

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №5, Том 11 / 2019, No 5, Vol 11 <https://esj.today/issue-5-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/17ECVN519.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Дорошенко Т.А. Разработка агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона // Вестник Евразийской науки, 2019 №5, <https://esj.today/PDF/17ECVN519.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Doroshenko T.A. (2019). Development of an agent-based model of educational migration in the region. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(11). Available at: <https://esj.today/PDF/17ECVN519.pdf> (in Russian)

УДК 314.83

ГРНТИ 05.21.39

Дорошенко Татьяна Андреевна

ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», Вологда, Россия

Аспирант

E-mail: korepina-tatyana@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7958-8801>

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=895668

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/V-3757-2017>

Разработка агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона

Аннотация. Статья посвящена разработке агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона. Современный этап построения компьютерных моделей ориентирован на максимально приближенное отображение реальных свойств системы. Моделирование миграционных процессов направлено на объяснение наблюдаемого процесса территориального перемещения населения, а также прогнозирование миграционных потоков в будущем. Целью исследования является разработка агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона, имитирующий процесс перемещений населения в связи с учебой с учетом миграционных установок отдельных агентов-людей, поведения образовательных организаций и политики региональных органов властей. В модели выделены три типа агентов: агент «Человек», агент «Образовательная организация», агент «Власть». Каждый из них наделен характеристиками, которые представлены в виде параметров. Результаты работы агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона отражает реальную ситуацию с оттоком молодежи в возрасте 17 лет за пределы региона. Модель реализована в имитационной среде моделирования AnyLogic (версия Learning Edition). В основу легли эмпирические данные по образовательной миграции населения Вологодской области, источниками которых стали: Федеральная служба государственной статистики по Вологодской области, Мониторинг трудового потенциала населения Вологодской области (Вологодский научный центр Российской академии наук), проект «Профорентация как основа управления процессами миграции обучающихся Вологодской области» (Вологодский институт развития образования). Новизна исследования состоит в разработке авторской агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона, позволяющей проводить вычислительные эксперименты и апробировать управленческие решения на искусственном обществе для выработки и обоснования наиболее оптимальных для внедрения мер. Результаты работы будут полезны исследователям в области

образовательной миграции, а также при дальнейшем совершенствовании модели и добавления в нее новых возможностей органам власти.

Ключевые слова: образовательная миграция; агент-ориентированная модель; население; демография; регион; абитуриент; образовательная организация

Введение

Миграционные перемещения населения, происходящие на территориях отдельных субъектов, являются одной из важных составляющих демографических процессов региона и страны в целом. Образовательная миграция молодежи занимает лидирующую позицию после перемещений по семейным обстоятельствам, поэтому ее изучение является актуальным и приобретает популярность как среди современных ученых, так и органов власти. Для того, чтобы попытаться понять причины массового оттока населения и впоследствии выработать рекомендации по регулированию данного демографического процесса нами была предпринята попытка компьютерного моделирования на примере населения Вологодской области.

Моделирование миграционных процессов берет свое начало в XX веке, целью которого всегда было и остается объяснение наблюдаемых процессов и прогнозирование их в будущем. В 1924 году была представлена одна из первых математических моделей миграции, которая относилась к виду гравитационных [1]. На протяжении нескольких десятков лет данный подход применялся в исследованиях различных демографов, однако результаты не представляли подробное описание и не приводили качественную оценку миграционного процесса. Большое количество математических методов от гравитационных до оптимизационных подходов помогали представлять реальный процесс лишь поверхностно, не учитывая все особенности, причины и факторы миграции [2].

Решением данной проблемы стали агент-ориентированные демографические модели. Агент-ориентированная модель – это специальный класс моделей, основанных на индивидуальном поведении агентов и создаваемых для компьютерных симуляций [3]. В последние десятилетия компьютерное моделирование позволяет представить реальный процесс перемещения максимально реалистичными благодаря включению процессов принятия решений. В ходе моделирования основное внимание уделяется отдельным агентам, их взаимодействию друг с другом и средой, в которую они помещены, процессу принятия решений о миграции.

Наша работа посвящена разработке агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона, имитирующий процесс перемещений молодежи в возрасте 17 лет с учетом их миграционных установок, поведения образовательных организаций и политики региональных органов властей.

Миграция является актуальной темой в демографических исследованиях, и ее значение продолжает расти. Агент-ориентированные модели, в которых отражен процесс принятия решений о миграции только начинает развиваться. Первые попытки являются многообещающими и прокладывают путь для нового поколения моделей, которые могут предсказать, кто будет мигрировать, почему они будут мигрировать и когда они будут мигрировать [4].

На рисунке 1 с помощью сплошных стрелок изображены основные этапы построения агент-ориентированной демографической модели. В результате их последовательного выполнения создается вычислительная модель. В некоторых случаях по результатам работы модели возникает необходимость дальнейшего сбора данных, отражающих особенности реального процесса и которые ранее не были учтены.

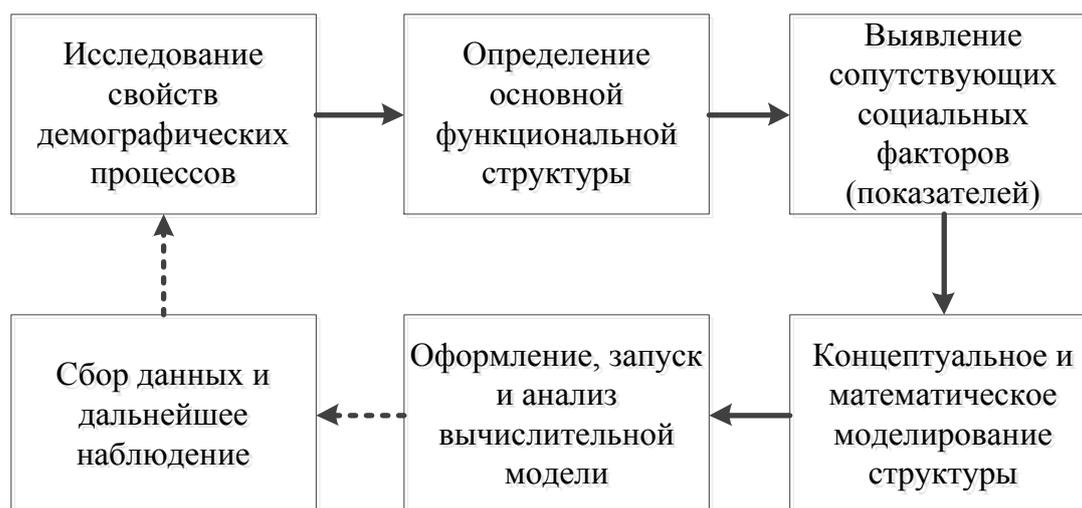


Рисунок 1. Основные этапы построения демографической агент-ориентированной модели (источник: перевод автора по [5])

В статье представлены два этапа построения демографической агент-ориентированной модели: концептуальное и математическое моделирование структуры; оформление, запуск и анализ вычислительной модели.

Методология

Перед тем, как переходить к этапу разработки модели нами были проведены теоретические и эмпирические исследования по образовательной миграции населения.

Теоретической базой послужили труды отечественных и зарубежных ученых.

Теоретико-методологическим вопросам миграционных процессов посвящены труды таких демографов, как Е. Равеншейн [6], Я. Щепаньский [7], М.В. Курман [8], В.И. Переведенцев [9], Л.Л. Рыбаковский, Л.Л. Локосов [10], В.А. Ионцев [11], В.А. Волох [12], С. Кастлз [13], Ш.Н. Айзенштадт [14], Н. Гонзалес [15] и др.

Вопросы образовательной миграции отражены в трудах таких российских ученых, как Л.Л. Рыбаковский [16], В.А. Ионцев [11], Е.Я. Варшавская, О.С. Чудиновских [17], Л.И. Леднева [18] и др.

