

Социология управления  
Management sociology

DOI: 10.24412/2070-1381-2022-94-203-224

Агент-ориентированная демографическая модель Дальнего Востока как инструмент  
поддержки принятия управленческих решений

**Россошанская Елена Андреевна<sup>1</sup>**

Кандидат экономических наук, ведущий эксперт-аналитик, Восточный центр государственного планирования, Москва, РФ.

E-mail: [e.rossoshanskaya@vostokgosplan.ru](mailto:e.rossoshanskaya@vostokgosplan.ru)

SPIN-код РИНЦ: [1545-9881](#)

ORCID ID: [0000-0002-7129-6406](#)

**Дорошенко Татьяна Андреевна**

Ведущий эксперт-аналитик, Восточный центр государственного планирования, Москва, РФ.

E-mail: [t.doroshenko@vostokgosplan.ru](mailto:t.doroshenko@vostokgosplan.ru)

SPIN-код РИНЦ: [3070-3006](#)

ORCID ID: [0000-0001-7958-8801](#)

**Самсонова Наталья Александровна**

Главный эксперт, Восточный центр государственного планирования, Москва, РФ.

E-mail: [n.samsonova@vostokgosplan.ru](mailto:n.samsonova@vostokgosplan.ru)

SPIN-код РИНЦ: [2932-2782](#)

**Ли Елена Львовна**

Кандидат экономических наук, руководитель направления «Качество жизни и демографический потенциал», Восточный центр государственного планирования, Москва, РФ.

E-mail: [e.lee@vostokgosplan.ru](mailto:e.lee@vostokgosplan.ru)

ORCID ID: [0000-0003-2068-721X](#)

**Кузнецов Михаил Евгеньевич**

Кандидат экономических наук, директор, Восточный центр государственного планирования, Москва, РФ.

E-mail: [m.kuznetsov@vostokgosplan.ru](mailto:m.kuznetsov@vostokgosplan.ru)

SPIN-код РИНЦ: [1367-4250](#)

ORCID ID: [0000-0001-5657-8184](#)

**Агешина Елена Юрьевна**

Кандидат экономических наук, директор по научно-методическим проектам, Восточный центр государственного планирования, Москва, РФ.

E-mail: [e.ageshina@vostokgosplan.ru](mailto:e.ageshina@vostokgosplan.ru)

**Аннотация**

Научная обоснованность — одно из ключевых требований к документам стратегического планирования, закрепленное на уровне федерального законодательства. Обеспечение научной обоснованности требует разработки и внедрения в систему государственного и муниципального управления специального инструментария, способного предоставлять лицам, принимающим решения, как информацию о текущем состоянии объекта управления, так и сценарные прогнозы его развития с учетом различных вариантов управленческих воздействий. Выбор инструментария прогнозирования не регламентируется законодательно и осуществляется органами власти самостоятельно, что приводит к несогласованности прогнозов различного уровня и ставит под сомнение достижимость целевых показателей. Применение агент-ориентированных моделей в качестве инструмента поддержки принятия решений позволяет апробировать управленческие решения на искусственном обществе и прогнозировать социально-экономическую динамику комплексно, одновременно на всех уровнях управления: от индивида до региона, округа, страны. Целью данной статьи является характеристика функциональных возможностей агент-ориентированной демографической модели Дальнего Востока, разработанной в ФАНУ «Востокгосплан», для использования органами управления разного уровня. Для достижения поставленной цели в статье раскрывается концептуальная схема агент-ориентированной модели, описываются особенности ее программной реализации, обосновываются экзогенно управляемые параметры и представляются соответствующие им интерактивные элементы управления, формирующие пользовательский интерфейс модели. Результаты моделирования могут быть использованы при составлении документов стратегического планирования и программ развития региона, в частности для разработки прогноза численности населения региона, прогноза баланса трудовых ресурсов, прогноза социально-экономического развития, планирования мероприятий по созданию рабочих мест и других мероприятий государственных и региональных программ по содействию занятости. Данный инструмент может быть применен также для проведения сценарных экспериментов и обоснования экономической эффективности регулирующего воздействия.

**Ключевые слова**

Агент-ориентированное моделирование, искусственное общество, стратегическое планирование, демографический прогноз, региональное управление, Дальний Восток.

<sup>1</sup> Корреспондирующий автор.

## Agent-Based Demographic Model of the Far East as a Tool to Support Management Decision Making

### **Elena A. Rossoshanskaya<sup>2</sup>**

PhD, Leading Expert Analyst, Eastern State Planning Center, Moscow, Russian Federation.

E-mail: [e.rossoshanskaya@vostokgosplan.ru](mailto:e.rossoshanskaya@vostokgosplan.ru)

ORCID ID: [0000-0002-7129-6406](https://orcid.org/0000-0002-7129-6406)

### **Tatyana A. Doroshenko**

Leading Expert Analyst, Eastern State Planning Center, Moscow, Russian Federation.

E-mail: [t.doroshenko@vostokgosplan.ru](mailto:t.doroshenko@vostokgosplan.ru)

ORCID ID: [0000-0001-7958-8801](https://orcid.org/0000-0001-7958-8801)

### **Natalia A. Samsonova**

Chief Expert, Eastern State Planning Center, Moscow, Russian Federation.

E-mail: [n.samsonova@vostokgosplan.ru](mailto:n.samsonova@vostokgosplan.ru)

### **Elena L. Li**

PhD, Head of the Department of Quality of Life and Demographic Potential, Eastern State Planning Center, Moscow, Russian Federation.

E-mail: [e.lee@vostokgosplan.ru](mailto:e.lee@vostokgosplan.ru)

ORCID ID: [0000-0003-2068-721X](https://orcid.org/0000-0003-2068-721X)

### **Michael E. Kuznetsov**

PhD, Director, Eastern State Planning Center, Moscow, Russian Federation.

E-mail: [m.kuznetsov@vostokgosplan.ru](mailto:m.kuznetsov@vostokgosplan.ru)

ORCID ID: [0000-0001-5657-8184](https://orcid.org/0000-0001-5657-8184)

### **Elena Yu. Agheshina**

PhD, Director for Scientific and Methodological Projects, Eastern State Planning Center, Moscow, Russian Federation.

E-mail: [e.ageshina@vostokgosplan.ru](mailto:e.ageshina@vostokgosplan.ru)

### **Abstract**

Scientific validity is one of the key requirements for strategic planning documents, enshrined at the level of federal legislation. Ensuring scientific validity requires the development and implementation of special tools in the system of state and municipal government that can provide decision makers with both information about the current state of the control object and scenario forecasts for its development, taking into account various options for managerial impacts. The choice of forecasting tools is not regulated by law and is carried out by the authorities independently, which leads to inconsistency in forecasts of various levels and casts doubt on the achievability of target indicators. The use of agent-based models as a decision support tool makes it possible to test management decisions on an artificial society and forecast socio-economic dynamics in a comprehensive manner, simultaneously at all levels of management: from an individual to a region, district, country. The purpose of this article is to characterize the functionality of the agent-based demographic model of the Far East, developed at the Federal Autonomous Scientific Institution "Eastern State Planning Center", for use by governments at various levels. To achieve this purpose, the article reveals the conceptual scheme of the agent-based model, describes the features of its software implementation, substantiates exogenously controlled parameters and presents the corresponding interactive controls that form the user interface of the model. The simulation results can be used in the preparation of strategic planning documents and regional development programs, in particular to develop a forecast of the population of the region, a forecast of the balance of labor resources, a forecast of socio-economic development, planning activities to create jobs and other activities of state and regional programs to promote employment. This tool can be used as well to conduct scenario experiments and substantiate the economic efficiency of the regulatory impact.

### **Keywords**

Agent-based modeling, artificial society, strategic planning, demographic forecast, regional management, Far East.

