

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Б. И. Клебанов, И. М. Москалев, Н. А. Бегунов, А. В. Крицкий (Екатеринбург)

Необходимость принятия большого количества управленческих решений администрацией муниципального образования (МО), направленных на развитие и модернизацию городской инфраструктуры, делает актуальным использование автоматизированных систем поддержки принятия решений (СППР). СППР на основе имитационной модели МО способна стать инструментом комплексного анализа и прогноза развития ситуации в городе, позволяя оценить возможные риски реализации тех или иных проектов, их влияние друг на друга и на качество жизни горожан.

Создание имитационной модели с использованием мультиагентного подхода предполагает реализацию следующих объектов: населения, предприятий сферы услуг и производства. То, как будут реализованы эти модели, их взаимодействие между собой, имеет большое значение для получения достоверных результатов моделирования.

При построении мультиагентной имитационной модели МО целесообразно выделить ряд базовых объектов, реализующих наиболее общую функциональность: потребитель, производитель услуг, производитель ресурсов и инвестор. Данные объекты включают определенную логику поведения и становятся основой для создания специализированных классов агентов, моделирующих население и городскую инфраструктуру (в различных комбинациях определяют режимы функционирования агентов модели). Таким образом, достигается максимальная унификация программных модулей модели, повышается её гибкость и появляется возможность многократного использования основных элементов при создании объектов более низких уровней иерархии.

Взаимодействие объектов сферы услуг, предприятий и населения осуществляется через рынок товаров и услуг. Это специальный агент модели, в котором происходит аккумуляция произведенных предприятиями товаров и услуг и их перераспределение между потребителями. На каждом шаге модельного времени осуществляется поиск и закупка сырья на рынке предприятиями и предложение произведенных товаров и услуг. Население выступает трудовым ресурсом для предприятий, получая за труд заработную плату. Исходя из наличных средств, оно удовлетворяет свои потребности в товарах и услугах. Вырученные при этом деньги возвращаются предприятиям (рис. 1).



Рис. 1. Модель взаимодействий населения и предприятий города

В предлагаемом подходе каждый агент описывается набором параметров, определяющих его текущее состояние и желаемое. Данный набор унифицирован и представляет следующую структуру: а) идентификатор ресурса – уникальный код ресурса; б) наименование – текстовый идентификатор ресурса; в) вид – тип, к которому относится ресурс: товар, услуга, потребность; г) единица ресурса – величина, в которой измеряется ресурс; д) требуемое количество – количество ресурса, которое «желает» получить агент; е) фактическое количество – количество ресурса, которое есть у агента на данный момент; ж) приоритет – приоритет данного ресурса для агента. Ниже приведено более подробное описание основных агентов модели.

Класс агентов «Человек» моделирует поведение индивидов или групп граждан со сходными характеристиками. Агент-человек включает базовый класс «Потребитель», моделирующий расход человеком денежных средств на удовлетворение собственных потребностей, всего выделено 12 потребностей, от пищи и одежды до транспортных услуг и развлечений. Доля денежных средств, которую человек выделяет из своего бюджета на удовлетворение той или иной потребности, устанавливаются в зависимости от уровня доходов человека и его состояния, на основании данных статистики о структуре расходов различных категорий граждан.

Логика поведения каждого агента вида «Человек» определяется графами перехода состояний (рис. 2), отражающими все стадии жизни человека:

1. Дошкольный период: определяет поведение человека в возрасте до 3-х лет.
2. Период получения образования: определяет поведение человека при поиске учебного заведения (детский сад, школа, ВТУЗ, ВУЗ), а также во время обучения. Данный блок имеет двустороннюю связь с блоком «Работа», т. к. человек может пойти работать во время учебы, или учиться, когда работает.

