

DOI: 10.12731/2070-7568-2021-10-3-161-173

УДК 303.094.7

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

*Гайкова Л.В.*

*Рассматривается использование имитационного моделирования миграционных процессов населения, как одного из методов регулирования численности населения в условиях рыночной экономики.*

**Цель исследования:** построение имитационной модели для определения оптимального коэффициента миграции с целью поддержания соответствующего уровня жизнедеятельности трудоспособного населения в условиях рыночной экономики.

**Методы и инструменты:** использован диалектический метод как общий научный метод познания; приемы и инструменты системного, сравнительного анализа и обобщений; методы и инструменты имитационного моделирования.

**Результаты:** описан подход к исследованию миграционных процессов на базе агентного имитационного моделирования как основы аналитической обработки полученных данных.

**Область применения результатов:** руководители компаний при решении вопросов определения оптимального коэффициента миграции как одной из составляющих элемента рыночной инфраструктуры в условиях цифровизации экономики.

**Ключевые слова:** миграция; популяция; вакансии; декомпозиция; моделирование; имитация; агент

## SIMULATION MODELING OF POPULATION MIGRATION PROCESSES IN A MARKET ECONOMY

*Gajkova L.V.*

*The article considers the use of simulation modeling of migration processes of the population as one of the methods of population regulation in a market economy.*

**Purpose:** construction of a simulation model for determining the optimal migration rate in order to maintain the appropriate level of the working-age population in a market economy.

**Methodology:** the dialectical method is used as a general scientific method of cognition; techniques and tools of system, comparative analysis and generalization; methods and tools of simulation modeling.

**Results:** an approach to the study of migration processes based on agent-based simulation modeling as the basis for analytical processing of the obtained data is described.

**Scope of results:** managers of companies in solving the issues of determining the optimal migration rate as one of the components of the market infrastructure element in the conditions of digitalization of the economy.

**Keywords:** migration; population; vacancies; decomposition; modeling; simulation; agent

## **Введение**

Одним из методов регулирования численности населения является миграция населения. Миграция населения оказывает огромное влияние на все стороны жизни человека – экономическую, социальную, культурную, политическую [15]. Поэтому изучение миграционных процессов населения как элемента рыночной инфраструктуры в условиях цифровизации экономики становятся наиболее актуальными.

На сегодняшний день одним из мощных центров притяжения для мигрантов Дальнего Востока, Западной и Восточной Сибири, а также ближнего зарубежья является Новосибирская область. Миграционный поток Новосибирской области складывается из трех составляющих: миграции с регионами Российской Федерации, миграции со странами СНГ и миграции со странами дальнего зарубежья [13].

## **Цель исследования**

Изучение миграционных процессов именно в Новосибирской области, центре Сибирского федерального округа, представляется наиболее интересной темой исследования.

Цифровизация экономики обострила развитие цифровых методов, технологий, способствующих росту конкурентоспособности как отдельных компаний, организаций, фирм, так и целых отраслей народного хозяйства и требует внедрение все более качественных цифровых подходов оценки хозяйственной деятельности [14].

Объектом исследования выбраны люди (население), которые совершают миграцию. Предметом моделирования определен процесс миграции населения.

Целью исследования является построение агентной имитационной модели для определения оптимального коэффициента миграции в Новосибирскую область, который будет отображать положительный показатель окупаемости инвестиций [2] на потребительском рынке с целью поддержания соответствующего уровня жизнедеятельности трудоспособного населения особенно в условиях рыночной экономики.

### Методы исследования

Процесс переселения соотечественников по государственной программе состоит из трех основных этапов [6, 5, 12], представленных на рисунке 1.