### **Введение и постановка проблемы**

В соответствии с законом «О стратегическом планировании в Российской Федерации» социально-экономические ориентиры разрабатываются на национальном и региональных уровнях на долгосрочный и среднесрочный периоды<sup>3</sup>. Основой планирования пространственного развития, совершенствования системы расселения, территориальной организации экономики и оказания услуг социальной сферы (здравоохранения, образования, культуры, физической культуры и спорта, социального обслуживания) и т.д.<sup>4</sup> должны стать научно-обоснованные

<sup>2</sup> Corresponding author.

<sup>3</sup> Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28 июня 2014 г. N 172-ФЗ // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164841/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/) (дата обращения: 27.08.2022).

<sup>4</sup> Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.02.2019 № 207-р; в ред. от 25.06.2022 // Гарант [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72174066/> (дата обращения: 27.08.2022).

значения целевых индикаторов и показателей ожидаемых результатов социально-экономического развития территорий, в частности получаемые в рамках демографических и социально-экономических прогнозов.

Разработка прогнозов на региональном и муниципальном уровнях осуществляется соответствующим звеном управления. На федеральном уровне разрабатываются рекомендации по разработке документов стратегического планирования для органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления. Однако в российской нормативно-правовой базе отсутствуют рекомендации по выбору инструментария стратегического планирования [Росошанская 2019], в том числе не обозначены перечни рекомендуемых программно-технических комплексов, критерии определения методов оценки перспективных значений показателей, минимальные требования к системам прогнозирования и их потребительским характеристикам.

В этой связи актуальными задачами являются выбор и разработка качественного и современного инструментария стратегического планирования, способного обеспечить научную обоснованность принимаемых решений, «государственных проектов и программ стратегического развития на всех уровнях управления» [Лычкина 2015, 168].

Технические требования к инструментарию прогнозирования диктуются современными запросами, тенденциями и государственными приоритетами, направленными на развитие цифрового стратегического планирования.

Использование компьютерных технологий в государственном и муниципальном управлении преимущественно ограничивается разработкой и внедрением широкого перечня предоставляемых электронных услуг, связанных с хранением данных и обменом информации в электронном виде. Это позволяет повысить скорость выполнения части функций по работе с населением, а также осуществления межведомственного взаимодействия, в том числе в рамках мониторинга реализации государственных программ и проектов. Остальной функционал, связанный с выработкой эффективных и оптимальных государственных решений, остается вне цифровизации и имеет высокую степень субъективности их принятия (слабый уровень научной обоснованности).

Следующим этапом информатизации управленческой деятельности должно стать создание современных и эффективных систем поддержки принятия решений (далее — СППР), которые по своим возможностям и функционалу будут соответствовать реальным полномочиям органов власти, учитывать квалификацию и потребности государственных и муниципальных служащих, а также сложность решаемых задач [Кириенко 2013]. Данный тезис также соответствует концепции цифровой трансформации стратегического управления в Российской Федерации, заложенной в рамках реализации федерального проекта «Цифровое государственное управление» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»<sup>5</sup>. Цифровизация стратегического планирования заключается в создании цифровых платформ поддержки принятия управленческих решений в сфере стратегического управления, в том числе с использованием таких интеллектуальных технологий, как имитационное моделирование, большие данные, искусственный интеллект, облачные технологии<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Паспорт федерального проекта «Цифровое государственное управление» // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: [https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-tsifrovoe-gosudarstvennoe-upravlenie.pdf?utm\\_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f](https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-tsifrovoe-gosudarstvennoe-upravlenie.pdf?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f) (дата обращения: 27.08.2022).

<sup>6</sup> Концепция развития федеральной информационной системы стратегического планирования (ФИС СП), в части цифровой трансформации стратегического управления в Российской Федерации // Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/9b0a513bb42eb526564a8178e813cec2/konceptiya\\_razvitiya\\_cifrovoy\\_platformy\\_strat\\_plan.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/9b0a513bb42eb526564a8178e813cec2/konceptiya_razvitiya_cifrovoy_platformy_strat_plan.pdf) (дата обращения: 27.08.2022)

Анализ содержания документов стратегического планирования, созданных согласно требованиям федерального закона и методическим рекомендациям, позволяет сделать предположения о функционале, который должна иметь цифровая платформа поддержки принятия управленческих решений в сфере стратегического планирования:

- фиксирование состояния социально-экономической системы как начальной точки развития;
- моделирование поведения и развития социально-экономической системы с учетом внутренних и внешних шоков, экзогенных параметров;
- прогнозирование динамических параметров социально-экономической системы;
- реализация экспериментов по варьированию параметров сценарных условий;
- осуществление *ex ante* и *ex post* оценки принимаемых решений.

Одним из наиболее перспективных цифровых инструментов стратегического планирования, удовлетворяющих перечисленным требованиям, являются агент-ориентированные СППР, стремительно набирающие популярность и активно используемые за рубежом для облегчения процессов принятия стратегических решений в различных областях, в частности в управлении здравоохранением [Yu et al. 2016], медицинской диагностике [Salem et al. 2015], логистике [Quindt et al. 2011], информационных технологиях [Chesney et al. 2017], решении проблем распределения задач [Matsatsinis, Delias 2003] и многих других.

Агент-ориентированные (или агентные) СППР — это особый вид систем поддержки принятия решений<sup>7</sup>, основанных на сложных агент-ориентированных моделях, встроенных в программную оболочку с дружественным и простым (интуитивно понятным) интерфейсом. Таким образом, агентная СППР относится к модельно-управляемым СППР (*model-driven decision support systems*) [Zeebaree, Aqel 2019] и состоит из ядра (непосредственно агент-ориентированной модели) и надстроек (интерфейса).

Идея о целесообразности использования агент-ориентированных моделей в качестве инструмента стратегического планирования высказывается специалистами на протяжении последних 10 лет [Макаров и др. 2016]. Использование агентного подхода в моделировании демографического развития оправдано как свойствами самого объекта исследования (неоднородность агентов, их автономность, способность к нелинейным взаимодействиям и адаптации [Bonabeau 2002]), так и возможностями данного подхода (объект управления отражается в модели на том же уровне детализации, на котором с ним работают лица, принимающие решения<sup>8</sup>).

Однако, несмотря на позиционирование разработанных моделей как «tools for policy» [Furtado, Eberhardt 2016] или «инструментов апробации управленческих решений» [Макаров и др. 2016], зачастую они таковыми не являются и выполняют только аналитическую функцию. Их использование в системе управления оказывается трудным либо невозможным, так как программный продукт первоначально ориентирован не на конечного потребителя (клиента, управленца), а на разработчика, обладающего высоким уровнем компетенций, часто уникальных.

<sup>7</sup> Медведева М.А., Коломыцева А.О., Вишнякова А.Ю., Искра Е.А. Системы поддержки принятия управленческих решений. Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2019.

<sup>8</sup> Mendritzki S. Artificial Policy: Examining the Use of Agent-Based Modeling in Policy Contexts: Master's thesis. Calgary, 2010.

В этой связи ФАНУ «Востокгосплан» ведет разработку агент-ориентированной демографической модели Дальнего Востока (далее — АОДМ ДФО)<sup>9</sup>, которая может быть в дальнейшем внедрена как элемент цифровой платформы принятия решений в сфере стратегического планирования в макрорегионе.

Целью данной статьи является характеристика функциональных возможностей АОДМ ДФО для использования органами управления разного уровня. Для достижения поставленной цели в статье раскрывается концептуальная схема агент-ориентированной модели, описываются особенности ее программной реализации, обосновываются экзогенно управляемые параметры и представляются соответствующие им интерактивные элементы управления, формирующие пользовательский интерфейс модели.

В ходе проведения научно-исследовательской работы, получены следующие результаты, обладающие признаками научной новизны: 1) впервые разработана агент-ориентированная модель демографического развития Дальнего Востока — макрорегиона с детализацией по 11 субъектам РФ, включающим 230 муниципальных образования (в том числе городских и сельских территорий); 2) АОДМ ДФО реализована в реальном масштабе 1:1 (8,2 млн агентов), что позволило создать искусственное общество индивидов, характеризующихся социальной неоднородностью; 3) выделен минимальный набор функций, которые должен выполнять инструментарий стратегического социального планирования развития территорий в рамках СППР; 4) обоснована важность пользовательского интерфейса модели и интерактивных элементов управления в рамках клиенториентированного подхода.

