственной миграционной политики, что актуально в настоящее время. Новизна

исследования состоит в обобщении, систематизации и сравнительном анализе основных подходов к моделированию миграционных процессов.

Моделирование, миграционный процесс, факторы миграции, методы моделирования, агент-ориентированная модель.

Исследование миграционных процессов в работах отечественных и зарубежных ученых с начала XX века показывает эволюцию их моделирования. Множество модификаций одного и того же метода позволяет сделать вывод о том, что в науке востребовано качественное моделирование миграционных процессов. Однако в анализируемых исследованиях основное предпочтение было отдано количественному аспекту анализа миграции населения. При моделировании не учитывался ряд важных качественных факторов (например, уровень образования мигранта, языковые особенности и традиции прежнего места жительства и др.). В итоге получался результат, полезный только для краткосрочного периода.

Актуальность тех или иных методов моделирования можно оценить, проведя сравнительный анализ, что и является целью данной статьи.

Поскольку мы говорим о моделировании миграционных процессов, необходимо рассмотреть понятие «миграция». Его формирование началось с конца XIX века. Английский географ Е. Равенштейн впервые дал научное определение, в котором миграция понималась как постоянное или временное изменение места жительства человека [20].

В 60-е годы XX века польский лексикограф Я. Щепаньский интерпретировал миграцию как любое перемещение независимо от изменения места в географическом пространстве [14, с. 151]. А в 70-е годы ее определяли в широком смысле как все виды движения населения, имеющие общественную значимость [6, с. 98].

Стоит отметить, что во всех перечисленных трактовках миграция прирав-

нивается к различным видам движения населения: перемещения людей по территории, перемещения с целью получения образования, трудоустройства и др. В определениях не обращается внимание на то, что характер и результат перемещений может быть разным.

В конце XX века отечественный демограф В.И. Переведенцев определил миграцию в широком смысле слова как «совокупность всяких перемещений людей в пространстве». В узком смысле миграция – это «совокупность переселений людей, то есть таких их перемещений по территории, которые неразрывно связаны со сменой места жительства на относительно продолжительный срок» [9, с. 9]. Рассматривая миграцию как территориальное перемещение, следует обратить внимание на то, что оно может отличаться по расстоянию (место выселения – место поселения), срокам, целям, факторам, методам и др. В интерпретации в широком смысле указываются «всякие перемещения», под которыми, видимо, подразумеваются все особенности передвижения, в узком смысле перемещения связаны только с расстоянием и показателем времени.

Отечественный демограф Л.Л. Рыбаковский трактует миграцию в широком смысле слова как «территориальные перемещения, совершающиеся между разными населенными пунктами одной или нескольких административно-территориальных единиц, независимо от продолжительности, регулярности и целевой направленности», в узком смысле – «законченный вид территориального перемещения» [11, с. 45]. В определении миграции в широком смысле слова он

не связывает территориальные перемещения со временем, частотой и целью, а имеет в виду факт передвижения населения из одного места в другое. Трактовка миграции в узком смысле подразумевает завершённое передвижение.

В дальнейшей работе мы будем использовать трактовку Л.Л. Рыбаковского, так как она является обобщающей.

Качество моделирующих процедур в области миграции зависит от правильного понимания ее структуры и сущности. Особое значение в этом направлении имеет учет стадий миграционного процесса:

- 1) исходная (формирование территориальной подвижности);
- 2) основная (процесс перемещения);
- 3) заключительная (адаптация населения к новому месту).

На исходной стадии с помощью модели мы оцениваем миграционную подвижность населения, анализируем возможность практической реализации миграционных установок с объяснением их причин. На основной стадии строится система показателей, описывающих структуру миграционного процесса. Заключительная стадия подразумевает оценку приспособленности к новой социально-демографической среде, социально-экономи-

ческому статусу нового места проживания, а также к природной среде и географическому положению [10, с. 385-386].

Основные показатели миграции, которые, по нашему мнению, необходимо учитывать в модели, представлены в *таблице 1*.

