

**АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ АГЕНТНОЙ МОДЕЛИ  
МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ****О. А. Савина, А. Л. Савина (Орел)**

Миграционные процессы по своей сути являются социальными, однако на их протекание существенное влияние оказывают биологические и экономические факторы. В статье «Математические аспекты построения агентной модели миграционных потоков» выделены основные факторы, влияющие на миграционные процессы и предложены способы их формализации, оценки и учета при построении прогноза. В данной работе основное внимание уделяется таким аспектам как формирование структуры информационного обеспечения агентной модели миграционных потоков (АММП) и ее алгоритмическая реализация, основанная на предложенной системе нечетких оценок.

Поскольку поведение агента зависит от среды, в которой он существует, возникает необходимость структуризации поведения и определения влияния внутреннего представления организма об окружающем мире на его деятельность. Для решения задач моделирования в качестве базовой была выбрана модель ТОТЕ (Test–Operate–Test–Exist), предложенная Д. Миллером, Ю. Галентером, К. Прибрамом в рамках теории бихейвиоризма [1]. Важнейшими понятиями в модели ТОТЕ являются *План* и *Образ*.

*План* – это всякий иерархически построенный процесс в организме, способный контролировать порядок, в котором должна совершаться какая-либо последовательность операций. Когда человек выполняет *План*, он делает это шаг за шагом, завершая одну его часть и переходя к следующей. *Образ* – это все накопленные и организованные знания человека о себе самом и о мире, в котором он существует. *Образ* включает все оценки и факты, приобретенные и организованные человеком при помощи тех понятий, образов и отношений, которые он смог выработать. В агентной модели *Планами* будут являться алгоритмы, а система *Образов* определит структуру информационного обеспечения.

**Информационное обеспечение АММП**

При моделировании миграционных потоков значимыми являются следующие *Образы*:

1) *Объективный Образ Мира*, в данном случае небольшого города, содержащий информацию о наиболее значимых социальных институтах: домохозяйствах, рабочих местах и образовательных учреждениях.

2) *Объективный Образ Агента*, включающий информацию о личных и социальных характеристиках агента. К личным характеристикам относятся пол, возраст, уровень интеллекта и способностей. Наиболее важными социальными характеристиками являются семейное положение, образование, квалификация.

3) *Субъективный Образ Мира*, присущий отдельному агенту. В контексте задачи значимыми являются *Субъективный Образ Небольшого Города*, в котором проживает агент, и *Субъективный Образ Большого Города*, в который агент может переехать. *Субъективный Образ Небольшого Города* отражается в модели через набор субъективных оценок уровня жизни.

4) *Субъективный Образ Агента*. В реальном мире представление человека о самом себе включает широкий спектр знаний, умений, предпочтений и шаблонов поведения, полный учет которых в модели невозможен как в силу неполноты научных знаний о психике и мышлении, так и по причине огромной вычислительной сложности. Для решения задач, поставленных перед моделью, достаточно учитывать субъективные ха-

рактические характеристики «накопленный уровень недовольства» (УН) и «пороговый уровень недовольства» (ПУ).

Информационное обеспечение агентной модели миграционных потоков включает минимальный набор характеристик агента и внешнего мира, необходимый для построения перечисленных образов и реализации планов. Основными элементами инфологической модели являются сущности (Агент, Домохозяйство, Рабочее место, Образовательное место, Жилое помещение) и взаимосвязи между ними. Информация, содержащаяся в сущности Агент, является основой для построения всех типов образов. В табл. 1 приведен перечень атрибутов сущности Агент с указанием образа, для формирования которого используется данный атрибут. Дополнительная информация, необходимая для построения объективного образа Небольшого Города, содержится в сущностях Домохозяйство, Рабочее место, Образовательное место и Жилое помещение.

Таблица 1

## Атрибуты сущности Агент

Образ	Атрибут
Объективный Образ Мира	Номер агента
	Номер домохозяйства
	Номер рабочего места
	Номер образовательного места
Объективный Образ Агента	Пол
	Возраст
	Месяц рождения
	Семейное положение
	Социальный статус
	Уровень возможностей
	Уровень образования
	Специальность
Субъективный Образ Небольшого Города	Квалификация
	Уровень жизни
Субъективный Образ Небольшого Города	Ожидаемый уровень жизни
Субъективный Образ Агента	Накопленный уровень недовольства
	Пороговый уровень недовольства