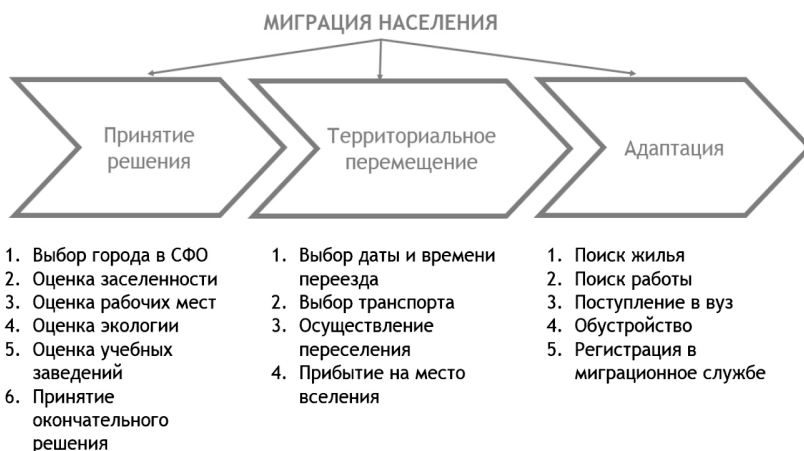


Рис. 1. Этапы миграции населения

*Первый этап.* На основании информации о государственной программе соотечественников, размещенный в СМИ в регионах СНГ и Дальнего зарубежья, люди знакомятся с условиями данной программы, основными этапами и областями, участвующими в программе. Затем заинтересованные лица подают заявку в уполномоченные органы, расположенные на территории их проживания. Заявка подлежит рассмотрению в Федеральной миграционной службе и на основании проверенных данных лицо информируют о принятом решении. Заявка может быть одобрена или отклонена. Если заявка одобрена, то лицу выдают свидетельство участника программы.

*Второй этап.* На этом этапе участник выбирает маршрут до выбранного города, покупает билет и оформляет товарно-транспортную накладную для багажа. После прибытия на место вселения участник должен зарегистрироваться в органах и поставить отметку в своем свидетельстве.

*Третий этап.* Участник обязан получить разрешение на временное проживание на территории РФ. После этого уполномоченный сотрудник обязан сопроводить участника на временное место проживание и предложить вакансии. Участник может подать заявление о выплате компенсации по затратам на переезд и оплату за жилье. Через определенное время проводится опрос участников о состоянии размещения их на месте вселения.

Одним из связующих элементов логики исследуемых процессов и цифровых технологий на сегодняшний день является методология нотаций SADT [11]. Используя эту методологию, логику этапов миграции в общем виде можно отобразить следующим образом (рисунок 2). Начальным этапом является «Необходимость в переезде». Завершающих этапа может быть два – «Остаться на месте жительства» (если отсутствует фактор, влияющий на решение) и «Участник переехал в место вселения». Этапы, сосредоточенные в центре диаграммы, декомпозируются на более нижний уровень.

В исследовании базой для построения имитационной модели был выбран этап «Принятие решения». На рисунке 3 показана декомпозиция этапа «Принятие решения» в методологии SADT [8]. Сначала

агенты в модели по заданным параметрам будут оценивать города в Сибирском федеральном округе, если их не устраивает ни один вариант, то функция «Выбор другого города» означает, что агент покинет модель. Конечная функция «Принятие окончательного решения» отражается на модели, либо перемещением агента в другой город Сибирского федерального округа, либо агент остается в своем городе.

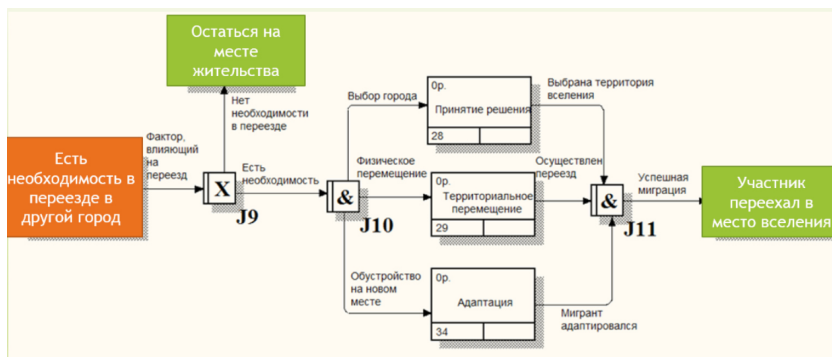


Рис. 2. Процесс миграции в общем виде в методологии SADT



Рис. 3. Декомпозиция этапа «Принятие решения» в методологии SADT

### Результаты исследования и их обсуждения

Объекты декомпозиции этапа «Принятие решения» задают характеристики имитационной модели миграции населения, что позволяет отслеживать направление миграционных потоков внутри Сибирского федерального округа.

В качестве платформы реализации модели выбрана среда AnyLogic. Данная среда, как инструмент агентного имитационного моделирования, позволяет реализовывать модели практически любых процессов [1,7, 9]. В качестве основных инструментов моделирования используются: агент; параметр; диаграмма состояний; временная диаграмма с накоплением. Основными параметрами модели являются:

1. Экологический показатель. Задаёт состояние экологии для каждой области. Принимает значение от 0 до 1.
2. Популяция. Задаёт общую численность населения. Начальное значение равно 10000, можешь уменьшаться.
3. Возраст агента. Задаёт возраст агентов от 18 до 66.
4. Количество вакансий. Определяет количество вакансий в области, в зависимости от населенности.
5. Персональный параметр. Задаётся генератором чисел в промежутке от 0 до 1.