АОДМ ДФО обладает высокой практической значимостью — ее пользователями могут быть субъекты стратегического планирования, муниципальные образования и субъекты Российской Федерации, входящие в Дальневосточный федеральный округ. Предлагаемый инструментальный комплекс может быть использован в качестве инструмента СППР и обоснования выбора оптимальных управленческих решений.

Объект (население Дальневосточного федерального округа) и предмет моделирования (демографические процессы в ДФО) также являются актуальными в настоящее время: в 2013 году Президентом Российской Федерации В.В. Путиным развитие Дальнего Востока объявлено национальным приоритетом на весь XXI в<sup>10</sup>. В частности, в 2020 г. принята Национальная программа социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 г. и на перспективу до 2035 г., при разработке которой в качестве ориентиров использовались указы Президента Российской Федерации, касающиеся национальных целей и стратегических задач<sup>11</sup>, в том числе в сфере демографии (повышение продолжительности жизни, снижение смертность, повышение рождаемости).

К главным преимуществам представляемого решения относятся его практикоориентированность, комплексность и системность, динамичность и многофакторность, гибкость и этичность (эксперименты на искусственном обществе более гуманны и этичны, чем внедрение непроверенных, слабо обоснованных решений в реальный социум).

<sup>9</sup> В рамках государственного задания на 2022 год и на период 2023–2024 гг. по теме «Агент-ориентированное моделирование и прогнозирование демографических процессов в Дальневосточном федеральном округе (2021–2022 гг)».

<sup>10</sup> Дальний Восток — национальный приоритет на весь XXI век // Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока [Электронный ресурс]. URL: <https://minvr.gov.ru/press-center/news/dalniy-vostok-natsionalnyy-prioritet-na-ves-xxi-vek-13147/> (дата обращения: 27.08.2022); Об утверждении Национальной программы социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 года и на перспективу до 2035 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.09.2020 № 2464-р // Гарант [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74587526/> (дата обращения: 27.08.2022).

<sup>11</sup> Президент подписал Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // Президент России [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038> (дата обращения: 27.08.2022).

**Концептуальная схема агент-ориентированной демографической модели**

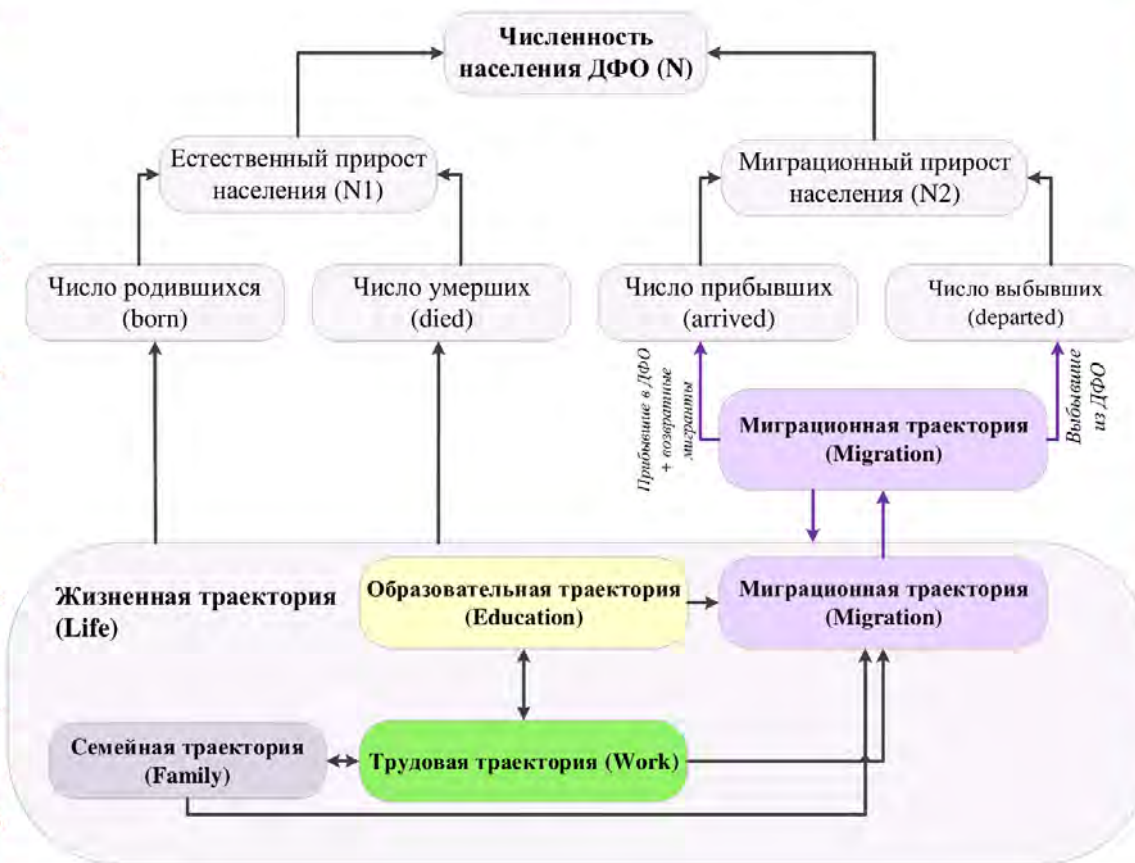
В рамках модели демографические процессы структурированы с учетом этапов жизненного цикла среднестатистического жителя Дальнего Востока, его половозрастных, социально-экономических характеристик, а также параметров среды. Используются следующие основные понятия:

- состояние — этап жизненного цикла агента;
- переход — процесс изменения состояния агента в течение жизненного цикла;
- условие перехода от одного состояния к другому — набор критериев, определяющих изменение состояния;
- параметр — статический (постоянный) и динамический (изменяющийся) показатель, характеризующий состояние агента и окружающей среды;
- траектория — совокупность возможных состояний и переходов между ними, характеризующих паттерны поведения агентов, связанные с реализацией планов в образовательной, трудовой, семейной и миграционной сферах;
- стратегия поведения — алгоритм выбора последовательности переходов между состояниями (алгоритм принятия решений) в рамках отдельных траекторий и между ними в соответствии с поведенческими установками агента и факторами среды.

Структуру компонентов, формирующих численность населения и оказывающих влияние на ее динамику, наглядно отражает концептуальная (логическая) схема агент-ориентированной демографической модели (Рисунок 1). Данные компоненты включают естественный и миграционный приросты. Естественный прирост характеризуется рождаемостью и смертностью, миграционный прирост — соотношением прибывших и выбывших в/из ДФО (Рисунок 2). Взаимосвязь между компонентами изменения численности населения моделируются в рамках условной жизненной траектории агента.

**Характеристики «среды»:**

- Территориальные
- Демографические
- Системы здравоохранения
- Рынка труда
- Структуры денежных доходов и расходов населения
- Жилищной сферы
- Региональных финансов



- Детализация:**
- Муниципальное образование
  - Субъект
  - Макрорегион

- Социально-демографические прогнозы
- Структура и динамика трудовых ресурсов
- Моделирование государственной политики

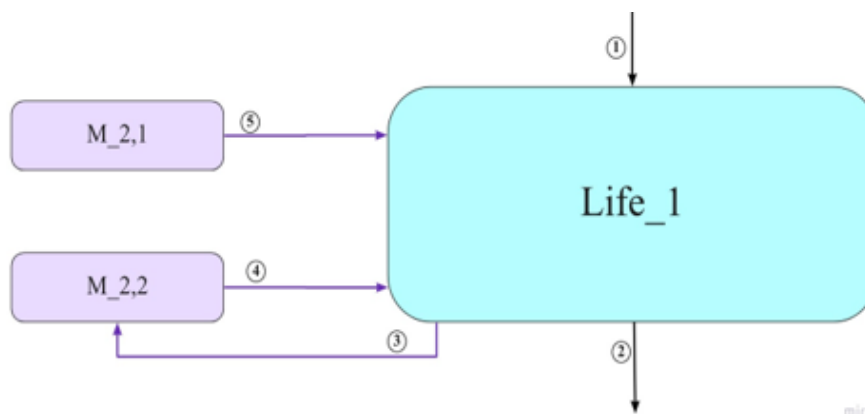
Рисунок 1. Концептуальная схема агент-ориентированной демографической модели<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Составлено авторами.

