УДК 519.876.5

Е.В. НОВИКОВА, А.Л. МАШКОВА

E.V. NOVIKOVA, A.L. MASHKOVA

**СОЗДАНИЕ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ПОКОЛЕНИЯ АГЕНТОВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ОТРАСЛЕВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ**

**CREATION OF THE INITIAL GENERATION OF AGENTS IN THE COMPUTER MODEL OF THE RUSSIAN FEDERATION INDUSTRIAL DEVELOPMENT**

*В докладе рассматриваются алгоритмы воспроизведения структуры населения в рамках агент-ориентированной модели отраслевого развития экономики России. Описывается структура входных данных моделирования, источники их получения и результаты верификации программно реализованных алгоритмов.*

*Ключевые слова: агент-ориентированная модель, отраслевая структура экономики, экономическое развитие, демографические процессы.*

*In the report we consider algorithms of population structure reproduction within the agent-based model of the Russian Federation industrial development. We describe structure of the input modeling data, sources of their obtaining and verification results of the programmed algorithms.*

*Key words: agent-oriented model, sectoral structure of the economy, economic development, demographic processes.*

Управление экономической системой России предполагает оценку эффективности принимаемых решений. Для прогнозирования динамики развития управляемой системы при оказании на нее альтернативных воздействий с учетом множества факторов, в том числе региональных производственных мощностей, межотраслевых хозяйственных взаимосвязей, кадрового потенциала и уровня жизни, предлагается использование компьютерной модели отраслевого развития экономики России. В качестве основного метода в данном исследовании было выбрано агентное моделирование, поскольку оно представляет возможность исследования динамики сложной системы как результата решений и взаимодействий агентов микроуровня, что соответствует специфике социальных и экономических процессов [1]. Модель отраслевого развития экономики России включает ряд взаимосвязанных модулей, отражающих различные стороны его функционирования: «Демография», «Образование», «Трудоустройство», «Производство», «Потребление», «Финансовая система» и «Государственное управление» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Модульная структура модели отраслевого развития экономики России

Каждому модулю соответствует набор информационных объектов и событий, изменяющих их состояние. Действующими субъектами в модели, которые могут принимать решения и изменять свое поведение, являются агенты, домашние хозяйства, юридические лица и государство [3]. Действующие субъекты могут выступать в разных ролях и иметь взаимосвязи с объектами различных модулей. География модели задается в виде набора регионов. Каждому региону России соответствует регион в модели, а также создается дополнительный регион «Зарубежье» для отражения хозяйственных взаимосвязей с другими странами и процессов международной миграции. Аспекты реализации функций модулей «Производство», «Образование» и «Финансовая система» отражены в [4-6].

В модуле «Демография» отражаются процессы взросления агентов в соответствии с течением модельного времени, рождение и смерть агентов. Главными действующими субъектами в модуле «Демография» являются агенты; события, изменяющие их состояние, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Действующие субъекты в рамках демографического блока

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Модуль | Действующие субъекты | Роли | События |
| Демография  | Агент  | биологический индивид  | Взросление агентов  |
| Рождение агентов  |
| Смерть агентов  |
| Домохозяйство  | социальная группа  | Вступление в брак  |
| Развод  |

В рамках модели в модуле «Демография» воспроизводится статическая структура населения России на базовый год моделирования, после чего моделируются процессы рождаемости и смертности, браков и разводов на будущие годы на основе имеющихся прогнозов. Структура программного модуля «Демография» представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структура программного модуля «Демография»

Воссоздание искусственного общества начинается с генерации первоначального поколения агентов, создания домашних хозяйств, формирование семей и их распределение по домашним хозяйствам. Сгенерированная среда сохраняется в базе данных для последующего использования в серии сценарных расчетов.

Агент как действующий субъект модели получает свои стартовые данные при начальном распределении, к которым относится информация о: идентификационном номере, поле, возрасте, семейном положении, информации о детях, номере и типе домохозяйства. В дальнейшем при проведении сценарных расчетов агент участвует в событиях согласно таблице 1. В модели рассматривается три типа домашних хозяйств, в соответствии с их делением в статистических данных: частные, коллективные (детские дома, школы-интернаты, казармы, места лишения свободы, монастыри и т.п.) и домохозяйства бездомных. Домохозяйство в модели имеет свой индивидуальный номер, а также информацию о том, какому агенту оно принадлежит. Домохозяйство как действующий субъект будет участвовать в событиях согласно таблице 1. В каждом регионе модели создается одно коллективное и одно бездомное домашнее хозяйство, за которым закрепляется заданное число агентов; остальные агенты распределяются по частным домохозяйствам.