Анализ работ по моделированию миграции показал, что исследователи используют следующие виды моделей:

- 1) открытые или закрытые модели (выбор зависит от того, какие рассматриваются взаимосвязи системы – внешние или внутренние);
- 2) дискретные или непрерывные модели (зависит от параметра времени);
- 3) детерминированные или стохастические модели (учет случайных колебаний миграционных показателей) [1, с. 56].

Одна из основных целей моделирования – прогнозирование и выработка рекомендаций по необходимому управлению воздействию, поэтому по типу результирующего прогноза модели разделяются на экстраполяционные (трендовые) и нормативные (факторные). В экстраполяционных моделях изменения показателей миграции, которые сложились на данный момент, переносятся на будущее. В нормативных моделях буду-

Таблица 1. Основные показатели миграции

Показатель миграции	Сущность	Единица измерения
Абсолютные показатели		
Количество прибывших мигрантов	Количество прибывших в данный населенный пункт	Человек
Количество выбывших мигрантов	Количество выбывших из данного населенного пункта	Человек
Механический прирост населения	Разность между прибывшими и выбывшими	Человек
Относительные показатели		
Интенсивность: 1. Коэффициент прибытия 2. Коэффициент выбытия	Количество переселений, приходящееся на среднегодовую численность населения. Коэффициент прибытия обозначает количество прибывших на 1000 человек среднегодового населения. Коэффициент выбытия обозначает количество выбывших на 1000 человек среднегодового населения	Числовой коэффициент
Сальдо	Конечный результат миграционного движения. Разность между численностью населения в начале периода и естественного прироста населения за этот период	Числовой коэффициент, который может быть как положительным, так и отрицательным
Источник: Рыбаковский Л. Л. Показатели миграции населения. Миграция населения [Электронный ресурс] : инф.-справ. система. – Режим доступа : http://rybakovsky.ru/uchebnik3a25.html		

щие значения показателей определяются за счет показателей, определяющих влияние различных факторов на мощность и интенсивность миграционных процессов [10, с. 368].

Существующие в настоящее время подходы можно разбить на традиционные и современные методы моделирования (рис.).

Моделирование миграционных процессов с помощью традиционных методов началось в XX веке. Одна из первых математических моделей миграции описана в 1924 году [24] – интеракционная модель миграции или модель пространственного взаимодействия.

Самыми распространенными среди традиционных моделей миграции являются гравитационные. По аналогии с всемирным законом тяготения американский астроном Дж. Стюарт сформулировал гравитационный закон пространственного взаимодействия. Он состоит в том, что «демографическая» сила притяжения между регионами обратно пропорциональна расстоянию между ними. Опыт использования метода гравитационных моделей достаточно большой. С каждой попыткой модифицировать модель она имела преимущество над предыдущей.

В 1931 году профессор Техасского университета У. Дж. Рейли предложил гравитационную модель [21], в которой определил силу притяжения города как торгового цен-

тра. В 1949 году профессор Иллинойского университета П. Д. Конверс сформулировал следующий закон: сила притяжения города и прилежащих к нему территорий, как единого торгового центра, прямо пропорциональна численности населения двух городов и находится в обратной зависимости от квадрата расстояния между этими городами [15]. Впоследствии модель получила название модели Рейли-Конверса.

Также одну из первых гравитационных моделей миграции описал американский лингвист Дж. Ципф в середине XX века [26]: миграционный поток между регионами прямо пропорционален населению в регионе выбытия и регионе прибытия и обратно пропорционален квадрату расстояния между этими регионами. Модель была предложена для прогнозирования миграционных потоков и связей между Северной Америкой и Европой.

Все модификации гравитационных моделей содержат два фактора, влияющие на интенсивность миграции: численность населения в центрах и расстояние между этими центрами. Недостатком этой модели является то, что она подходит не для всех периодов и не для всех регионов. В основе моделирования лежит симметричность миграционных потоков, что не характерно для реальной миграции. Также метод выделяет некоторую связь между данными, но не может доказать ее причинно-следственный тип.