Жизненная траектория агента характеризуется совокупностью частных траекторий:

- 1) образовательная — состояния, характеризующие этапы получения образования агентом;
- 2) трудовая — состояния, определяющие статус участия в рабочей силе и иные сопутствующие параметры (например, вид экономической деятельности, профессия/должность, уровень заработной платы и т.д.);
- 3) семейная — состояния, определяющие структуру домашнего хозяйства, а также репродуктивное поведение агентов;
- 4) миграционная — состояния, отражающие механическое движение населения и сопутствующие параметры (причины миграции, возвратность миграции и т.д.).

Переход между этапами жизненного цикла и траекториями описывается параметрами и ограничениями системы, характеристикой внешней среды, функциональными зависимостями как для отдельных элементов и процессов, так и для всей их совокупности.



**Условные обозначения:**

Состояния:

Life\_1 — жизнь;

M\_2,1 — прибывшие в ДФО (внешние);

M\_2,2 — выбывшие из ДФО.

Переходы:

1 — рождение;

2 — смерть;

3 — переезд населения из ДФО;

4 — возвращение в ДФО;

5 — переезд населения в ДФО.

**Рисунок 2. Схема жизненной и миграционной траекторий<sup>13</sup>**

Состояние «жизнь» включает полный цикл жизнедеятельности агента от рождения до смерти с возможной реализацией миграционных установок (въезд в / выезд из ДФО), а также индивидуальных траекторий развития.

Основополагающим элементом модели является персона, которая обладает индивидуальными свойствами (характеристиками) и учитывается самостоятельно или в совокупности (семья и домохозяйство) (Рисунок 3).

<sup>13</sup> Составлено авторами.





Рисунок 3. Основные элементы модели<sup>14</sup>

Элемент «Персона» (агент-человек) обладает следующими свойствами:

- 1) уникальный ID;
- 2) пол;
- 3) дата (год) рождения;
- 4) ожидаемая продолжительность жизни;
- 5) семейный статус;
- 6) дата (год) заключения брака;
- 7) принадлежность к семье;
- 8) принадлежность к домохозяйству, связь с родителями;
- 9) уровень образования текущий, желаемый, статус обучающегося;
- 10) состояние трудовой занятости, признак (год) досрочного выхода на пенсию;
- 11) данные для планирования / учета миграции, в том числе статус «иностранного мигранта».

Новая персона образуется в случае:

- 1) начального формирования популяции;
- 2) рождения детей;
- 3) миграции из-за пределов модельного региона.

Персона «выходит» из модели (удаляется из расчетов) в случаях:

- 1) смерти;
- 2) миграции за пределы региона.

Элемент «Семья» обладает следующими свойствами:

- 1) уникальный ID;
- 2) связь между двумя взрослыми персонами;
- 3) количество детей, связи с детьми;
- 4) даты образования и прекращения;
- 5) принадлежность к домохозяйству.

В модели реализован традиционный тип семьи, которая может иметь от 0 до  $n$  детей, проживающих совместно с родителями до совершеннолетия или завершения учебы. Одновременно учитывается, что взрослая пара может не являться биологическими родителями всех детей в случаях развода и повторного брака или после смерти обоих родителей. Для элемента «Семья» в модели установлены следующие правила:

- 1) новая семья образуется в случае вступления в брак/партнерство двух персон противоположного пола и с установленной разницей в возрасте, а также при появлении детей (у одного и двух партнеров);

<sup>14</sup> Составлено авторами.

- 2) семья может иметь статус зарегистрированного и незарегистрированного брака;
- 3) семья проживает вместе (в рамках домохозяйства);
- 4) решения по миграции распространяются на всю семью;
- 5) при разводе дети остаются у матери;
- 6) в случае смерти одного из супругов/партнеров оставшийся может вступать в новый брак/семью;
- 7) в случае смерти обоих супругов при наличии несовершеннолетних детей предполагается, что в том же регионе «найдутся» родственники и дети перейдут в их домохозяйство;
- 8) по достижении совершеннолетия или окончания учебы персон покидает семью (но остается членом домохозяйства);
- 9) семья прекращает существование в случае, если: все участники, включая детей, умерли или мигрировали за пределы региона; остался взрослый участник после смерти супруга при отсутствии несовершеннолетних детей или детей, продолжающих обучение.

Элемент «Домохозяйство» обладает следующими свойствами:

- 1) уникальный ID;
- 2) коллекция проживающих персон;
- 3) регион проживания;
- 4) дополнительные параметры для расчета микроэкономики.

Новое домохозяйство образуется:

- 1) при формировании начальной популяции;
- 2) при вступлении в брак/партнерство, если оба участника проживают в домохозяйствах, где есть другие взрослые (в противном случае супруг переезжает к другому участнику, ведущему домохозяйство);
- 3) при разводе (образуется новое домохозяйство для мужчины, женщина с детьми остается в старом);
- 4) при миграции в регион;
- 5) при достижении ребенком определенного возраста или завершении учебы в вузе.

Домохозяйство прекращает существование в случае:

- 1) миграции, при этом не остается взрослых членов семьи;
- 2) смерти всех (взрослых) участников;
- 3) вступлении в брак единственного взрослого участника (при условии, что у другого участника уже есть домохозяйство, где он единственный взрослый).

Персона добавляется в существующее домохозяйство при:

- 1) рождении;
- 2) вступлении в брак (если у другого участника есть домохозяйство, где он единственный взрослый).

Персона покидает домохозяйство в случае:

- 1) смерти;
- 2) миграции за пределы региона;
- 3) вступления в брак (с переездом) / развода;

- 4) достижения определенного возраста (возраст может отличаться от возраста совершеннолетия).

Персоны в модели могут агрегироваться в совокупную численность населения муниципального образования, субъекта или макрорегиона.

Макрорегион представляет собой коллекцию субъектов, входящих в него по административно-территориальному делению, а субъекты — совокупность муниципальных образований (Рисунок 4). Внутри каждого уровня территории подразделяются на городское и сельское поселения.