Теоретические и практические вопросы агент-ориентированного моделирования представлены в исследованиях следующих ученых: Дж. фон Неймон [19], Р. Аксельрод [20], Л. Хамил, Н. Гилберт [21] и др.

Развитие агент-ориентированного подхода к моделированию сложных социально-экономических систем отражено в работах таких отечественных ученых, как В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин [22], Е.Д. Сушко [23] и др.

В ходе изучения трудов и проведения систематизации имеющихся знаний по образовательной миграции было сформулировано определение данного процесса, которое заключается в территориальных перемещениях населения между разными населенными пунктами на длительный срок, совершаемые с целью получения образования. Также отмечается, что образовательная миграция относится к социальному виду и является возвратным процессом.

Информационной базой послужили статистические и социологические данные, источниками которых послужили:

1. Федеральная служба государственной статистики.
2. Мониторинг качества трудового потенциала населения Вологодской области, ФГБУН ВолНЦ РАН. Объем ежегодной выборки – 1500 респондентов. Проводится в г. Вологде, г. Череповце и 8 районах Вологодской области раз в 2 года.
3. Опрос выпускников школ Вологодской области в рамках межведомственного областного проекта «Проориентация как основа управления процессами миграции обучающихся Вологодской области», АОУ ВО ДПО «Вологодский институт развития образования», 2018 г.

Проведение теоретических исследований в области образовательной миграции, а также сбор и обработка данных позволили подробнее изучить рассматриваемый процесс и сформировать общие тенденции перемещения молодежи с целью его дальнейшего моделирования, которые представлены в предыдущих публикациях по данной тематике [2; 24].

Например, выделенные факторы образовательной миграции, среди которых наличие бюджетных мест, наличие общежития, отсутствие образовательной организации легли в основу процесса принятия решения относительно места получения образования, а, следовательно, и отъезда из региона.

После всестороннего изучения явления образовательной миграции одним из важнейших этапов агент-ориентированного моделирования стало построение концептуальной модели.

Применительно к агент-ориентированному моделированию описание концепции модели является важным этапом к построению концептуальной модели, которая представляет собой систематизированное содержательное описание системы (или проблемной ситуации) на неформальном языке. Как отмечает специалист в области имитационного моделирования Н.Н. Лычкина «на основании неформализованного описания осуществляется разработка более строгого и подробного формализованного описания» [25, с. 93].

Исследователем в области агент-ориентированного моделирования Е.А. Чекмаревой были выделены следующие вопросы, на которые должен был ответить разработчик модели в ходе формирования ее концепции:

- Каков общий замысел модели?
- Какие допущения мы делаем в модели?
- Какие типы агентов требуются в модели в соответствии с ее замыслом?
- Какие характеристики, существенные для отображения моделируемого процесса, они должны иметь?
- Что будет являться средой в модели?
- Как агенты будут взаимодействовать между собой и с внешней средой (поведение агентов) [26]?

В ходе нашего исследования была принята попытка ответить на представленный перечень вопросов.

1. При формировании концепции агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона был определен ее общий **замысел**, который заключается в имитации процесса образовательной миграции населения региона с учетом миграционных установок отдельных агентов-людей, поведения образовательных организаций и политики региональных органов власти.

2. Допущения модели:

- Участниками образовательной миграции являются выпускники общеобразовательных организаций (школ) в возрасте 17 лет. Это объясняется тем, что на основании предыдущих этапов исследования было выявлено, что население данного возраста является наиболее мобильным в контексте получения профессионального образования. Также наличие данных сплошного обследования выпускников 11 классов общеобразовательных учреждений позволяет наиболее точно описать поведение участников образовательной миграции.

- Человек считается образовательным мигрантом в том случае, если имеет временную регистрацию по месту пребывания (месту получения образования).

- Образовательные организации разделены на два типа: внутренние, находящиеся на территории региона; внешние, находящиеся за пределами рассматриваемого региона.

- В случае поступления во внешнюю образовательную организацию, человек считается образовательным мигрантом на межрегиональном уровне. Возвратность в модели не учитывается по причине отсутствия данных.

3. В модели будут представлены **три типа агентов**, каждый из которых характеризуется основными характеристиками, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Типы агентов в агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона

Тип агента	Характеристики	Поведение агента
Человек в компьютерной реализации модели обозначен как People	Пол; Уровень образования; Миграционные установки; Значение факторов, влияющих на принятие решения о переезде	Выбор образовательной организации -> принятие/непринятие решения о переезде
Образовательная организация (ОО) в компьютерной реализации модели обозначен как EducationOrganization	Количество бюджетных мест; Наличие общежития; Стоимость обучения; Наличие грантов на обучение и стипендии; Рейтинг среди других ОО	Установка проходных баллов; Зачисление / отказ в зачислении ОО; Открытие новых специальностей; Установка количества платных мест; Определение стоимости обучения
Управленцы (органы власти, регулирующие образовательную деятельность)	Агент в модели присутствует в неявном виде	Поведение задается экзогенно; задание числа бюджетных мест; введение дополнительных региональных стипендий. Функционирование происходит за счет изменения управляемых параметров модели
Источник: Составлено автором.		

Агенты типа «Человек» представляют собой выпускников 11 классов общеобразовательных организаций (школ) Вологодской области. На основании сформированной в ходе исследования базы данных все школьники были разделены на три группы (рисунок 2).



Рисунок 2. Концептуальная схема образовательной миграции населения региона (источник: составлено автором)

Первая из них представляет собой выпускников, которые поступили в медицинские университеты. Исходя из того, что высшие медицинские учебные заведения в Вологодской области отсутствуют, то при условии поступления на учебу индивид покидает свой регион.

Ко второй группе относятся индивиды, которые поступили на специальности, отличные от медицинских. Рейтинг направлений профессиональной подготовки в высших учебных заведениях, на которые поступили выпускники общеобразовательных организаций Вологодской области в 2018 году представлен на рисунке 3.

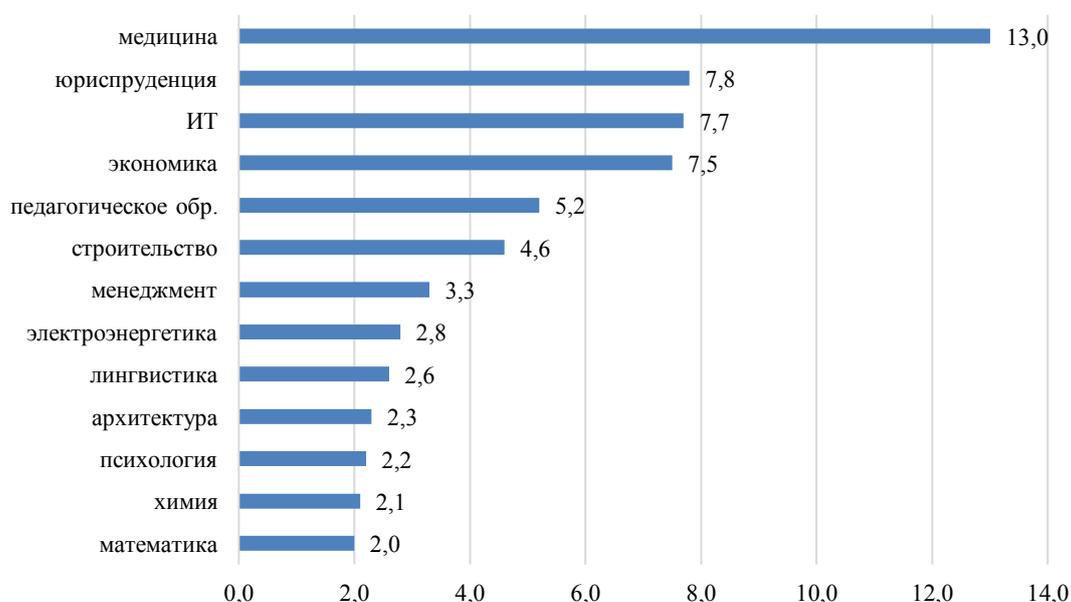


Рисунок 3. Рейтинг предпочитаемых направлений подготовки выпускниками общеобразовательных организаций, % от количества выпускников

Источник: расчеты автора по данным сплошного обследования (опроса) выпускников школ Вологодской области в рамках межведомственного областного проекта «Профориентация как основа управления процессами миграции обучающихся Вологодской области» (Вологодский институт развития образования, 2018).