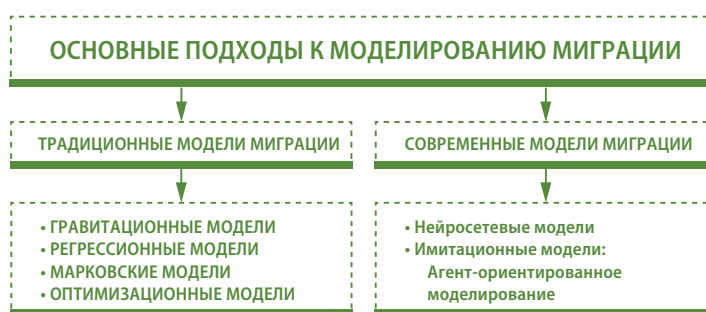


Рис. Основные подходы к моделированию миграции

Источник: Составлено автором.

Учитывая обнаруженные недостатки, ученые совершенствуют гравитационную модель, вводя в нее дополнительный объем факторов, влияющих на переселение. Например, американский экономист, географ У. Изард предложил ввести понятие комплементарности (региональная комплементарность, взаимодополнительность) для обозначения характера взаимоотношения. Затем он сформулировал теорию вероятностной гравитационной модели, где стал учитываться фактор социально-экономического поведения населения [5, с. 124].

В 1940 году американский социолог С. Стоуффер представил альтернативу гравитационной модели в виде модели промежуточных возможностей (столкновения возможностей). В качестве измерителей «промежуточных возможностей» выступало общее количество мигрантов, прибывающих на данную территорию. С. Стоуффер предположил, что миграционный поток между регионами прямо пропорционален возможностям в регионе прибытия и обратно пропорционален «промежуточным возможностям», возникающим в процессе перемещения между регионами [22, с. 847].

Анализируя гравитационные модели, можно сделать вывод о том, что ни одна из них не проводит качественную оценку миграционного процесса. При моделировании не берутся в расчет важнейшие социально-экономические факторы, связи, межрегиональные культурные особенности и др. При построении также необходимо введение дополнительной величины, зависящей от конкретных региональных условий.

В 1966 году была предложена теория факторов миграции, согласно которой каждый миграционный поток характеризуется факторами региона прибытия, региона выбытия, вмешивающимися обстоятельствами (например, расстояние

между городами), факторами, связанными с индивидуальными характеристиками мигрантов [18]. В свое время теория послужила переломным моментом в моделировании миграции. Появилась расширенная гравитационная модель, или модель факторов миграции. Для ее построения используются методы корреляционно-регрессионного и факторного анализа, широко применяющиеся в моделировании и подробно описанные в научной литературе.

Примером является модель факторов миграции США [19]. В ней содержатся такие компоненты, как число мигрантов, численность рабочей силы вне сельскохозяйственного сектора в регионе-доноре и регионе-реципиенте, уровень безработицы, средняя почасовая заработная плата, а также кратчайшее расстояние по воздушному сообщению между центрами обоих регионов и остатки регрессии. Числовые значения показателя, которые в результате работы модели производят количественное измерение факторов, нуждаются в источниках статистических данных, требуют специальных обследований и экспертных оценок. От качества собранных и проанализированных данных зависит конечный результат вычислительных операций, производимых в рамках моделирования.

Преимущество регрессионного анализа при моделировании миграции состоит в том, что по сравнению с первыми гравитационными моделями в нем присутствует возможность количественного измерения тесноты связи между различными показателями, что позволяет разрабатывать управленческие стратегии. Недостатки его заключаются в неизменном влиянии одного показателя на другой и неучете внешнеэкономических причин миграции.