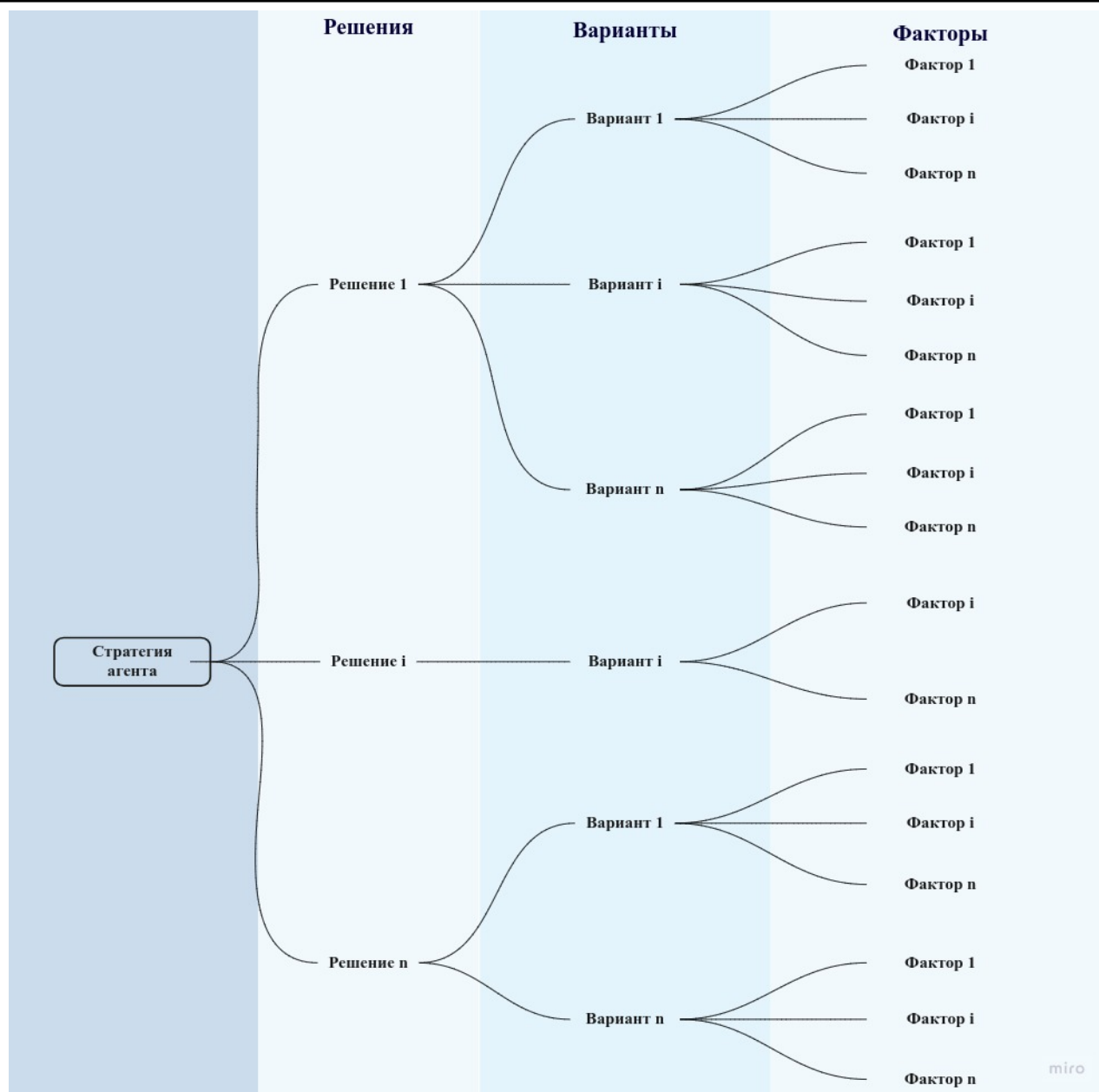


**Рисунок 4. Иерархия уровней моделирования<sup>15</sup>**

Элемент «Регион» также обладает рядом характеристик, отражающих привлекательность территории для проживания/миграционного притока населения. Данный параметр необходим для оценки интегрального и региональных уровней привлекательности регионов в ДФО, в том числе с учетом реализации экспериментальных расчетов по реализации мер государственной миграционной и социальной политики. Элемент содержит сводную статистику популяции на уровне макрорегиона, регионов и муниципальных образований.

В ходе работы модели для агента рассчитываются вероятности переходов между состояниями на основе стратегий поведения (Рисунок 5). Конкретное принимаемое решение агента (или изменение его параметров, значение которых используется как условие перехода между состояниями) оценивается с помощью набора факторов. Алгоритм оценки может быть представлен мультипликатором значений (весов) факторов или алгоритмом принятия решения на основе сравнения альтернатив.

<sup>15</sup> Составлено авторами.



**Рисунок 5. Составляющие компоненты стратегии поведения<sup>16</sup>**

Следует отметить, что представленная схема работает двунаправленно: эндогенные и экзогенные (задаваемые пользователем) факторы влияют на выбор решения по соответствующей стратегии, что, в свою очередь, запускает пересчет эндогенных факторов, влияющих на другие стратегии агента. В данной схеме наглядно раскрывается механизм влияния управляемых параметров модели на изменение стратегии поведения агента. Работает следующая цепочка взаимосвязей: пользователь агентной системы поддержки принятия решений изменяет значения управляемых параметров за счет интерактивных элементов интерфейса, что приводит к изменению соответствующих факторов, те, в свою очередь, влияют на варианты выбора и принимаемые решения, формирующие стратегии поведения агентов. И, наоборот, уже выработанные стратегии поведения задают правила принятия решений, принятые решения влияют на перечень вариантов выбора, что сказывается на факторах.

<sup>16</sup> Составлено авторами.

### **Программная реализация модели**

Модель разработана в системе имитационного моделирования AnyLogic Professional (версия 8.7.12) с встроенным языком программирования Java. Слоган «AnyLogic Моделирование для обоснованных решений», расположенный на главной странице официального [сайта](#) фирмы-разработчика, как нельзя лучше отражает основную идею и предназначение данной системы моделирования.

Агент-ориентированная демографическая модель Дальнего Востока как система поддержки принятия решений представляет собой инструментальный комплекс, включающий следующие функциональные блоки:

- база данных входных параметров модели — представляет собой систему настройки модели на исходные статистические данные макрорегиона, субъекта Дальневосточного федерального округа, муниципального образования или группу объектов моделирования;
- агент-ориентированная модель — непосредственно ядро инструментального комплекса, реализующее воспроизведение демографических и социально-экономических процессов, происходящих с агентами в определенных условиях среды;
- надстройки для проведения сценарных и расчетных экспериментов — система инструментов представления, управления и обработки данных, являющихся условиями проведения расчетов;
- база данных выходных показателей модели — система хранения результатов моделирования;
- система визуализации результатов модельных расчетов — система представления результатов модельных расчетов.

База данных входных параметров модели является инструментом спецификации модели под конкретный объект моделирования и содержит параметры популяции агентов и закономерностей поведения системы, соответствующие статистическим данным конкретного объекта. Выделение базы данных в отдельный функциональный блок необходимо для тиражирования и спецификации работы модели под конкретный объект моделирования без необходимости изменения самой модели.

Надстройки для проведения сценарных и расчетных экспериментов представляют собой совокупность инструментов, позволяющих проводить разные эксперименты в модели в зависимости от задачи исследователя. В разрабатываемой модели реализуются следующие вариации надстроек:

- надстройка для проведения калибровочных расчетов (эксперимент «Калибровка») — позволяет подобрать путем многократных расчетных экспериментов значения параметров функций модели, которые наиболее точно будут соответствовать статистическим данным или целевым значениям;
- надстройка для проведения сценарных расчетов — совокупность инструментов, позволяющих пользователю задавать и корректировать сценарные условия для модельных расчетов посредством загрузки значений через базу данных или через элементы управления модели (таких как бегунки, флажки, кнопки, списки и т.д.);

— надстройка для проведения расчетных экспериментов — совокупность экспериментов, настраиваемых пользователем модели с учетом возможностей программного обеспечения. Платформа имитационного моделирования AnyLogic Professional позволяет проводить эксперименты, направленные на определение оптимальных значений параметров или на сравнение результатов моделирования при варьировании значений отдельных параметров модели. Основной особенностью проведения экспериментов в AnyLogic является возможность многократного запуска модели и определение конечных результатов моделирования на основе усреднения промежуточных итогов, а также определение коридора прогнозных значений с учетом вероятностных распределений.

Профессиональная версия AnyLogic поддерживает девять типов экспериментов, каждый из которых соответствует своей задаче моделирования: 1) простой эксперимент; 2) варьирование параметров; 3) оптимизация; 4) сравнение «прогонов»; 5) Монте-Карло; 6) анализ чувствительности; 7) калибровка; 8) обучение ИИ; 9) нестандартный<sup>17</sup>. Однако большинство из них являются сложными для понимания неспециалистами и обычно не применяются в пользовательской версии, но могут быть добавлены в модель по запросу под конкретные потребности. Чаще всего во всех сценарных расчетах в моделях, построенных в AnyLogic, используется самый привычный пользователю тип эксперимента, не требующий специальных знаний: простой эксперимент. Он имеет минимально необходимый пользователю функционал: запускает модель с заданными значениями параметров, поддерживает режимы виртуального и реального времени, анимацию и отладку модели.