Обучение по данным направлениям (юриспруденция, информационные технологии, экономика, педагогическое образование и др.) присутствуют в вузах Вологодской области. Поэтому, представители данной группы выбирают в соответствии с факторами, влияющими на принятие решения относительно места получения образования подходящую для них образовательную организацию. Очевидным также является то, что при выборе внешней образовательной организации в случае поступления индивид покинет регион.

Стоит отметить, что в ходе принятия решения о месте получения образования все абитуриенты разбиваются на подгруппы:

1. «Малообеспеченные» – те, для кого важны такие факторы, как наличие бюджетных мест, общежития, отсутствует финансовая возможность для переезда и обучения в другом городе.
2. «В погоне за престижем» – те, для кого важны такие факторы, как престиж образовательной организации, желание жить в крупном городе, и не важны – стоимость обучения, так как присутствует финансовая возможность для дальнейшего получения образования.
3. «Тесные семейные связи» – те, для кого важны такие факторы, как поддержка родителей, близость к дому, семейные традиции.
4. «Забота о будущем» – те, для кого важны такие факторы, как качество обучения и дальнейшее трудоустройство.
5. «Лишь бы поступить и уехать» – те, для кого важны такие факторы, как наличие бюджетных мест при том, что отсутствуют тесные семейные и дружественные связи по месту жительства.

Третья группа состоит из выпускников, которые никуда не смогли поступить, поэтому мы принимаем решение их отнести к группе, где образовательная миграция отсутствует, то есть они остаются на прежнем месте жительства.

Агент «Управленцы», как уже было ранее отмечено задан в неявном виде. Воздействие на поведение остальных агентов происходит посредством регулирования отдельных параметров агента «Образовательная организаций». К таким параметрам относится количество бюджетных мест у внутренних образовательных организаций, наличие общежития и свободных мест в нем, рейтинг вузов Вологодской области, выделение дополнительных стипендий.

4. **Средой**, в которую помещены агенты, является территория Вологодской области с ее образовательной средой. Стоит также обратить внимание на то, что для одного выбранного агента средой может являться и совокупность других агентов, создающий условия для совершения образовательной миграции. Например, отдельный агент-человек живет на территории Вологодской области, где уже существует комплекс образовательных учреждений с определенными характеристиками и существующими системами управленческого воздействия со стороны органов государственной власти. Все это является средой для отдельного агента типа «Человек».

Таким образом, представленная концептуальная модель соответствует реальной системе, в которой выпускник после окончания школы выбирает направление обучения,

образовательную организацию и принимает решение о миграции. Построенная концептуальная схема ложится в основу конструирования агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона.

Реализация агент-ориентированной модели образовательной миграции населения региона происходит в имитационной среде моделирования AnyLogic, версия – Personal Learning Edition¹. Данная версия предоставляет возможность проводить базовую отладку модели, создавать 2D и 3D анимацию, использовать управляемые элементы, работать с базами данных, что для нас является важным моментом. Встроенным языком программирования в программном продукте является Java.

Запуск агент-ориентированной модели образовательной миграции начинается со стартовой страницы.

Стартовая страница (рис. 4) отражает название модели, кнопку запуска (старта) и карту Вологодской области с разбиением на районы. Оттенки зеленого цвета характеризуют уровень образовательной миграции определенного района: темно зеленый – высокий уровень, светло-зеленый – низкий.

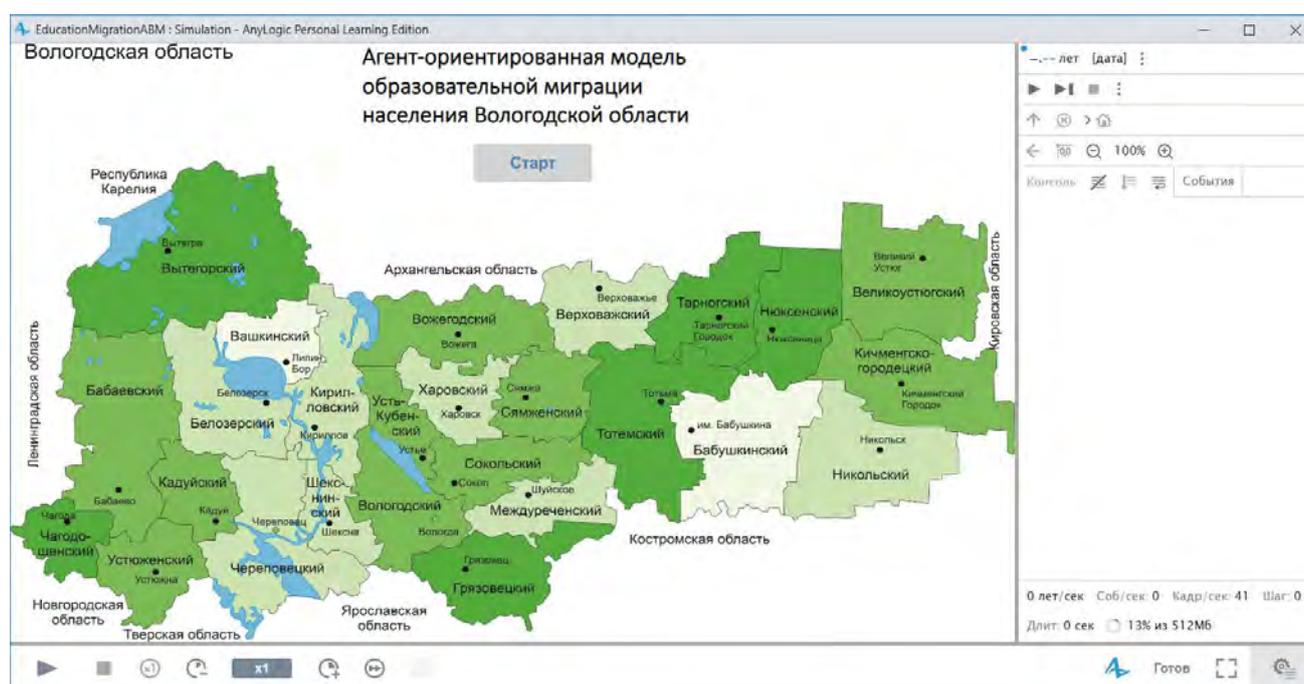


Рисунок 4. Стартовая страница модели

Первым этапом построения модели послужило задание имени – EducationMigrationABM, модельного времени – год, создание трех типов агентов.

Процесс описания поведения агентов происходил разными способами. Например, популяция агентов People (агент типа «Человек») задается табличной функцией (tableFunction), где аргументом является год, а значением функции – количество человек в возрасте 17 лет.

Для прогнозирования численности населения в возрасте 17 лет был использован метод передвижки возрастов. В таблице 2 отражены данные до 2038 года.

¹ Версия AnyLogic Personal Learning Edition находится в свободном доступе на официальном сайте компании AnyLogic (<https://www.anylogic.ru/downloads/>) и предназначена только для образовательных целей.

Таблица 2

Прогноз численности населения Вологодской области в возрасте 17 лет, чел.