Проблемы, которые возникают при моделировании методом регрессионного анализа, решают модели, названные в

чество отечественного математика А.А. Маркова. Миграционные процессы, описанные с помощью метода марковских цепей, обладают рядом преимуществ. Они заключают в себе качественный математический аппарат, взаимную зависимость объясняемых переменных, содержательность показателей, возможность проведения межвременного сопоставления аспектов миграционных перемещений населения и осуществления прогноза.

В работе американского ученого М. Хирста с помощью метода цепей Маркова проанализирована динамика внутренней миграции в Уганде [16, с. 79-94]. Автор отметил важную роль в переселении из периферии в центр внутри страны в долгосрочном периоде. Применение модели стало возможным при условии полной информации о матрице вероятностей перехода в определенный момент времени, что является недостатком моделирования. Также миграция определяется конкретными социально-экономическими явлениями, в то время как цепи Маркова предполагают вероятностный характер.

Следующий подход к моделированию миграции – оптимизационная модель, представляющая собой задание целевой функции. В результате работы дается описание оптимальной структуры миграции, формируются рекомендации, необходимые для достижения значений управляемых параметров миграционной системы. Возможен вариант решения обратной задачи: как должна развиваться экономика региона, чтобы достичь необходимого уровня мощности и интенсивности миграционных потоков. Присутствует возможность получения прогнозных значений для миграционных потоков, если в результате работы модели будет отражаться некоторая закономерность поведения населения данной территории.

Примером служит разработанная математическая модель задачи оптими-

зации миграции между территориями муниципального уровня [8]. Ее целью являлось решение проблемы трудовой занятости населения моногородов в Свердловской области за счет эффективной внутренней миграции. Решение оптимизационной задачи разбивается на два этапа: сначала построение допустимого базисного плана, затем – оптимального плана трудоустройства работников между муниципалитетами. Разделение сложной задачи на ряд простых можно назвать главным достоинством метода. При реализации модели возникает ряд проблем, например неустойчивость оптимального решения с течением времени, максимизация критерия оптимальности. Анализ модели показал, что применение метода оптимизации при моделировании миграционных процессов также является несовершенным.

В работах по миграции показан интерес к определению причин миграционных процессов в различных странах. В качестве основных факторов, влияющих на ход миграции, выступают экономические факторы (заработная плата, уровень безработицы, доходы). Большое внимание уделяется демографическим показателям.

При анализе традиционных методов моделирования миграционных процессов можно выделить ряд общих проблем: недостаточность исходной информации, высокая погрешность в ходе вычислений, методы не позволяют моделировать миграцию, приближенную к реальности и другие.

Чтобы решить обозначенные проблемы, необходимо использовать современные методы моделирования миграционных процессов. К ним относятся нейросетевое и имитационное моделирование. Такие подходы используют опыт моделирования с помощью традиционных методов, объединяя в себе статистический и регрессионный анализ, построе-

ние функций и др. Одним из требований является наличие специализированного программного обеспечения.

Создается некоторое искусственное общество, состоящее из определенной территории, а именно страны (набора стран) или региона (набора регионов), где «живут» агенты – мигранты, которые наделены одинаковыми познавательными способностями, но имеют различия в заданных исходных параметрах. Агенты в модели могут быть разделены по определенному признаку (например, этнические, религиозные группы), присутствует возможность наличия отдельных агентов-одиночек. Участники модели имеют способность обмениваться информацией, общаться, тем самым имитируя поведение реальных людей в ходе миграционного процесса.

Для имитации описанного механизма можно использовать нейронные сети, основанные на механизме работы нервной системы человека. Основным элементом является персептрон с тремя нейронами (два входа и один выход). Агенты в модели реагируют на внешние стимулы, представляющие собой булевы функции. Посредством реакции с помощью экспериментальных изменений значений сети приобретается новый опыт [23]. Агенты погружены в такую среду, где им необходимо преодолеть трудности, и чем сложнее задавались трудности, тем меньше становилось агентов-одиночек. Модель была написана на языке C++ и тестировалась 1000 раз с различными значениями таких параметров, как зависимость уровня доходов к числу трудящихся и возможного количества ошибок, возникающих при реагировании агентами на внешние стимулы для того, чтобы получить вознаграждение. В результате исследования был сделан вывод о том, что социальные сети для мигрантов играют важную роль в выборе направления переезда, так как

выгоднее ехать туда, где есть поддержка в лице родственников, соотечественников, знакомых и друзей.