На рисунке 4 представлен общий вид агентной имитационной модели миграции населения в среде AnyLogic.

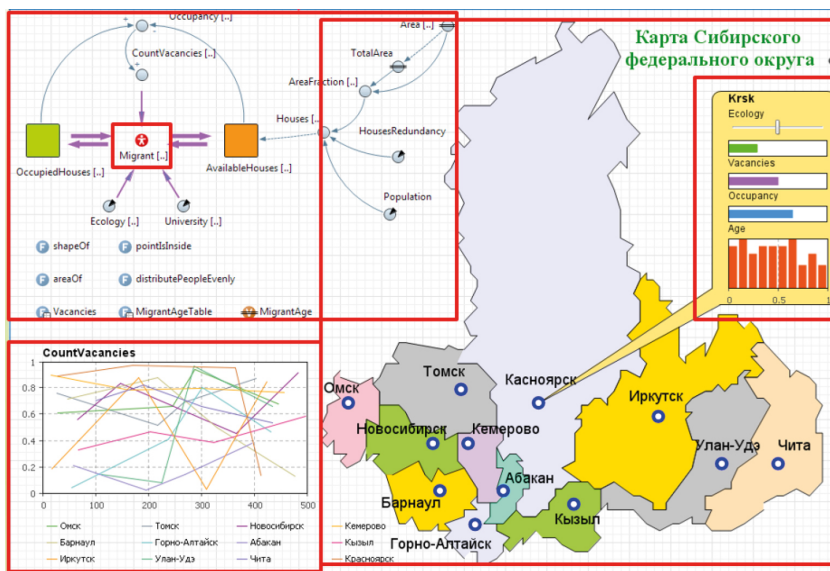


Рис. 4. Общий вид имитационной модели в среде AnyLogic

Характеристики основных блоков и агентов модели:

1. Карта Сибирского федерального округа, на которой во время проведения эксперимента точками будут отражаться мигранты.

2. Графики, отражающие состояние экологии, количества вакансий и возраст для каждого города. Также здесь можно настраивать экологическое состояние города с помощью бегунка. Временной график показывает изменение количества предложений по работе в определенный момент времени. Количество предложений изменяется в соответствии с изменением потока иммигрантов в каждой области. Чем больше приток людей, тем меньше остается вакансий и наоборот. Для каждой области, края и республики индивидуальным цветом помечены данные о вакансиях в этих регионах.

3. Блок системной динамики для наглядного отображения значений параметров.

4. Агент Migrant сосредоточенный в центре схемы отвечает за поведение агентов в модели в зависимости от заданных условий.

На рисунке 5 представлена диаграмма действий, которая содержится в агенте Migrant.



Рис. 5. Диаграмма действий агента Migrant

Каждый мигрант раз в месяц принимает решение – переехать или остаться. Общий вид  $n$ -го эксперимента в имитационной модели показан на рисунке 6.

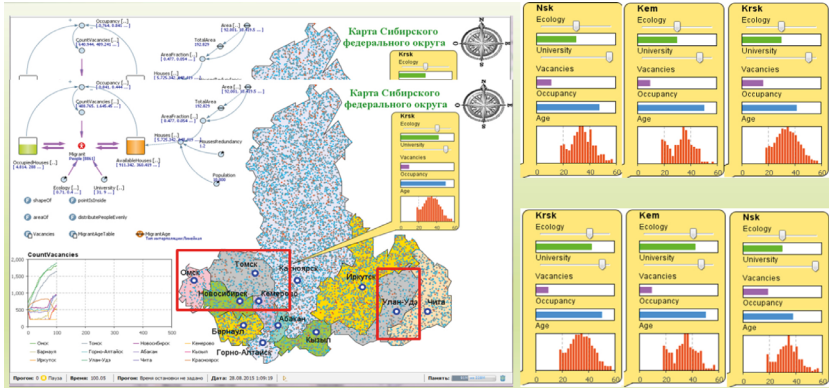


Рис. 6. Общий вид  $n$ -го эксперимента

Допустим экологическая ситуация в Сибирском федеральном округе ухудшилась во всех областях, краях и регионах. Необходимо отследить динамику перемещения миграционных потоков внутри округа и людей, уезжающих из округа в другие районы России.