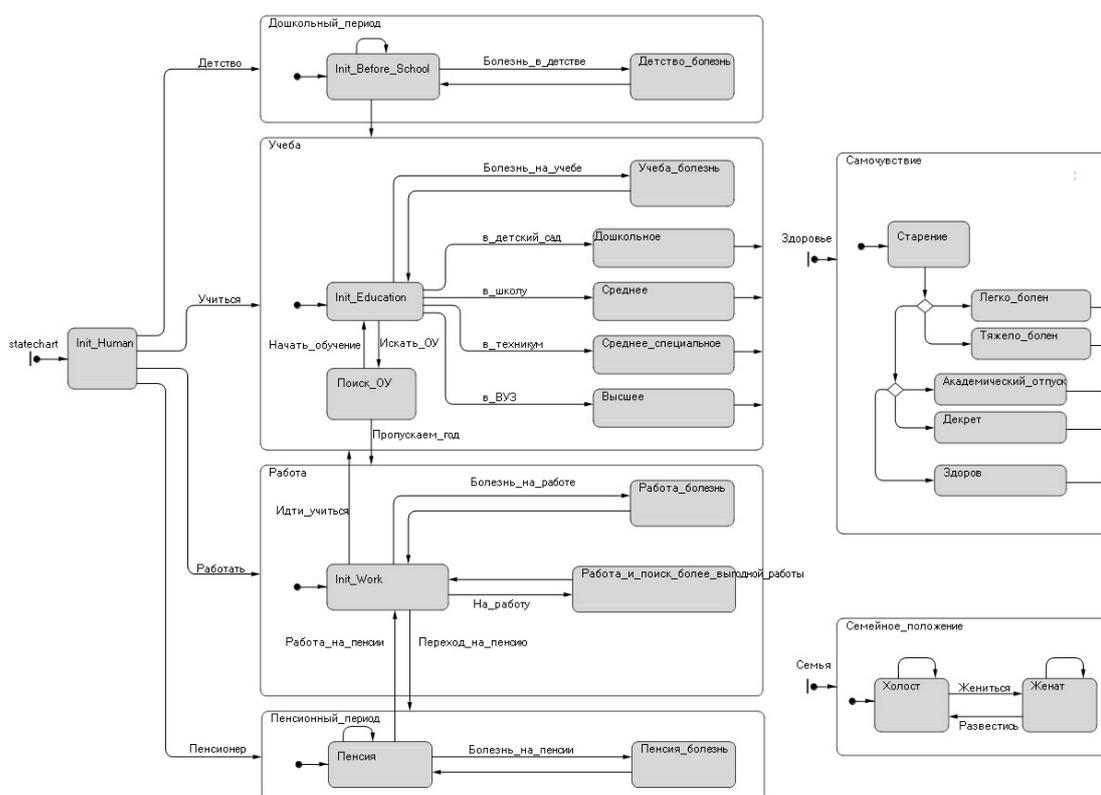


Рис. 2. Графы перехода состояний агента-человека

3. Период трудовой деятельности: блок включает в себя процесс поиска работы, в соответствии с уровнем образования и возрастом субъекта, а также сам процесс работы. При этом человек является не только потребителем, но и производителем.
4. Пенсионный период: определяет поведение человека, достигшего пенсионного возраста. Человек в данном состоянии не является производителем, но имеет доход в виде пенсии. Человек имеет возможность перехода в состояние работы.
5. Самочувствие: блок демонстрирует состояние человека на протяжении всей жизни. Человек может быть здоровым или больным, находиться в декрете или академическом отпуске.
6. Семейное положение: данный блок регулирует жизнь человека, в соответствии с его семейным положением.

При переходе из одного состояния в другое меняется модель поведения и структура потребностей человека, например, больной человек будет тратить средства в первую очередь на лечение, а здоровый работающий человек будет постоянно находиться в поиске более высокооплачиваемой работы.

Агент-семья выступает объектом, объединяющим всех членов семьи, контролирует распределение семейного бюджета, эксплуатацию недвижимости и товаров длительного пользования.

Агент вида «Промышленное предприятие» реализует экономическую модель производственной деятельности по выпуску продукции. Он может быть использован для моделирования как отдельно взятой отрасли хозяйства, так и конкретного предприятия. Агент вида «Объект сферы услуг» представляет социальную инфраструктуру МО: образовательные учреждения, медицинские учреждения, спортивные объекты, транспорт, ЖКХ и прочее. Агенты данного типа занимаются оказанием услуг населению, поэтому одной из важнейших их характеристик является максимальное возможное количество обслуживаемых людей.

Определен список параметров объектов сферы услуг и производственных предприятий, определяющий требуемые наборы ресурсов для обеспечения выпуска товаров или предоставления услуг (табл. 1) и, соответственно, список производимых товаров и услуг (табл. 2).

Таблица 1

Ид. рес.	Наименование	Вид	Ед. ресурса	Требуемое количество	Фактическое количество	Приоритет
011	Сырьё	Товар	млн. руб.	27	25	1
012	Рабочая сила	Услуга	тыс.шт.	12	11,5	2

Таблица 2

Ид. рес.	Наименование	Вид	Ед. ресурса	Плановое количество	Фактическое количество	Приоритет
027	Бытовая техн.	Товар	млн. руб.	10	9	1
032	Обслуживание	Услуга	млн. руб.	7	7	2

В рамках модели поведения агента-предприятия реализован следующий набор механизмов: закупка сырья, производство/предоставление товаров и услуг, выплата заработной платы, расходы на маркетинг и прочие централизованные расходы, выплата налогов, продажа продукции, выплата дивидендов, прием/увольнение сотрудников, варьирование количества рабочих мест, варьирование заработной платы.

Кроме местных производителей товары на городской рынок поставляет с внешней рынок. Выбор товара на рынке определяется рядом критериев, основным из которых является соотношение «цена/качество».

Предложенная архитектура агентов имитационной модели предоставляет единый интерфейс обмена ресурсами между населением и организациями, дает возможность создания в процессе работы модели новых объектов (например, вводимых в действие новых предприятий и организаций) без необходимости внесения изменений в структуру модели.