Такая модель представляет приближенную к реальности систему миграции. Результаты на выходе имеют высокое качество и реально приносят пользу при дальнейшем исследовании миграции, формировании группы факторов, составлении демографической политики государства.

Нейронные сети могут быть хорошей основой для агент-ориентированного моделирования (АОМ), в последние десятилетия получившего значительное развитие. Метод АОМ заменил множество других, так как одним из его преимуществ является то, что он учитывает динамику процессов (действие существующих причинно-следственных связей) [13].

Ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН д-р экон. наук А.Р. Бахтизин определяет агент-ориентированные модели (АОМ) как специальный класс моделей, основанных на индивидуальном поведении агентов и создаваемых для компьютерных симуляций [2, с. 12]. Агенты в такой модели обладают следующими свойствами:

- 1) автономия (агенты существуют и действуют независимо друг от друга);
- 2) отсутствие единой регулирующей системы;
- 3) действия агентов не контролируются по отдельности;
- 4) взаимодействие на уровнях осуществляется таким образом, что на макроуровне задается общий для всех агентов набор правил, а совокупность действий агентов микроуровня может оказывать воздействие на параметры работы микроуровня;
- 5) неоднородность (агенты не идентичны друг другу);
- 6) ограниченная интеллектуальность агентов;
- 7) расположение в пространстве (сложная структура модели, которая мо-

жет быть представлена в многомерном пространстве) [3, с. 24].

Характеристики экономической системы и по аналогии построенной АОМ имеют большую схожесть [4]. Набор элементов в модели идентичен набору элементов реальной системы. Существуют правила, которые характеризуют взаимодействие в случае реальной системы – объектов между собой и окружающей средой, а в случае модели – агентов между собой и окружением. Поведение системы и результат моделирования зависят от составляющих объектов и их взаимодействия друг с другом как внутри системы, так и в модели.

Особенность агент-ориентированных моделей заключается в возможности помещать в них большое число агентов, взаимодействующих друг с другом. Агенты могут быть агрегированными и представлять собой область, регион или совокупное хозяйство. Существует два подхода, которые вовлекают таких агентов в работу. Один из них представляет собой оптимизацию определенной функции полезности, а второй – включение в модель рассчитанных экзогенных параметров, отражающих результаты решений агента. Такие подходы не всегда позволяют получить в рамках модели реалистичные оценки агрегированных агентов. При использовании в АОМ более детальной спецификации агентов микроуровня можно добиться того, что изменения параметров макроуровня будут более адекватны действительности [12, с. 4].

Первая АОМ была разработана в середине XX века. Считается, что первоосновой выступил принцип работы машины Джона фон Неймана – теоретической машины, способной к воспроизводству.

Имитация миграционных процессов с использованием метода АОМ широко описана в зарубежных работах. Например, немецкий экономист А. Клебанд

представила модель [17], которая показывает процесс повторных трудовых миграций с целью изучения факторов, определяющих передвижения, на примере трудовой циклической миграции из Мексики в США.

Еще одним примером является разработанная для изучения динамики миграции АОМ, представляющая популяции населения в виде искусственных сообществ агентов, принимающих решение о миграции [19]. Агент – индивидуум, относящийся к определенной возрастной и социальной группе. В модели определены экономические, социальные, экологические факторы, которые могут повлиять на ход миграционных процессов. Агенты объединены в сеть на основе подобия, существует возможность обмениваться информацией внутри нее. Связи строятся с помощью набора характеристик, объединенных в уравнение. Динамические сети не были включены в АОМ, так как они не показывали реальных результатов, в отличие от статических сетей, и являлись очень дорогостоящими в реализации.