Меняя значения параметров в течении определенного модельного времени получаем, что в районах с экологией равной 0.1, заметно уменьшилась численность населения по сравнению с районами, у которых экологическое состояние выше 0.1. Количество человек, покинувших модель в течении двух месяцев равно 900. В связи с оттоком населения из районов с низкой экологией, там увеличилось количество предложений по работе. Решение проблемы данных районов с численно населения может быть улучшение экологического состояния районов до 0.5.

Для областей с наибольшим количеством университетов установим параметр экологии на 0.5 и посмотрим, в какой области будет больше мигрантов в возрасте 18 лет. Затем по истечении 2 месяцев поднимем параметр экологии для областей с наименьшим количеством вузов до 0.7 и проследим, как измениться ситуация (рисунок 6).



Проанализировав значения, видно, что количество населения Новосибирской области сократилось на две десятых части, а количество мигрантов в возрасте 18 лет в Красноярском крае увеличилось по сравнению с началом эксперимента. Это позволяет сделать вывод о том, что в регионах с большим количеством учебных заведений небольшое изменение экологического показателя не значительно изменяет динамику населения.

### **Выводы**

Проанализировав результаты, полученные после проведения экспериментов с различными параметрами и установками модели, можно сформулировать следующие выводы:

1. В совокупности всех параметров, наибольшее влияние оказывает параметр – экологический.

2. При высокой интенсивности миграции для людей среднего возраста наиболее значимым фактором является количество предложений по работе.

В условиях цифровизации экономики имитационное моделирование процессов в экономических системах набирают популярность в различных прикладных сферах [10]. Для определения стратегии развития бизнеса компании особенно важно оценить ожидаемые результаты интеграции в бизнес-процессы [3]. В исследовании процесса миграции населения предложенная модель реализована в программном обеспечении агентного моделирования AnyLogic. Выполнена аналитическая обработка [4] результатов экспериментов, сделаны выводы о благоприятных и неблагоприятных условиях миграции населения.

### ***Список литературы***

1. Боев В.Д. Моделирование в среде AnyLogic: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 298 с. <https://biblio-online.ru/book/ED7C009F-0534-4BDF-8C2C-8CCEBFAB0510>
2. Гайкова Л.В. Динамическое бизнес-планирование инвестиций на основе имитационного моделирования // Мы продолжаем традиции

- российской статистики сборник докладов I Открытого российского статистического конгресса. Российская ассоциация статистиков; Федеральная служба государственной статистики и РФ; Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ». 2016. С. 82-89.
3. Гайкова Л.В. Информационные системы – одна из составляющих стратегии развития бизнеса компании // Информационные технологии в прикладных исследованиях : сборник научных трудов под ред. А.Л. Осипова. Новосибирск: НГУЭУ, 2012. С. 99-105.
  4. Гайкова Л.В., Изотов О.Е. Агентное моделирование как инструмент аналитической обработки данных // Информационные технологии в прикладных исследованиях: сборник научных трудов под ред. А.Л. Осипова. Новосибирск: НГУЭУ, 2013. С. 123-132.
  5. Государственная программа «Соотечественники» [информационный портал УФМС]. <http://www.fms-nso.ru/documents/compatriot/>
  6. Государственная программа по оказанию содействия добровольному переселению в РФ соотечественников, проживающих за рубежом. [http://www.fms.gov.ru/programs/fmsuds/files/ukaz\\_1289\\_2013.pdf](http://www.fms.gov.ru/programs/fmsuds/files/ukaz_1289_2013.pdf)
  7. Григорьев И. AnyLogic за три дня: практическое пособие по имитационному моделированию. М.: Издательство Московского университета, 2016. 202 с.
  8. Диаграмма связей. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0\\_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B5%D0%B9](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B5%D0%B9)
  9. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: Учебное пособие. М.: Издательство Московского университета, 2015. 304 с.
  10. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие. М.: Академия АйТи, 2015. 164с.
  11. Моделирование бизнес-процессов средствами Vpwin [Интуит]. <http://www.intuit.ru/studies/courses/2195/55/lecture/1632?page=3>
  12. Новосибирскстат [Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области]. [http://novosibstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/novosibstat/ru/](http://novosibstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/novosibstat/ru/)

13. Талалаева Г.В. Социальная демография: Учеб. Пособие. СПб.: УГТУ-УПИ, 2009. 152 с.
14. Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: докл. к XX Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 9-12 апр. 2019 г. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др. ; науч. ред. Л.М. Гохберг ; НИУ «ВШЭ». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. 85 с.
15. Шевцова Е.В. Актуальные аспекты миграции и миграционной политики в Новосибирской области // Вестник НГУ. 2011. Т. 11, № 1. С. 129-135.