Год	Всего населения	Мужчины	Женщины
2018	10771	5549	5222
2019	10986	5671	5315
2020	11635	6088	5547
2021	11987	6216	5771
2022	12135	6272	5863
2023	11719	6041	5678
2024	12013	6071	5942
2025	12876	6619	6257
2026	13213	6823	6390
2027	13480	7046	6435
2028	13402	7005	6397
2029	14307	7356	6951
2030	15386	7930	7456
2031	15044	7844	7200
2032	14806	7690	7116
2033	14951	7706	7245
2034	14377	7357	7020
2035	12325	6320	6005
2036	11306	5950	5356
2037	10805	5686	5119
2038	10340	5442	4899

Источник: расчеты автора на основе данных Федеральной службы государственной статистики по Вологодской области

Однако из общего числа населения за один год для моделирования выбиралась совокупность выпускников школ. Остальная часть населения не бралась в учет (среди них обучающиеся средних профессиональных организаций и остальное население возраста 17 лет).

В ходе работы модели каждый такт модельного времени создается популяция агентов численностью равной количеству выпускников общеобразовательных организаций (11 классов). Затем каждый агент наделялся характеристиками (параметрами), которые представлены в таблице 3.

Таблица 3

Параметры агента People

Параметр	Расшифровка	Параметр	Расшифровка
a1	близость к дому	a12	другое
a2	наличие бюджетных мест	в1	отсутствие финансовой возможности
a3	наличие общежития	в2	личные сомнения
a4	поддержка родителей	в3	мнение родителей
a5	дальнейшее трудоустройство	в4	не смог поступить
a6	качество обучения	в5	состояние здоровья
a7	престиж ОО	в6	другое
a8	выбор друзей	с1	отсутствие ОО
a9	стоимость обучения	с2	отсутствие обучения по желаемой специальности
a10	семейные традиции	с3	нет бюджетных мест
a11	желание жить в более крупном городе	с4	другое

studyWish – предпочитаемые направления обучения

Составлено автором

Диаграмма состояний, которая изображена на рисунке 5, показывает, как из стартового состояния агента распределяются по трем группам: медицина (medic), другие направления обучения (other), не поступил (notEnter).

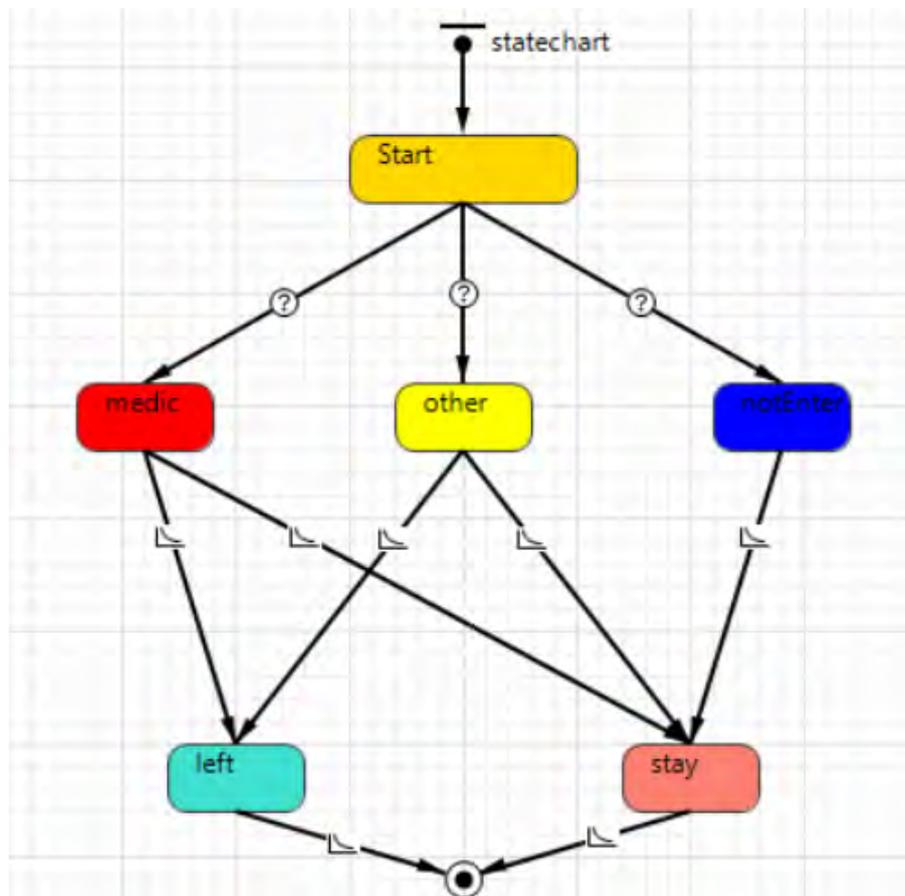


Рисунок 5. Диаграмма состояний агента *People* (агента «Человек»)

Основанием для попадания в группы является эмпирическое распределение. В зависимости от заданных параметров агентов каждой группы и в соответствии с параметрами агента *EducationOrganization* (агент «Образовательная организация») и условиями концептуальной модели все население разделяется на тех, кто уехал (*left*) и тех, кто остался (*stay*). В конце каждого такта модельного времени происходит удаление всех агентов популяции.

Полученные числовые данные распределения выпускников по группам позволяют оценить процесс образовательной миграции в будущем (таблица 4). В каждый последующий год доля уехавших выпускников школ от их общего значения варьируется в диапазоне от 35,2 % до 49 %. Наблюдается тенденция к небольшому увеличению уезжающей молодежи за пределы региона.

Таблица 4

Доля уехавших выпускников от их общего количества

Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Доля, %	42,7	46,6	45,9	42,7	45,5	44,4	48,5	49,0	43,2	43,5

На рисунке 6 и рисунке 7 показан вид графиков и диаграмм, которые отражают динамику образовательной миграции молодежи.

Диаграмма, которая изображена на рисунке 5 показывает динамику популяции в каждый последующий год. По оси абсцисс задано время (первый год соответствует 2018 году, второй – 2019 году, третий – 2020 году и т. д.).

Стоит заметить наличие слайдеров, регулирующие рейтинг образовательной организации, количество бюджетных мест и количество мест в общежитии (первоначально задано значение по умолчанию: рейтинг (rating) = 0,55, количество бюджетных мест (nPlace) = 1898, количество мест в общежитии (residence) = 949). Данный элемент относится к агенту «Управленцы», который, как мы ранее оговаривали, задан в неявном виде. В ходе запуска модели мы можем задавать значения этих параметров, характеризующих образовательные организации и влияющих на принятие решения относительно места получения образования у агента типа People.