В отечественном опыте моделирования с помощью агент-ориентированного подхода можно выделить имитационную модель миграции [7, с. 37-46] В.Л. Макарова, А.Р. Бахтизина и Е.Д. Сушко. Они использовали метод передвижки возрастов, который подразумевает под собой классифицированные по половому признаку выжившие индивиды, ставшие на год старше и участвующие в миграции. Прослеживается динамика показателя миграции населения, строится соответствующий индекс, необходимый для дальнейшего прогнозирования. Реализация происходит в среде программирования AnyLogic.

Соответственно, можно сделать вывод, что АОМ имеет явное преимущество над традиционными методами, но в то же время оно тесно связано с ними.

В ходе работы аналитические методы позволяют нам охарактеризовать равновесие системы, а современный метод – исследовать возможность получения этого состояния. Такие понятия, как сложные системы, вычислительная социология, системы с множеством агентов, эволюционное программирование и другие, имеют непосредственное отношение к компьютерным симуляциям. Стоит отметить необходимость глубоких теоретических знаний по тематике моделирования (в данном случае – по миграции), так как необходимо понимать все нюансы, которые могут проявиться в ходе работы. Очень важно правильно произвести расстановку агентов, наделить их свойствами, характеристиками и связями в начале моделирования.

Анализируя метод АОМ, можно выделить ряд его недостатков. Для того чтобы начать моделировать, нужно тщательно изучить миграцию, а это требует временных ресурсов. Затем для построения модели необходимо специализированное программное обеспечение, которое

в настоящее время находится только в платном доступе. Данные недостатки относятся к организационной части моделирования. Существует недостаток, который относится к «жизни» искусственного сообщества агентов. Агенты, зная или чувствуя, что за ними наблюдают, могут изменить свое обычное поведение (Хауторнский эффект). Такой эффект может присутствовать, если при использовании системы предполагается участие людей. Однако перечисленные недостатки являются несущественными, так как в ходе построения и отладки модели есть возможность менять условия, которые создаются для агентов в ходе миграции.

При изучении подходов к моделированию миграционных процессов был проведен их сравнительный анализ (табл. 2).

По результатам сравнительного анализа можно сделать вывод, что, несмотря на уровень сложности освоения метода моделирования, высокую трудоемкость построения модели, требование к наличию у разработчика навыков программирования, агент-ориентированный метод

Таблица 2. Сравнительный анализ подходов к моделированию миграционных процессов

Критерий	Традиционные модели миграции				Современные модели миграции	
	Гравитационные модели	Регрессионные модели	Марковские модели	Оптимизационные модели	Нейросетевые модели	Агент-ориентированные модели
Уровень сложности освоения метода моделирования	высокий	средний	средний	легкий	сложный	сложный
Качество прогнозирования	низкое	среднее	низкое	среднее	высокое	высокое
Трудоемкость построения модели	низкая	низкая	низкая	низкая	высокая	высокая
Возможность включения факторов в ходе работы модели	нет	нет	нет	нет	есть	есть
Использование математического аппарата	да	да	да	да	да	да
Учет основных факторов миграционного процесса при построении модели	частично	частично	частично	частично	да	да
Учет дополнительных факторов миграционного процесса при построении модели	нет	частично	частично	частично	да	да
«Прозрачность» модели	высокая	высокая	высокая	высокая	низкая	высокая
Необходимость наличия специализированного программного обеспечения	нет	нет	нет	нет	да	да
Наличие навыков программирования	не требуется	не требуется	не требуется	не требуется	требуется	требуется
Возможность разрабатывать управленческие стратегии на основе результатов моделирования	нет	есть	есть	есть	есть	есть
Источник: Составлено автором.						

имеет ряд преимуществ по сравнению с другими подходами: учет основных и дополнительных факторов, их включение в ходе моделирования, высокое качество прогнозирования, «прозрачность» модели и возможность разработки управленческих стратегий.