База данных выходных показателей модели представляет собой инструмент хранения, обработки и представления результатов моделирования в формате структурированных таблиц с данными. По итогам работы агент-ориентированной демографической модели значения выходных параметров записываются в документ формата Excel для дальнейшей обработки, анализа и визуализации данных.

Система визуализации результатов модельных расчетов — система представления результатов модельных расчетов путём их отображения непосредственно в интерфейсе самой модели в виде графиков, индикаторов и таблиц. Однако наличие базы данных выходных показателей модели позволяет создать отдельную систему визуализации данных с использованием внешних инструментов (таких как MS Excel) и облачных сервисов визуализации и анализа данных (например, Yandex DataLens), которые дают возможность создать конструктор отчетов (с возможностью выбора перечня показателей, выгружаемых для представления) или визуализировать результаты с применением дашбордов и отдельных чартов.

В текущей версии программного продукта визуализация результатов моделирования выполнена постранично: созданы отдельные вкладки «Население», «Рождаемость», «Смертность», «Семья и брак», «Образование», «Свод», объединяющие динамические графики и диаграммы по соответствующим им блокам показателей. Пример визуализации результатов, доступных пользователю на экране в текущей версии модели, приведен на Рисунке 6. Все выходные данные, не отражаемые на экране, сохраняются в базе данных формата Excel.

<sup>17</sup> Типы экспериментов // AnyLogic [Электронный ресурс]. URL: <https://anylogic.help/ru/anylogic/experiments/about-experiments.html> (дата обращения: 27.08.2022).

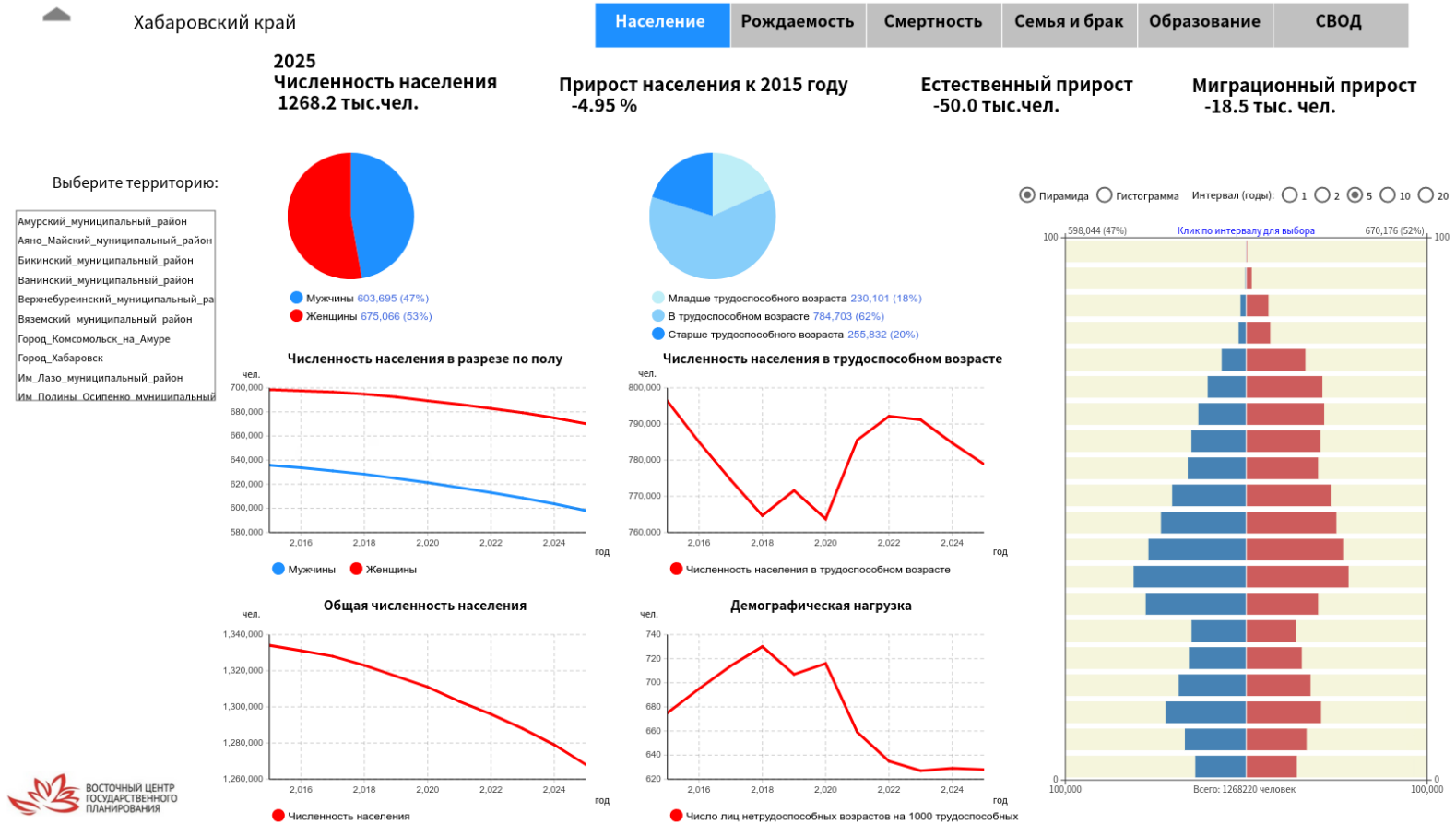


Рисунок 6. Пример визуализации результатов прогнозирования (вкладка «Население»)¹⁸

¹⁸ Фрагмент модели. Разработано авторами.

Как можно видеть, модель обладает дружелюбным интерфейсом и интуитивно понятной системой навигации; имеет встроенные интерактивные элементы управления, разнообразные графические возможности формирования модельной статистики, отображающие состав и структуру населения территорий, а также ключевые характеристики агентов; охватывает 11 субъектов Российской Федерации (все регионы ДФО), 230 муниципальных образований, 8,2 млн агентов, 5 жизненных траекторий, более 700 тысяч единиц информации, более 30 управляемых параметров, более 50 выходных показателей.

#### **Управляемые параметры, интерактивные элементы управления и выходные показатели**

Настройка экспериментов в модели и формирование сценариев прогнозирования осуществляются за счет регулирования значений управляемых параметров, которые подразделяются на эндогенные (это настройки по умолчанию, они изменяются внутри модели) и экзогенные (это пользовательские настройки, они задаются через интерактивные элементы пользовательского интерфейса).

Изменяются эндогенно и считываются моделью на старте из базы данных формата Excel следующие параметры:

- средний возраст для родов, лет,
- коэффициент влияния отклонения по возрасту,
- средний интервал между детьми у одной женщины, лет,
- нижний предел интервала между детьми у одной женщины, лет,
- верхний предел интервала между детьми у одной женщины, лет,
- среднее количество детей в семье, чел.,
- коэффициент влияния отклонения по числу детей в семье,
- среднее количество рождений у женщины (СКР по годам),
- базовая вероятность решения родить ребенка в год для женщин 15–49 лет с учетом ограничений по числу детей,
- доля мальчиков среди новорожденных,
- доля разведенных женщин в общем числе женщин старше 18 лет,
- доля вдовствующих женщин в общем числе женщин старше 18 лет,
- коэффициент влияния интергенетического интервала,
- коэффициент перехода между уровнями образования,
- средний возраст невесты, лет,
- средняя разница в возрасте между мужем (женихом) и женой (невестой), лет,
- средний возраст жены при разводе, лет,
- минимальное значение коэффициента миграционного прироста, промилле,
- максимальное значение коэффициента миграционного прироста, промилле.