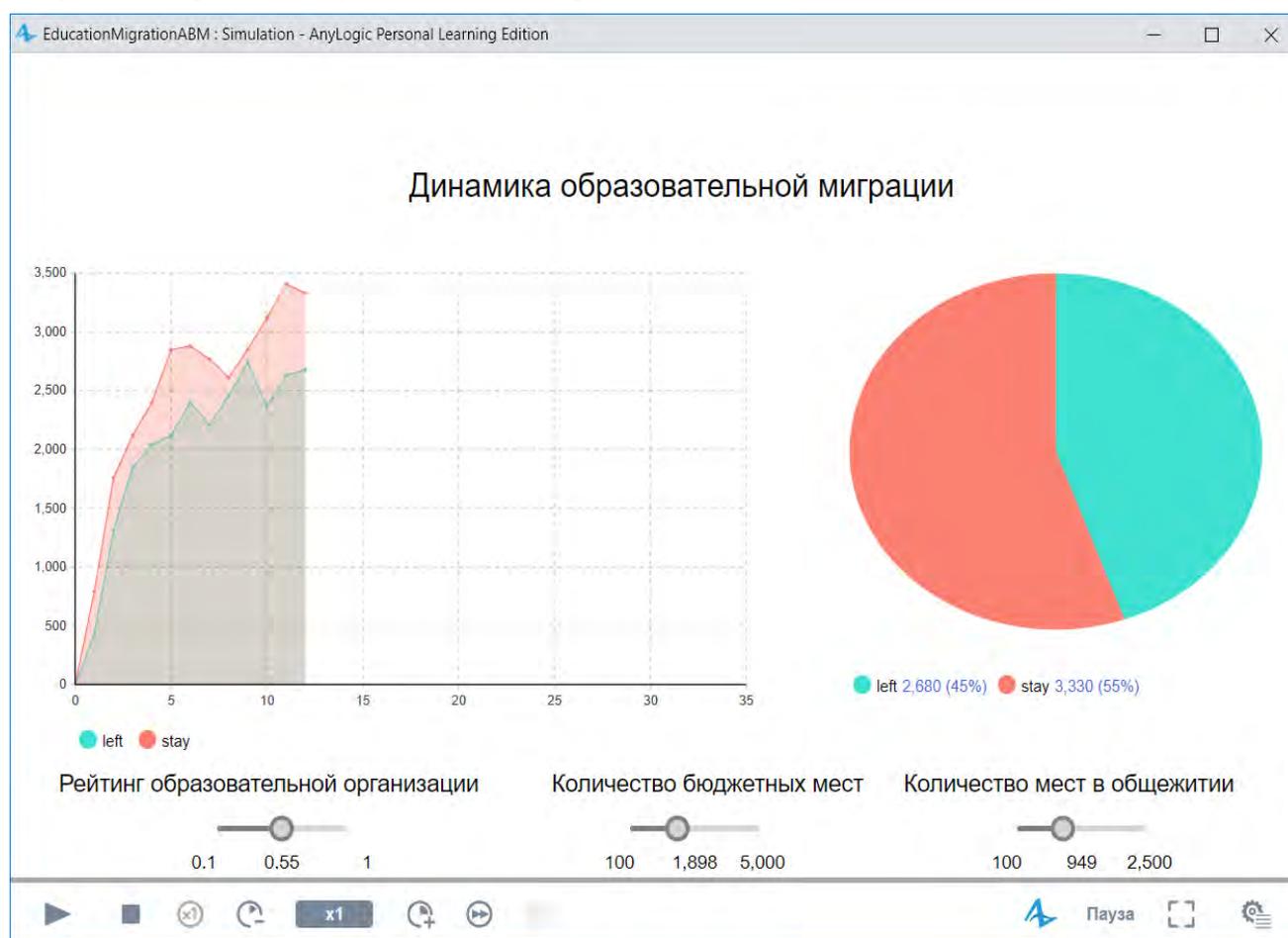


Рисунок 6. Динамика образовательной миграции (1)

На рисунке 7 график с левой стороны характеризует зависимость количества оставшихся выпускников школ к количеству уехавших. Тем самым при меньшем угле наклона относительно оси абсцисс количество уехавших меньше количества оставшихся человек.

График с правой стороны отражает отношение уехавшего в связи с учебой населения к общему количеству выпускников и отношение оставшегося населения к общему количеству выпускников.

Таким образом, была построена агент-ориентированная модель образовательной миграции населения региона. Данные по перемещениям с целью получения образования, которые были получены эмпирическим путем за 2018 год отражены в представляемой модели.

Компьютерная реализация позволила отслеживать количество уезжающего населения каждый последующий год.

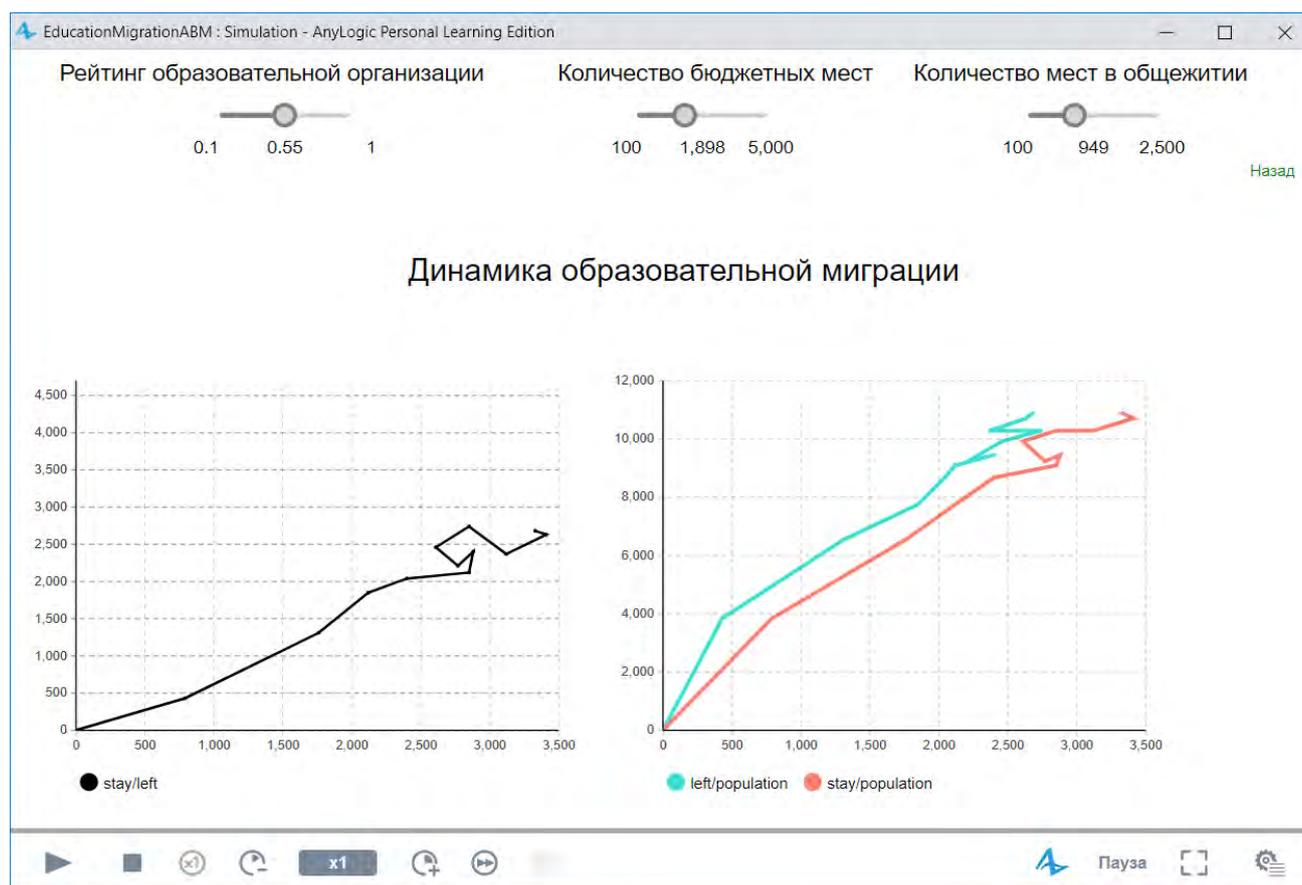


Рисунок 7. Динамика образовательной миграции (2)

Результаты и обсуждение

Основным результатом исследования стала сама агент-ориентированная модель образовательной миграции населения. Созданный рабочий инструмент позволяет провести вычислительные эксперименты, основанные на изменении управляемых параметров.

Проведение вычислительных экспериментов в модели образовательной миграции позволяет выявить наилучший сценарий действия агентов всех типов. Одной из главных целей миграционной политики Вологодской области является народосбережение. Поэтому в нашей модели мы должны добиться такого состояния системы, когда количество образовательных мигрантов с каждым годом будет уменьшаться.