Исходные данные представлены в виде таблиц, экспортируемых из файлов Excel в модель через интерфейс ввода исходных данных. В таблицах содержится информация о демографической структуре населения. Информационное наполнение таблиц осуществляется на основе данных Росстата [2] и Всероссийской переписи населения 2010 года [7], в которой представлены наиболее точные данные, не только по численности населения, но и по составу домохозяйств. Для алгоритмов воспроизведения начальной генерации общества необходим следующий набор исходных данных (конкретные значения параметров приведены в соответствии с данными Всероссийской переписи населения 2010 года [7]):

1. численность населения P=142 946 788 человек; процент мужчин от общей численности населения Pm=46%; половозрастное распределение населения, представленное в виде таблицы;
2. количество частных домашних хозяйств D=54 560 627; количество одиноких домашних хозяйств D1=14 018 754, и их возрастная структура, представленная в виде таблицы;
3. количество домашних хозяйств с детьми Dch=17 864 000;процент детей, проживающих в полных семьях, от общего числа детей Pch\_f=70%;
4. численность коллективных домохозяйств Dkoll=1 832 386 чел., домохозяйств бездомных Db= 64 077 чел., и их возрастная структура, представленная в виде таблицы;
5. количество супружеских пар S=33 206 726; из них количество пар, проживающих в гражданском браке Sg=4 400 000; возрастная структура зарегистрированных семейных пар и пар, проживающих в гражданском браке, представленная в виде таблицы; возрастная структура разведенных пар и вдовствующих, представленная в виде таблицы;
6. группировка домохозяйств по численности, представленная в виде таблицы;
7. количество матерей одиночек в модели M1=5 600 000; количество отцов одиночек F1=634 500;
8. процент семейных ячеек, имеющих одного ребенка 61%; двух детей 32%; многодетных семейных ячеек 7%.

В статье рассматриваются два алгоритма, осуществляющие начальную генерацию общества: алгоритм создания агентов (рисунок 3) и алгоритм создания домохозяйств и распределения по ним агентов (рисунок 4).



Рисунок 3 – Алгоритм создания агентов

После определения агента соответственно его половозрастной группе происходит процесс создания агента в памяти компьютера, а также заполнение информационных характеристик агента. Идентификационный номер устанавливается в соответствии со счетчиком, который увеличивается после каждой итерации, что свидетельствует о том, что каждому агенту будет соответствовать уникальный идентификационный номер. Пол агента устанавливается в соответствии с алгоритмом, который на данный момент используется (для создания мужчин и женщин используются отдельные алгоритмы). Возраст определяется как случайное число из диапазона возрастной группы. Домохозяйства на физическом уровне модели представлены в виде списка. После создания домохозяйства в модели выделяются одинокие взрослые, которые расселяются в одиночные частные домохозяйства. Также, выделяются группы людей проживающие в домохозяйствах типа 2 (коллективные) и 3 (бездомные).