Экзогенно в текущей версии модели могут задаваться (если не установлены пользовательские значения, используются значения по умолчанию):

- продолжительность периода прогнозирования,
- среднее желаемое число детей в семье, чел.
- средний возраст женщины при рождении ребенка,
- коэффициент миграционного прироста, промилле,
- длительность пандемии.

Количество экзогенно управляемых параметров, настройка которых выведена на экран, может быть расширено или сокращено в зависимости от целей моделирования и потребностей конкретного пользователя. Задача разработчика — удовлетворить запросы потребителя, не перегружая интерфейс лишними деталями, но при этом обеспечивая разумный компромисс между количеством параметров и качеством моделирования.

Технические возможности AnyLogic Professional позволяют создавать интерактивный пользовательский интерфейс путем добавления следующих элементов управления: кнопка, флажок, текстовое поле, переключатель, бегунок, список, выпадающий список, элемент выбора файла, строка прогресса. Все элементы управления всегда располагаются поверх любых других графических элементов вне зависимости от порядка размещения и доступны пользователю<sup>19</sup>.

В текущей версии АОДМ ДФО используются следующие наиболее удобные и привычные пользователю интерактивные элементы управления:

- флажки — для «включения/выключения» пользовательских настроек (при выключенном флажке запускается эксперимент с настройками по умолчанию);
- кнопки — для навигации между уровнями детализации и областями просмотра: страницами в модели, которые реализованы наподобие вкладок в браузере;
- бегунки — для тонкой настройки эксперимента и установки конкретных значений управляемых параметров;
- переключатели — для улучшения качества визуализации результатов прогнозирования и выбора настроек диаграмм;
- списки — для выбора территорий, в частности муниципальных образований регионов ДФО (значение по умолчанию — Хабаровский край).

Перечисленные элементы управления предоставляют пользователю обширные возможности по настройке экспериментов в модели и проведению сценарных расчетов, а также навигации по областям просмотра результатов в ходе работы модели, создают интуитивно понятный и дружелюбный интерфейс.

В результате проведения вычислительных экспериментов непосредственно выводятся на экран и становятся доступны пользователю в интерактивном режиме прогнозы следующих показателей, объединенных в группы по смысловому принципу и отображаемых на отдельных вкладках модели (выходные показатели модели):

<sup>19</sup> Элементы управления // AnyLogic [Электронный ресурс]. <https://anylogic.help/ru/anylogic/controls/index.html> (дата обращения: 27.08.2022).

1. Население:
  - 1.1. численность постоянного населения, тыс. чел.;
  - 1.2. прирост постоянного населения к 2015 г., %;
  - 1.3. естественный прирост, тыс. чел.;
  - 1.4. миграционный прирост, тыс. чел.;
  - 1.5. численность населения в разрезе по полу (по годам), чел.;
  - 1.6. общая численность населения (по годам), чел.;
  - 1.7. численность населения в трудоспособном возрасте (по годам), чел.;
  - 1.8. число лиц нетрудоспособных возрастов на 1000 трудоспособных (демографическая нагрузка, по годам), чел.;
  - 1.9. численность населения в разрезе по полу и возрасту (половозрастная пирамида);
2. Рождаемость:
  - 2.1. общее число рождений (по годам), чел.;
  - 2.2. прирост родившихся к 2015 г., %;
  - 2.3. число женщин репродуктивного возраста в разрезе по однолетним возрастным группам, чел.;
  - 2.4. число несовершеннолетних детей (по годам), чел.;
  - 2.5. распределение женщин по возрасту и количеству рождённых детей, чел.;
  - 2.6. число родившихся по возрасту матери и очередности рождения, чел.;
3. Смертность:
  - 3.1. общее число умерших (по годам), чел.;
  - 3.2. число умерших в трудоспособном возрасте (по годам), чел.;
  - 3.3. число умерших в разрезе по полу (по годам), чел.;
  - 3.4. прирост умерших к 2015 г., %;
  - 3.5. число умерших в разрезе по полу и возрасту (половозрастная пирамида смертности);
4. Семья и брак:
  - 4.1. распределение семей по числу детей, число семей;
  - 4.2. число молодых семей по числу детей (супруги в возрасте до 35 лет), число семей;
  - 4.3. число браков / разводов (по годам), ед.;
  - 4.4. количество матерей-одиночек (по годам), чел.;
5. Образование:
  - 5.1. распределение мужчин и женщин по уровням образования, чел.;
  - 5.2. численность населения со средним и высшим профессиональным образованием (по годам), чел.;
  - 5.3. доля лиц со средним и высшим профессиональным образованием в общей численности, %;

6. Свод:

- 6.1. численность населения на начало года в разрезе по муниципальным образованиям, чел.;
- 6.2. естественный прирост в разрезе по муниципальным образованиям, чел.;
- 6.3. миграционный прирост в разрезе по муниципальным образованиям, чел.

Прогнозы перечисленных показателей выводятся на экран в виде динамических графиков, гистограмм и круговых диаграмм (см. Рисунок 6), могут быть приостановлены, скопированы в Excel и запущены заново с новыми пользовательскими настройками вычислительных экспериментов. Использование имитационных моделей и проведение экспериментов на искусственном обществе с помощью интерактивных элементов управления помогают сделать процесс принятия решений более эффективным, а само решение, понимаемое как «результат анализа, прогнозирования, оптимизации и выбора альтернативы из множества вариантов достижения конкретной цели»<sup>20</sup>, более взвешенным и научно обоснованным.

### **Выводы**

Обобщая описанный опыт разработки агент-ориентированной системы поддержки принятия решений для целей стратегического управления социально-экономическим развитием регионов ДФО, подчеркнем, что предложенная модель является пассивной системой поддержки принятия решений и не предлагает готовых решений, а поэтому может выступать в роли цифрового советника, но не заменит человека-эксперта. Тем не менее в пользу применения разработанной модели говорят следующие ее характеристики:

- соответствует принципам стратегического планирования в Российской Федерации;
- усиливает научную обоснованность планово-прогнозных документов;
- позволяет использовать сценарный подход в стратегическом управлении;
- соответствует современному уровню развития науки и техники;
- позволяет учесть роль человеческого фактора в социально-экономическом развитии;
- является приближенной к реальности, адекватна реальным социально-демографическим явлениям и процессам;
- имитирует процессы макроуровня как результат деятельности неоднородных агентов микроуровня [Axtell 2000, Чекмарева 2017].

Кроме того, агент-ориентированная демографическая модель Дальнего Востока удовлетворяет следующим свойствам «идеальной СППР» [Turban et al. 1998]:

- поддерживает моделирование;
- является гибкой и способна к адаптации и изменениям;
- проста в эксплуатации;
- повышает эффективность процесса принятия решения;
- подходит для группового и индивидуального использования;
- может быть использована лицами, принимающими решения различного уровня.

<sup>20</sup> Медведева М.А., Коломыцева А.О., Вишнякова А.Ю., Искра Е.А. Системы поддержки принятия управленческих решений. Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2019. С. 193.

Результаты вычислительных экспериментов в модели могут быть использованы управленцами различного уровня при составлении документов стратегического планирования и программ развития территории, в частности для разработки прогнозов численности населения, баланса трудовых ресурсов, социально-экономического развития, планирования мероприятий по созданию рабочих мест и других мероприятий государственных и региональных программ по содействию занятости. Данный инструмент может быть применен также для проведения сценарных экспериментов и обоснования экономической эффективности регулирующего воздействия.

Основные перспективы дальнейшего развития разработанной модели заключаются в расширении системы показателей и управляемых параметров, увеличении уровня детализации, развитии взаимосвязей показателей и усложнении стратегий поведения агентов, а также в совершенствовании интерфейса и расширении предоставляемых пользователям возможностей проведения вычислительных экспериментов.

#### **Список литературы:**

Кириенко В.Е. Вызовы и возможности при создании и применении систем поддержки принятия решений // Проблемы управления в социальных системах. 2013. Т. 6. № 9. С. 6-16.

Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование стратегического развития социально-экономических систем: поиск эффективных модельных конструкций // Труды Седьмой Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2015). М.: [б.и.], 2015. Т. 2. С. 168–173.

Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Агент-ориентированные модели как инструмент апробации управленческих решений // Управленческое консультирование. 2016. № 12. С. 16–25.

Россошанская Е.А. Возможности и перспективы применения агент-ориентированных моделей в управлении воспроизводством трудового потенциала на муниципальном уровне // Государственное управление. Электронный вестник. 2019. № 73. С. 249–266. DOI: [10.24411/2070-1381-2019-00039](https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-00039)

Чекмарева Е.А. Агент-ориентированные модели в муниципальном управлении // Проблемы развития территории. 2017. № 6(92). С. 121-135.

Axtell R. Why Agents? On the Varied Motivations for Agent Computing in the Social Sciences // Center on Social and Economic Dynamics (CSED). 2000. Working Paper No.17. URL: [https://www.researchgate.net/publication/228718823\\_Why\\_Agents\\_On\\_the\\_Varied\\_Motivations\\_for\\_Agent\\_Computing\\_in\\_the\\_Social\\_Sciences](https://www.researchgate.net/publication/228718823_Why_Agents_On_the_Varied_Motivations_for_Agent_Computing_in_the_Social_Sciences)

Bonabeau E. Agent-Based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems // PNAS. 2002. Vol. 99. Is. suppl\_3. P. 7280–7287. DOI: [10.1073/pnas.082080899](https://doi.org/10.1073/pnas.082080899)

Chesney T., Gold S., Trautrim A. Agent Based Modelling as a Decision Support System for Shadow Accounting // Decision Support Systems. 2017. Vol. 95. P. 110–116. DOI: [10.1016/j.dss.2017.01.004](https://doi.org/10.1016/j.dss.2017.01.004)

Furtado B.A. Eberhardt I.D.R. A Simple Agent-Based Spatial Model of the Economy: Tools for Policy // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2016. Vol. 19. Is. 4. DOI: [10.18564/jasss.3071](https://doi.org/10.18564/jasss.3071)

Matsatsinis N.F., Delias P. Implementing an Agent-based Decision Support System for Task Allocation: A Multi-Criteria Approach // Proceedings of the 9th Panhellenic Conference in Informatics — PCI 2003 (Thessaloniki, November 21–23, 2003). Berlin: Springer, 2003. P. 128–141.

Quindt J., Reetz E., Kukuck V., Tönjes R., Westerkamp C. Agent Based Decision Support System for Optimizing Logistical Processes in Agricultural Production // 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics. Lisbon: IEEE, 2011. P. 27–32. DOI: [10.1109/INDIN.2011.6034831](https://doi.org/10.1109/INDIN.2011.6034831)

Salem H., Attiya G., El-Fishawy N. A Survey of Multi-Agent based Intelligent Decision Support System for Medical Classification Problems // *International Journal of Computer Applications*. 2015. Vol. 123. Is. 10. P. 20–25.

Turban E., Aronson J.E., Liang T-P. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1998.

Yu Zh., Rouse W., Serban N., Veral E. A Data-Rich Agent-Based Decision Support Model for Hospital Consolidation // *Journal of Enterprise Transformation*. 2016. Vol. 6. Is. 3–4. P. 136–161. DOI: [10.1080/19488289.2016.1248802](https://doi.org/10.1080/19488289.2016.1248802)

Zeebaree M., Aqel M. A Comparison Study between Intelligent Decision Support Systems and Decision Support Systems // *The ISC Int'l Journal of Information Security*. 2019. Vol. 11. Is. 3. P. 187–194. DOI: [10.22042/isure.2019.11.3.25](https://doi.org/10.22042/isure.2019.11.3.25)

### References:

Axtell R. (2000) Why Agents? On the Varied Motivations for Agent Computing in the Social Sciences. *Center on Social and Economic Dynamics (CSED)*. Working Paper No.17. Available: [https://www.researchgate.net/publication/228718823\\_Why\\_Agents\\_On\\_the\\_Varied\\_Motivations\\_for\\_Agent\\_Computing\\_in\\_the\\_Social\\_Sciences](https://www.researchgate.net/publication/228718823_Why_Agents_On_the_Varied_Motivations_for_Agent_Computing_in_the_Social_Sciences)

Bonabeau E. (2002) Agent-Based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems. *PNAS*. Vol. 99. Is. suppl\_3. P. 7280–7287. DOI: [10.1073/pnas.082080899](https://doi.org/10.1073/pnas.082080899)

Chekmareva E.A. (2017) Agent-Based Models in Municipal Administration. *Problemy razvitiya territorii*. № 6(92). P. 121–135.

Chesney T., Gold S., Trautrimis A. (2017) Agent Based Modelling as a Decision Support System for Shadow Accounting. *Decision Support Systems*. Vol. 95. P. 110–116. DOI: [10.1016/j.dss.2017.01.004](https://doi.org/10.1016/j.dss.2017.01.004)

Furtado B.A. Eberhardt I.D.R. (2016) A Simple Agent-Based Spatial Model of the Economy: Tools for Policy. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. Vol. 19. Is. 4. DOI: [10.18564/jasss.3071](https://doi.org/10.18564/jasss.3071)

Kirienko V.E. (2013) Challenges and Opportunities in the Design and Use of Decision Support Systems. *Problemy upravleniya v sotsial'nykh sistemakh*. Vol. 6. № 9. P. 6–16.

Lychkina N.N. (2015) Imitatsionnoye modelirovaniye strategicheskogo razvitiya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: poisk effektivnykh model'nykh konstruksiy [Simulation modeling of the strategic development of socio-economic systems: The search for effective model structures]. *Trudy Sed'moy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika» (IMMOD-2015)*. Moscow: [without publisher]. Vol. 2. P. 168–173.

Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. (2016) Agent-Based Models as a Means of Testing of Management Solutions. *Upravlencheskoye konsul'tirovaniye*. № 12. P.16–25.

Matsatsinis N.F., Delias P. (2003) Implementing an Agent-based Decision Support System for Task Allocation: A Multi-Criteria Approach. *Proceedings of the 9th Panhellenic Conference in Informatics — PCI 2003* (Thessaloniki, November 21–23, 2003). Berlin: Springer. P. 128–141.

Quindt J., Reetz E., Kukuck V., Tönjes R., Westerkamp C. (2011) Agent Based Decision Support System for Optimizing Logistical Processes in Agricultural Production. *9th IEEE International Conference on Industrial Informatics*. Lisbon: IEEE. P. 27–32. DOI: [10.1109/INDIN.2011.6034831](https://doi.org/10.1109/INDIN.2011.6034831)

Rossoshanskaya E.A. (2019) Agent-Based Models in Labor Potential Reproduction Management at Municipal Level: Application Possibilities and Perspectives. *Gosudarstvennoye upravleniye. Elektronnyy vestnik*. № 73. P. 249–266. DOI: [10.24411/2070-1381-2019-00039](https://doi.org/10.24411/2070-1381-2019-00039)

Salem H., Attiya G., El-Fishawy N. (2015) A Survey of Multi-Agent based Intelligent Decision Support System for Medical Classification Problems. *International Journal of Computer Applications*. Vol. 123. Is. 10. P. 20–25.

Turban E., Aronson J.E., Liang T-P. (1998) *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

Yu Zh., Rouse W., Serban N., Veral E. (2016) A Data-Rich Agent-Based Decision Support Model for Hospital Consolidation. *Journal of Enterprise Transformation*. Vol. 6. Is. 3–4. P. 136–161. DOI: [10.1080/19488289.2016.1248802](https://doi.org/10.1080/19488289.2016.1248802)

Zeebaree M., Aqel M. (2019) A Comparison Study between Intelligent Decision Support Systems and Decision Support Systems. *The ISC Int'l Journal of Information Security*. Vol. 11. Is. 3. P. 187–194. DOI: [10.22042/isecure.2019.11.3.25](https://doi.org/10.22042/isecure.2019.11.3.25)

Дата поступления/Received: 03.09.2022