В ходе запуска модели было проведено множество экспериментов, которые давали разные результаты. Рассмотрим некоторые варианты.

Эксперимент № 1. Вариант, когда управляемые параметры принимают низкие значения: рейтинг (rating) = 0.275, количество бюджетных мест (nPlace) = 949, количество мест в общежитии (residence) = 475 (значения по умолчанию: рейтинг (rating) = 0.55, количество бюджетных мест (nPlace) = 1898, количество мест в общежитии (residence) = 949).

На рисунке 8 можно увидеть, что при уменьшении количества бюджетных мест, мест в общежитии и падение рейтинга образовательных организаций в Вологодской области количество уехавших выпускников за пределы региона растет.

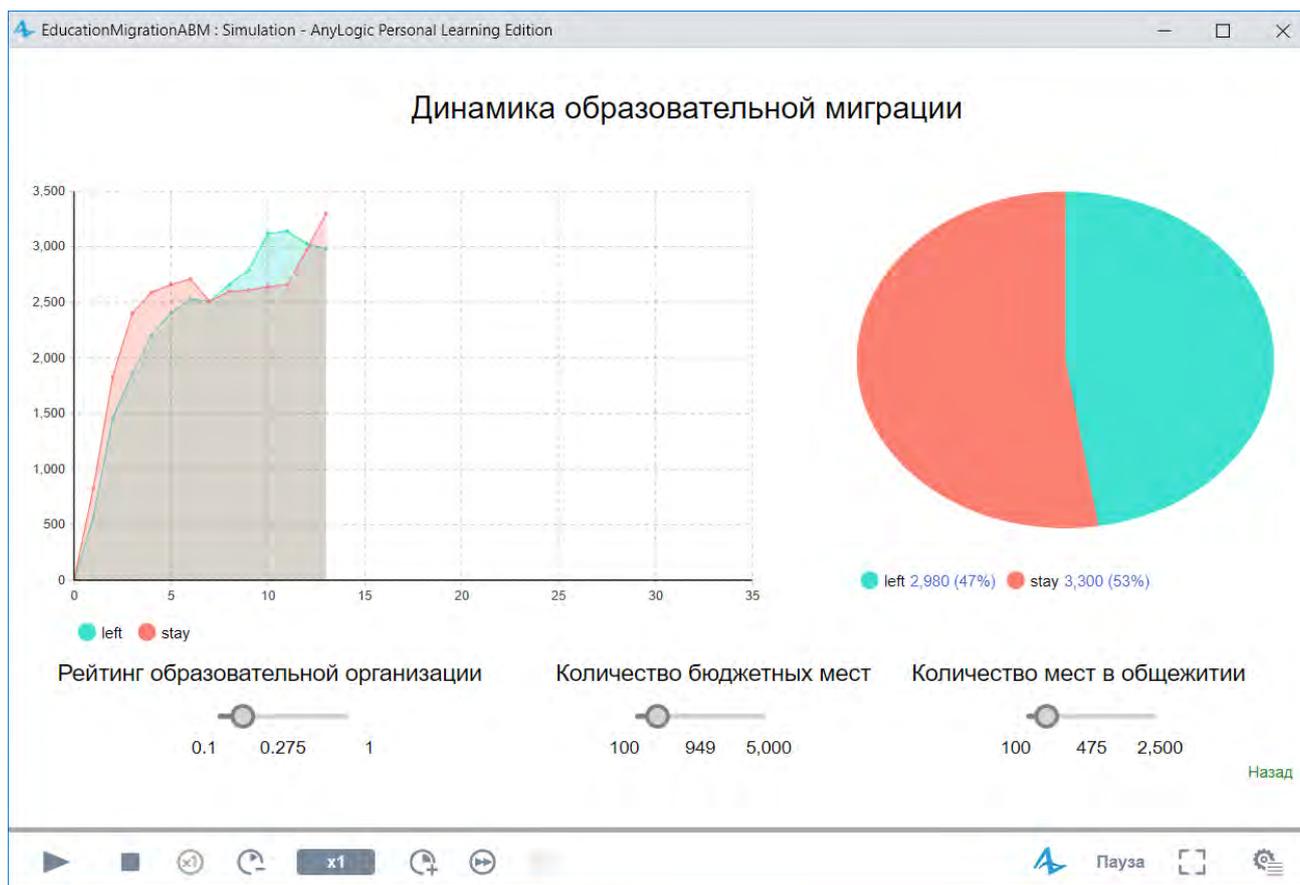


Рисунок 8. Динамика образовательной миграции в ходе эксперимента № 1 (1)

В таблице 5 представлен прогноз доли числа образовательных мигрантов. По данным видно, как с каждым последующим годом число желающих уехать получать образование за пределы региона растет.

Таблица 5

Доля уехавших выпускников от их общего количества (эксперимент № 1)

Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Доля, %	44,3	43,6	45,9	47,4	48,2	50,0	50,5	51,6	54,1	54,1

Таким образом, подтверждается предположение о том, что низкие показатели агента EducationOrganization (агента «Образовательная организация») способствуют выбытию населения региона за его пределы с целью получения образования.

Эксперимент № 2. Во втором варианте параметр, отвечающий за рейтинг образовательной организации, принимает высокое значение, а остальные параметры принимают значения по умолчанию: рейтинг (rating) = 0.83, количество бюджетных мест (nPlace) = 2847, количество мест в общежитии (residence) = 1424.

Диаграмма и график, представленные на рисунке 9, отражают, что при данном эксперименте количество уехавшего населения меньше по сравнению с предыдущим, следовательно, управленческое решение в сторону повышения рейтинга вуза является успешным.