Изучение подходов к моделированию миграции позволяет сделать вывод о том, что использование традиционных методов полезно для анализа равновесия системы миграционного движения. Агент-ориентированные модели выступают в роли вариантов получения такого состо-

яния и могут объяснить причины возникновения различных явлений.

Таким образом, был проведен сравнительный анализ подходов к моделированию миграции. Среди традиционных и современных моделей миграции самой актуальной является агент-ориентированная модель. С помощью метода АОМ можно создать модель, максимально приближенную к реальности, способную производить качественные прогнозы. На основании выходных данных можно будет формировать эффективную государственную миграционную политику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартоломью, Д. Д. Стохастические модели социальных процессов [Текст] / Д. Д. Бартоломью ; пер. с англ. В. Б. Езерова, А. Л. Коница. – М. : Финансы и статистика, 1985. – 295 с.
2. Бахтизин, А. Р. Агент-ориентированные модели экономики [Текст] / А. Р. Бахтизин. – М. : Экономика, 2008. – 279 с.
3. Бахтизин, А. Р. Новый инструментарий в общественных науках – агент-ориентированные модели: общее описание и конкретные примеры [Текст] / А. Р. Бахтизин, В. Л. Макаров // Актуальные проблемы экономики управления. – 2009. – № 12 (50). – С. 13–25.
4. Гулин, К. А. Российский и зарубежный опыт интеграции агент-ориентированных моделей и геоинформационных систем [Текст] / К. А. Гулин, А. И. Россошанский // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 5 (47). – С. 141–157.
5. Изард, У. Методы регионального анализа: введение в науку о регионах [Текст] / У. Изард. – М. : Прогресс, 1968. – 659 с.
6. Курман, М. В. Актуальные вопросы демографии: демографические процессы в СССР в послевоенный период [Текст] / М. В. Курман. – М. : Статистика, 1976. – 220 с.
7. Макаров, В. Л. Моделирование демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода [Текст] / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Е. Д. Сушко // Федерализм. – 2014. – № 4. – С. 37–46.
8. Некрасова, Е. В. Оптимизация внутренней миграции как механизм решения проблем моногородов Свердловской области [Текст] / Е. В. Некрасова // Экономика региона. – 2012. – № 2 (30). – С. 315–320.
9. Переведенцев, В. И. Методы изучения миграции населения [Текст] / В. И. Переведенцев. – М. : Наука, 1975. – 232 с.
10. Прикладное прогнозирование национальной экономики [Текст] : учебное пособие / В. В. Ивантер, И. А. Буданова, А. Г. Коровкина, В. С. Сутягина. – М. : Экономистъ, 2007. – 896 с.
11. Рыбаковский, Л. Л. Демографический понятийный словарь [Текст] / Л. Л. Рыбаковский. – М. : ЦСП, 2003. – 352 с.
12. Чекмарева, Е. А. Новое в методологии исследования социального пространства, или Что такое агент-ориентированное моделирование? [Электронный ресурс] / Е. А. Чекмарева // Социальное пространство. – 2016. – № 4. – Режим доступа : <http://sa.vscs.ac.ru/article/2016>
13. Чекмарева, Е. А. Обзор российского и зарубежного опыта агент-ориентированного моделирования сложных социально-экономических систем мезоуровня [Текст] / Е. А. Чекмарева // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 2 (44). – С. 225–246.
14. Щепаньский, Я. Элементарные понятия социологии [Текст] / Я. Щепаньский. – М. : Прогресс, 1969. – 230 с.