### *References*

1. Boev V.D. *Modelirovanie v srede AnyLogic* [Modeling in the AnyLogic environment]. М.: Izd-vo Yurayt, 2017, 298 p. <https://biblio-online.ru/book/ED7C009F-0534-4BDF-8C2C-8CCEBFAB0510>
2. Gaykova L. V. Dinamicheskoe biznes-planirovanie investitsiy na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Dynamic business planning of investments based on simulation]. *My prodolzhaem traditsii rossiyskoy statistiki sbornik dokladov I Otkrytogo rossiyskogo statisticheskogo kongressa* [We continue the traditions of Russian statistics collection of reports of the I Open Russian Statistical Congress]. Russian Association of Statisticians; Federal Service of State Statistics and the Russian Federation; Novosibirsk State University of Economics and Management. 2016, pp. 82-89.
3. Gaykova L.V. Informatsionnye sistemy – odna iz sostavlyayushchikh strategii razvitiya biznesa kompanii [Information systems - one of the components of the company's business development strategy]. *Informatsionnye tekhnologii v prikladnykh issledovaniyakh : sbornik nauchnykh trudov* [Information technologies in applied research: collection of scientific papers] / ed. A.L. Osipov. Novosibirsk: NGUEU, 2012, pp. 99-105.
4. Gaykova L.V., Izotov O.E. Agentnoe modelirovanie kak instrument analiticheskoy obrabotki dannykh [Agent-based modeling as a tool for analytical data processing]. *Informatsionnye tekhnologii v prikladnykh issledovaniyakh: sbornik nauchnykh trudov* [Information technologies

- in applied research: collection of scientific papers]/ ed. A.L. Osipov. Novosibirsk: NGUEU, 2013, pp. 123-132.
5. State program “Compatriots”. <http://www.fms-nso.ru/documents/compatriot/>
  6. State program to assist the voluntary resettlement of compatriots living abroad to the Russian Federation. [http://www.fms.gov.ru/programs/fmsuds/files/ukaz\\_1289\\_2013.pdf](http://www.fms.gov.ru/programs/fmsuds/files/ukaz_1289_2013.pdf)
  7. Grigorev I. *AnyLogic za tri dnya: prakticheskoe posobie po imitatsionnomu modelirovaniyu* [AnyLogic in three days: a practical guide to simulation]. M.: Moscow University Press, 2016, 202 p.
  8. Connection diagram. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0\\_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B5%D0%B9](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B5%D0%B9)
  9. Katalevskiy D.Yu. *Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya i sistemnogo analiza v upravlenii: Uchebnoe posobie* [Fundamentals of Simulation and Systems Analysis in Management: Textbook]. M.: Moscow University Press, 2015, 304 p.
  10. Lychkina N.N. *Imitatsionnoe modelirovanie ekonomicheskikh protsessov: Ucheb. posobie* [Simulation modeling of economic processes: Textbook]. M.: Akademiya AyTi, 2015, 164 p.
  11. Modeling business processes by means of BPwin. <http://www.intuit.ru/studies/courses/2195/55/lecture/1632?page=3>
  12. Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Novosibirsk Region. [http://novosibstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/novosibstat/ru/](http://novosibstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/novosibstat/ru/)
  13. Talalaeva G.V. *Sotsial'naya demografiya: Ucheb. Posobie* [Social demography: Textbook]. SPb.: UGTU-UIPI, 2009, 152 p.
  14. *Chto takoe tsifrovaya ekonomika? Trendy, kompetentsii, izmerenie* [What is the digital economy? Trends, competencies, measurement]: report to the XX April international scientific conference on the problems of economic and social development, Moscow, April 9-12, 2019 / G.I. Abdrakhmanova, K.O. Vishnevskiy, L.M. Gokhberg et al.; ed. L.M. Gokhberg; Higher School of Economics. M.: Higher School of Economics, 2019, 85 p.
  15. Shevtsova E.V. *Vestnik NGU*, 2011, vol. 11, no. 1, pp. 129-135.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Гайкова Любовь Вадимовна**, кандидат экономических наук, доцент  
*Новосибирский государственный университет экономики и  
управления*  
*ул. Каменская 52/1, г. Новосибирск, 630099, Российская Фе-  
дерация*  
*gaikovanirs@mail.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Luubov V. Gajkova**, Candidate of Economics (Ph.D.), Associate Pro-  
fessor  
*Novosibirsk State University of Economics and Management*  
*52/1, Kamenskaya Str., Novosibirsk, 630099, Russian Federation*  
*gaikovanirs@mail.ru*