Рисунок 4 – Алгоритм создания семейных ячеек

В модели все пары подразделяются на пары официальные и гражданские браки. Для формирования пар среди мужского и женского населения выделяются агенты, возраст которых соответствует статистическим данным в таблице браков. Создается пара и заселяется в домохозяйство. Помимо брачных пар, в модели также рассматриваются разведенные и вдовые агенты. Для этого необходимо выделить агентов, не состоящих в модели в брачных или гражданских отношениях старше 18 лет и установить семейное положение «разведен(а)» или «вдовец(а)». Оставшиеся не заполненные домашние хозяйства необходимо заселить нераспределенными взрослыми, по два человека в каждое; такие семьи будут представлять собой проживающих вместе родственников. Когда все домохозяйства будут заполнены, необходимо определить, сколько семейных ячеек имеют в своем составе трех агентов и распределить в семейные ячейки, не являющиеся одинокими, по третьему взрослому. Аналогично повторяем данный алгоритм для семей, которые имеют в своем составе 4, 5, 6 и более человек (рисунок 3). Следующей задачей является распределение детей по домохозяйствам. 30% детей в России проживают в неполных семьях, для их расселения осуществляется поиск женщин и мужчин (матерей и отцов-одиночек), проживающих в частных домохозяйствах, старше 16 лет, но не более 70, не состоящие в браке. Закрепляем в каждой такой семье по одному ребенку, при этом проверяя разницу между родителем и ребенком, она не должна быть меньше 16 лет. Далее необходимо вычислить разницу между неполными семьями и количеством детей, которых нужно распределить. Далее закрепляем по второму ребенку, соответственно вычисленному количеству семей. Оставшихся детей, которых в модели закрепляем по семьям, где уже есть двое или трое детей. Аналогично выполняется алгоритм распределения детей в полные семейные ячейки.

Все данные об информационных объектах модели сохраняются в базе данных. Информационное обеспечение демографического модуля представлено в виде реляционной схемы (рисунок 5). На данной реляционной схеме представлена информация об основных действующих в субъектах и информационных объектах модели, связи между таблицами отражены через внешние ключи. В дальнейшем информационные объекты модели будут использованы для проведения моделирования. В частности, агенты и домашние хозяйства в процессе проведения сценарных расчетов участвуют в событиях согласно таблице 1.



Рисунок 5– Схема базы данных для модуля «Демография»

В качестве примера работы вышеописанных алгоритмов рассмотрим приложение. Для начала необходимо загрузить статистические таблицы в модель, затем из наборов начальных данных сгенерировать первоначальное поколение агентов, все результаты будут сохранены в базе данных модели. Чтобы проверить правильно ли сгенерировалось общество достаточно сделать выгрузку информационных объектов модели из базы данных, сформировать статистические данные и сравнить их с входными параметрами (рисунок 6).



Рисунок 6 – Результаты работы алгоритма создания домохозяйств

Согласно выборке результирующих данных моделирования, представленной на рисунке 6, первоначальное поколение агентов было создано и полностью соответствует заданным наборам исходных данных. В дальнейшей разработке модуля «Демография» предполагается реализация алгоритмов динамики населения: взросления и смерти агентов; рождения новых агентов; вступления в брак и развода агентов. Такие процессы как появление одиночных домохозяйств и неполных семей будут поддерживаться с помощью вышеперечисленных алгоритмов, что позволит наблюдать естественную динамику их изменения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-310-00185.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Tesfatsion L. Agent-based computational economics: Growing economies from the bot-tom up. Artificial Life. – 2002. – №8. – Р. 55-82.
2. Всероссийская перепись населения 2010 (официальный сайт) http://www.gks.ru/free\_doc/new\_site/perepis2010/croc/perepis\_itogi1612.htm. Дата обращения 22.06.2018.
3. Машкова А.Л. Прогнозирование долгосрочного развития макроэкономических систем на базе агент-ориентированных моделей. Государственное управление. Электронный вестник. – 2016. – № 57. – С.49-68.
4. Машкова А.Л., Савина О.А. Управление финансовыми потоками агентов-предприятий в модели экспериментальной экономики. Управленческий учет. – 2015. – № 12. – С. 89-98.
5. Машкова А.Л. Структура и математическое обеспечение программного модуля «Экономика и образование» агентной модели экспериментальной экономики. Вестник Брянского государственного технического университета. 2015. - № 4(48). С. 148-154.
6. Машкова А.Л., Савина О.А. Управление инвестиционными программами в агентной модели экспериментальной экономики Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Экономика. Информатика. 2015. №19 (216). Выпуск 36/1. С.86-90.
7. Федеральная служба государственной статистики (официальный сайт) http://www.gks.ru/. Дата обращения 26.06.2018.

**Новикова Екатерина Вячеславовна**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел

аспирант кафедры информационных систем

Тел.: +7(919) 263-02-77

E-mail: esty92@ya.ru

**Машкова Александра Леонидовна**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел

К.т.н., доцент кафедры информационных систем

Тел.: +7(920) 285-67-45

E-mail: aleks.savina@gmail.com