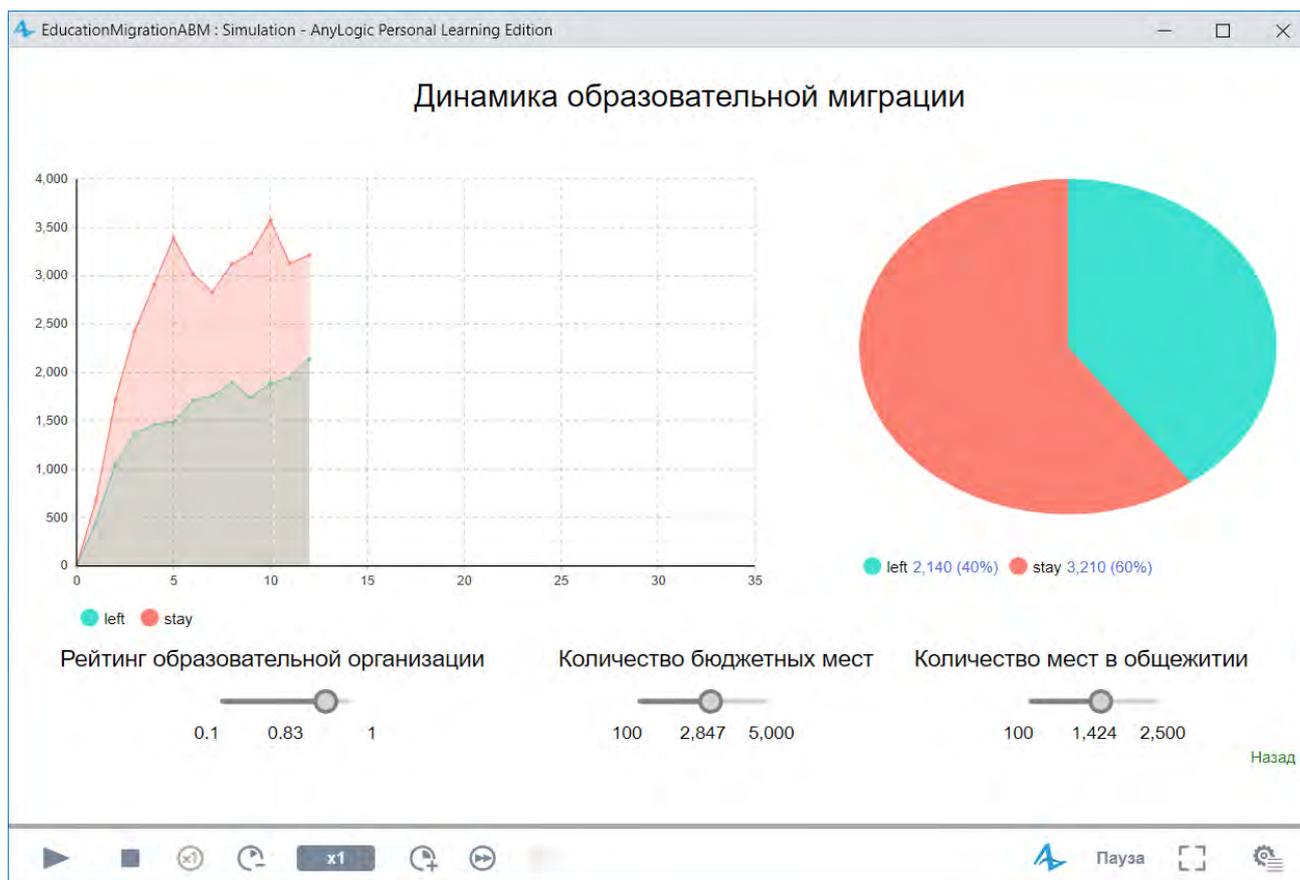


Рисунок 9. Динамика образовательной миграции в ходе эксперимента № 2 (1)

По данным таблицы 6 доля мигрировавших от общего количества выпускников варьируется в диапазоне от 30,5 % до 38,3 %.

Таблица 6

Доля уехавших выпускников от их общего количества (эксперимент № 2)

Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Доля, %	37,9	36,1	33,4	30,5	36,2	38,3	37,7	35,0	34,6	38,3

Явной тенденции к снижению или увеличению доли с каждым последующим годом не наблюдается.

Эксперимент № 3. Крайний вариант, когда управляемые параметры принимают максимально возможные значения: рейтинг (rating) = 1, количество бюджетных мест (nPlace) = 5000, количество мест в общежитии (residence) = 2500 (значения по умолчанию: рейтинг (rating) = 0.55, количество бюджетных мест (nPlace) = 1898, количество мест в общежитии (residence) = 949).

График и диаграмма, представленные на рисунке 10, показывают увеличение числа выпускников, которые остались жить в родном регионе, так как были созданы условия для качественного получения образования в конкурирующим с ведущими вузами страны образовательной организации профессионального образования. Увеличение количества бюджетных мест, которое также подразумевает выплаты стипендий при условии положительных учебных результатов, способствует отказу от территориальных перемещений.

Однако, даже при созданном привлекательном образовательном пространстве остается нерешенным вопрос с теми, кто принимает решение об отъезде. Среди них оказываются индивиды, которые желают получить высшее медицинское образование,

обучение по которому в Вологодской области отсутствует. В этом случае органам власти стоит обратить внимание на создание привлекательной среды для проживания и трудоустройства в регионе, что поспособствует совершению возвратной миграции.

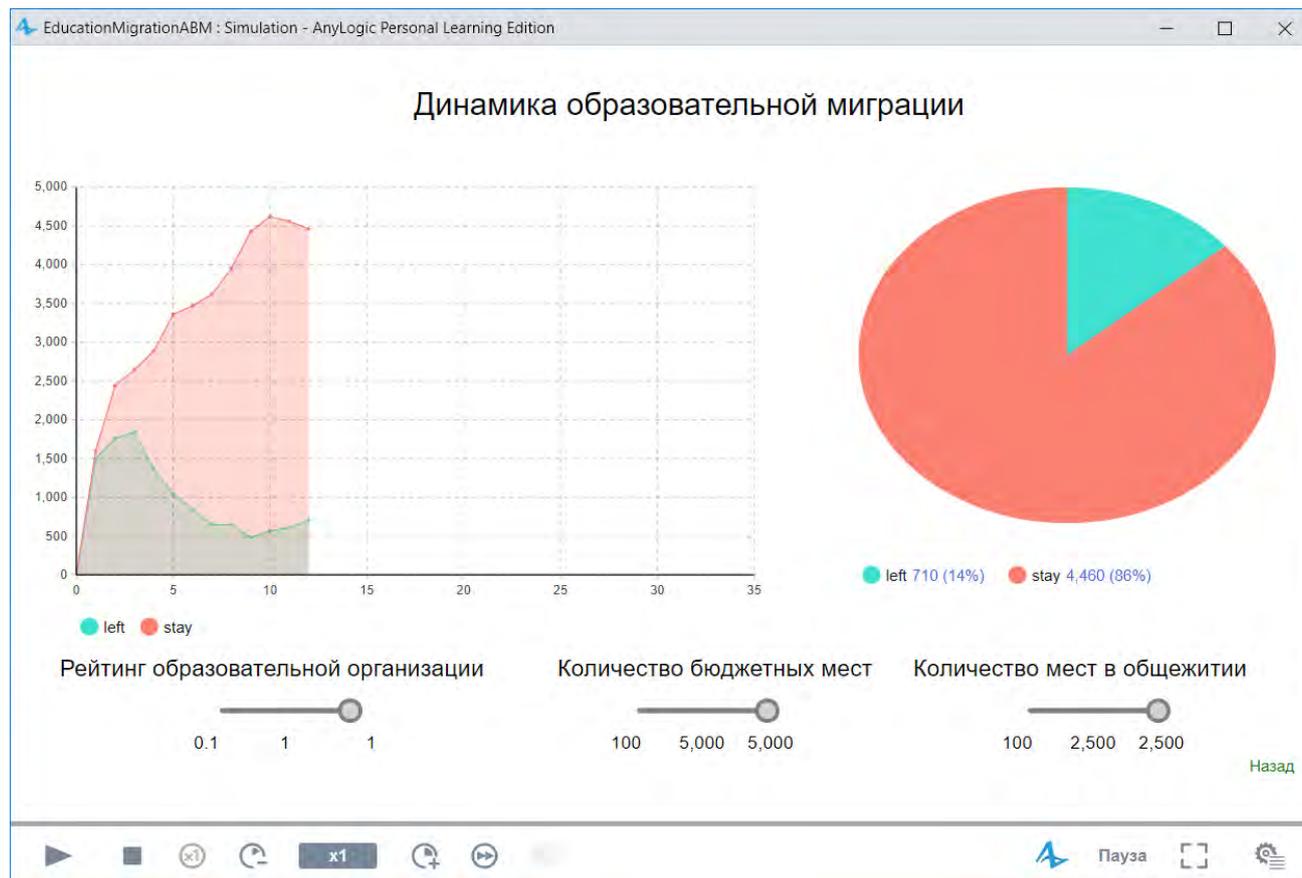


Рисунок 10. Динамика образовательной миграции в ходе эксперимента № 3 (2)

В таблице 7 наблюдается тенденция к уменьшению доли уехавшего населения за пределы региона с целью получения образования, что характеризует успешность данного эксперимента.

Таблица 7

Доля уехавших выпускников от их общего количества (эксперимент № 3)

Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Доля, %	41,9	40,9	32,0	23,8	19,7	15,2	14,1	11,8	10,9	10,7

В ходе проверки различных сценариев модели образовательной миграции населения региона были выделены три наиболее показательных эксперимента. При снижении значений параметров образовательной организации, которые связаны с параметрами агента People, возникает явление массового оттока молодежи за пределы региона. И наоборот, в случае увеличения значений параметров движение населения с целью получения образования уменьшается, что представляется логичным и реалистичным.