В настоящий момент реализована экспериментальная версия моделей объектов сферы услуг и предприятий в среде AnyLogic 6. Рынок труда реализован в классе LabourMarket. Этот класс активного объекта имеет два порта для приема сообщений о возможностях трудоустройства от предприятий и от людей. Рынок товаров и услуг реализован в классе Market и имеет три порта. Два порта связаны с предприятиями и объектами сферы услуг: по ним осуществляется обмен сообщениями о размещении и покупке ресурсов. Оставшийся порт связан с агентом типа Человек, через него осуществляется удовлетворение потребностей человека в ресурсах. Промышленность, объекты сферы услуг представлены соответственно классами Enterprise, MedicalEstablishment, EducationalEstablishment, CultureEstablishment, SportsEstablishment (рис. 3). Использование для обмена данными сообщений позволяет унифицировать связь между объектами и упрощает добавление в модель новых объектов, при этом, интерфейсы соответствующих портов у объектов должны быть согласованы.

Так как в модели имеются события, которые должны быть выполнены строго последовательно, базовый шаг модели разделен на несколько интервалов, за счет чего удастся упорядочить действия. Примером таких событий может быть размещение и покупка ресурсов: заявки на размещение ресурсов от предприятий приходят на *.70 шаге модели; потребление ресурсов на рынке пользователями и закупка сырья предприятиями происходит на *.71 шаге модели; предприятиям отправляется прибыль и удаляются лишние продукты на *.72 шаге модели; налоги выплачиваются на *.75 шаге модели.

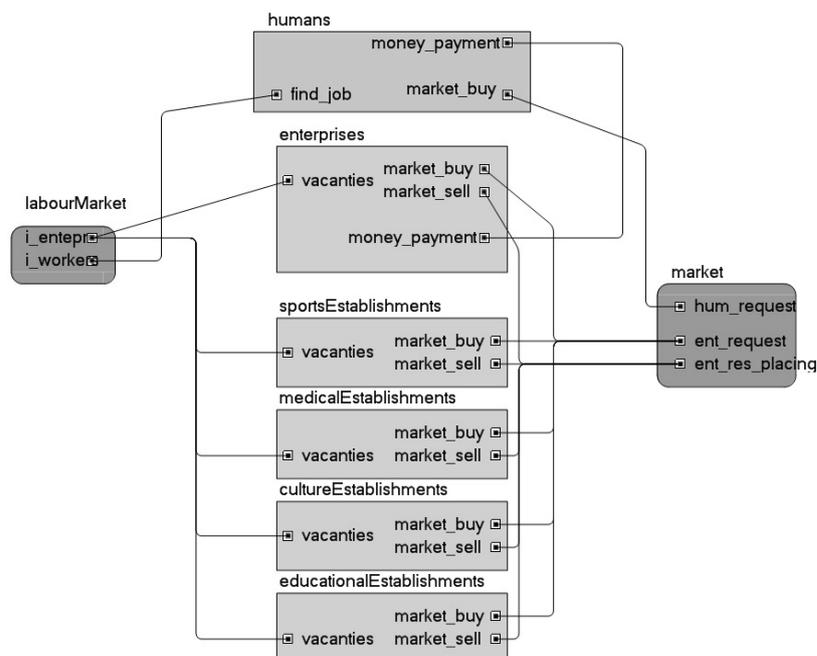


Рис. 3. Структура модели

Первоначальные множества агентов модели строятся на основании статистических данных из итогов социально-экономического развития МО. Модель позволяет проследить изменения половозрастной структуры населения, структуры семей, уровня образования, занятости, жилищных условий, благосостояния и удовлетворенности горожан... Для предприятий отслеживаемыми в процессе моделирования величинами являются: объем производства по крупным и средним предприятиям, балансовая прибыль, кредиторская задолженность, дебиторская задолженность, кредиторская задолженность по выплатам в бюджет, количество работников, задолженность по выплате заработной платы.

Интерфейс модели позволяет пользователю корректировать параметры – как целых групп, так и единичных элементов модели во время её работы. Также реализован механизм сохранения информации о работе модели в базу данных MS SQL Server 2005. Накопленные данные могут быть использованы для дальнейшей обработки результатов экспериментов, в том числе методами математической статистики, или для составления детальных прогнозов с использованием интерфейса формирования запросов в различных разрезах аналитики.

Таким образом, очевидна целесообразность применения аппарата мультиагентного имитационного моделирования для прогнозирования последствий при поиске эффективных управленческих решений в МО. Взаимодействие подмножеств агентов между собой в тех или иных условиях, с учетом принимаемых администрацией решений, дает целостную картину ситуации в городе. Внедрение полнофункциональной СППР сократит время, затрачиваемое на принятие решения, финансовые затраты на «ручные» расчеты и сбор информации, а также позволит интерактивно «проигрывать» различные варианты развития ситуаций, что позволит повысить обоснованность принятия стратегических решений руководителями высшего и среднего звена администрации МО.