15. Converse, P. D. New Laws of Retail Gravitation [Electronic resource] / P. D. Converse // Journal of Marketing. – 1949. – № 3. – Available at : <http://www.jstor.org/stable/1248191>
16. Hirst, M. A. A Markovian Analysis of Inter-Regional Migration in Uganda [Electronic resource] / M. A. Hirst // Geografiska Annaler. Series B, Human Geography. – 1976. – № 58 (2). – Available at : <http://www.jstor.org/stable/490612>
17. Klabunde, A. Computational Economic Modeling of Migration [Text] / A. Klabunde // Ruhr Economic Papers. – 2014. – № 471. – P. 15.
18. Lee, E. S. A Theory of Migration [Text] / E. S. Lee // Demography. – 1966. – № 1. – P. 47–57.
19. Lowry, I. S. Migration and metropolitan growth: two analytical models [Text] / I. S. Lowry. – San Francisco : Chandler Publishing Company, 1966. – 118 p.
20. Ravenstein, E. G. The Laws of Migration [Electronic resource] / E. G. Ravenstein // Journal of the Statistical Society of London. – 1885. – № 2. – Available at : <http://www.jstor.org/stable/2979181>
21. Reilly, W. J. The law of retail gravitation [Text] / W. J. Reilly. – N. Y., 1953. – 75 p.
22. Stouffer, S. A. Intervening Opportunities: A Theory Relating Mobility and Distance [Electronic resource] / S. A. Stouffer // The American Sociological Review. – 1940. – № 6. – Available at : <http://www.jstor.org/stable/2084520>
23. Svarc, P. Modeling Migration Using Neural Networks [Text] / P. Svarc // Charles University in Prague, 2005. – 14 p.
24. Young, E. C. The Movement of the Farm Population. Bulletin 426 [Text] / E. C. Young // Ithaca: New York Agricultural Experiment Station, 1924. – 91 p.
25. Zhang, Q. Agent based modeling of population dynamics in municipalities: Migration in the Derbyshire & Nottinghamshire cases in the UK [Text] / Q. Zhang, W. Jager // Report for the EU Prima project, 2011. – 52 p.
26. Zipf, G. K. Human Behavior and the Principle of Least Effort [Electronic resource] / G. K. Zipf // The Economic Journal. – 1950. – Available at : <http://www.jstor.org/stable/2226729>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Корепина Татьяна Андреевна – старший лаборант с высшим образованием отдела исследования уровня и образа жизни населения. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт социально-экономического развития территорий Российской академии наук. Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а. E-mail: korepina-tatyana@mail.ru. Тел.: (8172) 59-78-10.

Korepina T.A.

Comparative Analysis of Approaches to Migration Simulation

The article is devoted to comparative analysis of approaches to migration simulation. It reviews the evolution of different techniques, their advantages and disadvantages. In connection with the intensification of population movements within and between countries in the early 1900s necessitated the emergence of migration simulation processes. Simulation models corresponding to this period took into account only the main factors (e.g., population in centers and the distance between these centers) which influence migration processes. The first migration simulation models are described in the works of both foreign and domestic scientists. Their building is based on the principles of the universal law of gravitation; that is why they are called gravitation models. The article shows that this technique has helped describe the process of population movements and forecast migration processes. It is noted that the forecast quality can be affected by the factors which are not taken into account in simulation. The method of constructing gravitation models is currently in the basis of simulation. Modern migration process simulation practice uses statis-

tical, mathematical and econometric methods. They are used to conduct analysis of migration processes balance. The agent-based approach is an innovative method in migration simulation. It helps build a model as close as possible to reality. The implementation of this approach requires software, as well as significant time expenditure for its study and specifically for simulation. At the same time, comparative analysis of approaches to migration simulation has shown the superiority of agent-based simulation over other techniques. The advantage is that the result is a model close to reality, which can be used to carry out qualitative forecasting. According to the results of simulation it is possible to give recommendations for the development of the effective state migration policy, which is relevant at the present time. The originality of the research consists in generalization, systematization and comparative analysis of the main approaches to migration simulation.

Simulation, migration process, migration factors, simulation methods, agent-based model.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Korepina Tat'yana Andreevna – Senior Laboratory Assistant with higher education at the Department for Research of Living Standards and Lifestyles. Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Socio-Economic Development of Territories of Russian Academy of Science. 56A, Gorky Street, Vologda, Russia, 160014. E-mail: korepina-tatyana@mail.ru. Phone: (8172) 59-78-10.