Таким образом, агент-ориентированная модель показывает соответствие реальной системе. В перспективе возможно введение новых параметров среды, на которые можно воздействовать при помощи управленческих решений.

Предложения и заключение

В имитационной среде моделирования AnyLogic была реализована агент-ориентированная модель образовательной миграции населения региона. На основе полученных в ходе исследования теоретических и эмпирических данных по образовательной миграции реализована в компьютерном виде концептуальная модель. Результаты моделирования представлены в виде графиков и диаграмм, помимо этого присутствует возможность получения и числовых данных, которые отображают прогнозные значения доли уехавших выпускников с целью получения образования от общего количества школьников 11 классов.

В ходе работы модели проведены различные варианты управленческих воздействий. При запуске инструмента с помощью слайдеров, которые регулируют значение заданного параметра и отвечающих за количество бюджетных мест в вузе, количество мест в общежитии, рейтинг образовательной организации, были проведены различные эксперименты. В работе представлены три наиболее показательных из них: случай, когда параметры принимают значения ниже дефолтных; случай, когда показатель «рейтинг образовательной организации» принимает значение выше дефолтного, а остальные находятся в состоянии по умолчанию; случай, когда значения показателей выше дефолтного. Последний из представленных вариантов показывает наилучший прогноз, когда с каждым последующим модельным годом доля уехавших выпускников школ уменьшается.

Дальнейшие перспективы исследования заключаются в совершенствовании созданной модели. А именно: в увеличении числа агентов типа People (молодежь в возрасте от 15 до 24 лет); описании социально-экономических условий в регионе проживания и самых востребованных регионов для переезда с целью получения образования; в учете приезжающей молодежи из других регионов и т. д. Созданная агент-ориентированная модель является рабочим инструментом для отслеживания оттока населения и понимания причин выбора образовательной организации другого региона, а в последующем хорошим подспорьем для ее расширения.

Агент-ориентированная модель при ее дальнейшей доработке будет принимать практический характер и представлять интерес для органов власти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Young E.C. The Movement of the Farm Population. Bulletin 426. Ithaca: New York Agricultural Experiment Station, 1924. 91 p.
2. Корепина Т.А. Сравнительный анализ подходов к моделированию миграции // Вопросы территориального развития (электронный научный журнал). 2017. № 1 (36). URL: <http://vtr.vscs.ac.ru/article/2132/full>.
3. Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика, 2008. 279 с.
4. Klabunde A., Willekens F. Decision-Making in Agent-Based Models of Migration: State of the Art and Challenges // Springer. 2016. P. 73–97.
5. Courgeau D., Bijak J., Franck R., Silverman E. Model-Based Demography: Towards a Research Agenda // A. Grow, J. Van Bavel (eds.) Agent-Based Modelling in Population Studies / The Springer Series on Demographic Methods and Population Analysis. 2017. P. 78–93. DOI 10.1007/978-3-319-32283-4_2.
6. Ravenstein E.G. The Laws of Migration. Journal of the Statistical Society of London. 1885. № 2. URL: <http://www.jstor.org/stable/2979181>.
7. Щепаньский Я. Элементарные понятия социологии. М.: Прогресс, 1969. 230 с.

8. Курман М.В. Актуальные вопросы демографии: демографические процессы в СССР в послевоенный период. М.: Статистика, 1976. 220 с.
9. Переведенцев В.И. Методы изучения миграции населения. М.: Наука, 1975. 232 с.
10. Миграционные процессы в России / под ред. В.В. Локосова, Л.Л. Рыбаковского. М.: Экон-информ, 2014. 383 с.
11. Ионцев В.А. Международная миграция населения: Теория и история изучения. М.: Диалог-МГУ, 1999. 370 с.
12. Волох В.А. Миграция населения как объект научного исследования: сущность, современные трактовки и классификация // PolitBook. 2015. № 1. С. 7–16.
13. Castles S., Miller M. The age of Migration International Population Movement in the Modern World. London, 1998. 339 p.
14. Eisenstadt, S.N. Institutionalisation of immigrant behavior. Hum. Relat. 1952. № 5. Pp. 373–395.
15. Gonzales N.L. Family organization in five types of migratory wage labor. American Anthropologist. 1961. № 63. P. 15–20.
16. Рыбаковский Л.Л. Миграция населения. Три стадии миграционного процесса. М.: Наука, 2001. 114 с.
17. Варшавская Е.Я., Чудиновских Е.С. Миграционные планы выпускников региональных вузов России // Вестник Московского Университета. Серия 6. Экономика. 2014. № 3. С. 36–58.
18. Чудиновских О.С., Денисенко М.Б. Где хотят жить выпускники российских вузов // Демоскоп Weekly. 2003. № 119–120. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/2003/0119/s_map.php.
19. Леденева Л.И., Некипелова Е.Ф. Эмиграционные намерения элитарной научной молодежи // Демоскоп Weekly. 2003. № 115. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2003/0115/tema02.php>.
20. Von Neumann J. Theory of Self-reproducing Automata. Urbana: University of Illinois Press, 1966. 416 p.
21. Axelrod R. The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration. Princeton University Press: Princeton, 1997, 312 p.
22. Hamill L., Gilbert N. Agent-Based Modelling in Economics. Chichester: WILEY, 2016. 246 p.
23. Сушко Е.Д. Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация. Препринт # WP/2012/292. М.: ЦЭМИ РАН, 2012. 54 с.
24. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М.: Экономика, 2013. 295 с.
25. Корепина Т.А., Леонидова Г.В. Образовательные факторы миграции населения (на примере Вологодской области) // Социальное пространство. 2018. № 2 (14). URL: http://sa.vscs.ac.ru/article/2645/full?_lang=ru. DOI: 10.15838/sa.2018.2.14.2.
26. Лычкина Н.И. Имитационное моделирование экономических процессов. М.: ИНФРА-М, 2012. 253 с.
27. Чекмарева Е.А. Концептуальная модель воспроизводства трудового потенциала на муниципальном уровне: агент-ориентированный подход // Социальное пространство. 2017. № 3. URL: <http://socialarea-journal.ru/article/2376>.

Doroshenko Tatyana Andreevna

Vologda research center of the Russian academy of sciences, Vologda, Russia
E-mail: korepina-tatyana@mail.ru

Development of an agent-based model of educational migration in the region

Abstract. The article is devoted to the development of an agent-based model of educational migration in the region. The modern stage of building computer models is focused on the most approximate display of the real properties of the system. Modeling of migration processes is aimed at explaining the observed process of territorial displacement of the population, as well as forecasting migration flows in the future. The aim of the study is to develop an agent-based model of educational migration of the region's population, which imitates the process of population displacement in connection with studies, taking into account the migration patterns of individual human agents, the behavior of educational organizations and the policies of regional authorities. Three types of agents are distinguished in the model: Agent "Man", Agent "Educational Organization", Agent "Power". Each of them is endowed with characteristics that are presented in the form of parameters. The results of the agent-based model of educational migration in the region reflect the real situation with the outflow of young people aged 17 outside the region. The model is implemented in the AnyLogic simulation environment (Learning Edition). The basis was empirical data on the educational migration of the population of the Vologda Oblast, the sources of which were: the Federal State Statistics Service for the Vologda Oblast, monitoring of the labor potential of the population of the Vologda Oblast (Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences), the project "Career Guidance as a Basis for Managing the Processes of Migration of Students of the Vologda Oblast" (Vologda Institute for the Development of Education). The novelty of the study consists in the development of an agent-based model of educational migration of the region's population, which allows carrying out computational experiments and testing managerial decisions in an artificial society to develop and substantiate the most optimal measures for implementation. The results of the work will be useful to researchers in the field of educational migration, as well as with further improvement of the model and the addition of new opportunities to the authorities.

Keywords: educational migration; agent-based model; population; demography; region; applicant; educational organization