## Алгоритмическая реализация АММП

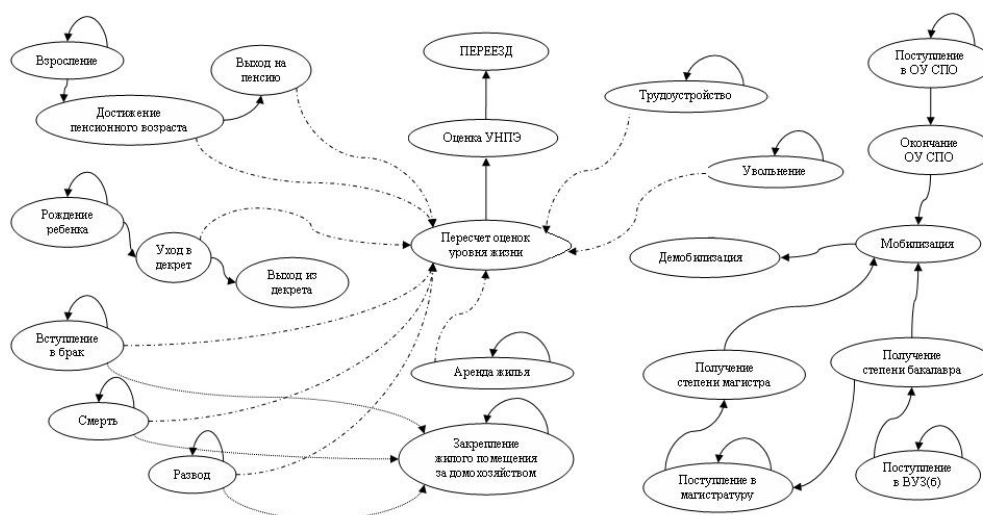
Целью моделирования является построение прогноза миграционной ситуации, то есть объективного образа небольшого города через некоторый промежуток времени, например, 20–30 лет. Изменение образа происходит по мере реализации планов двух уровней: уровня агента и уровня муниципального управления.

Планы первого уровня реализуют демографические и образовательные процессы, в которых участвует отдельный агент. Каждый из этих процессов непосредственно влияет на оценку уровня жизни, и, как следствие, на принятие решения о миграции. Поскольку в современном российском обществе отсутствуют запреты на смену места жительства, миграционные процессы происходят стихийно, а значит, корректная реа-

лизация планов первого уровня является необходимым условием для построения адекватного прогноза.

Планы второго уровня отражают возможности воздействия на миграционную ситуацию со стороны государства. К подобным Планам относятся программы развития регионов, создания рабочих и образовательных мест, обновление жилищного фонда.

Система Образов, отражающая миграционную ситуацию в регионе, изменяется по мере выполнения Планов. Планы являются агрегированным выражением важных событий, происходящих в жизни человека и влияющих на его цели, возможности и оценки. Планы реализуются в виде алгоритмов событийной модели [2], общая схема которой приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Общая схема событийной модели миграционных потоков**

Событийная модель складывается из четырех взаимосвязанных блоков:

1) блок «Демография» включает события: Взросление, Достижение пенсионного возраста, Вступление в брак, Рождение ребенка, Уход в декрет, Выход из декрета, Развод, Выход на пенсию, Смерть;

2) блок «Образование и трудоустройство», в который входят события: Поступление в образовательное учреждение среднего профессионального образования (ОУ СПО), Окончание ОУ СПО, Поступление в вуз на бакалавриат, Получение степени бакалавра, Поступление в магистратуру, Получение степени магистра, Мобилизация на военную службу, Демобилизация, Трудоустройство, Увольнение;

3) блок «Рынок жилья» состоит из события Аренда жилья, моделирующего поиск жилого помещения домохозяйством, не имеющим собственной жилой площади, и Закрепление жилого помещения за домохозяйством, в котором воспроизводится перераспределение жилых помещений в результате изменения состава домохозяйств, обусловленного событиями Вступление в брак, Развод, Смерть;

4) блок «Принятие решения», в рамках которого происходит пересчет оценок уровня жизни в небольшом городе (УЖ), ожидаемого уровня жизни в большом городе (ОУЖ), ожидаемого уровня жизни в большом городе с учетом ограничивающих факторов (ОУЖФ) и уровня накопленной психической энергии (УНПЭ) под влиянием событий из блоков «Демография», «Рынок жилья» и «Образование и трудоустройство».

Алгоритмическая реализация каждой секции связана с обращениями к сущностям базы данных, содержащей систему объективных и субъективных Образов. Алгоритм событийной секции «Трудоустройство» представлен на рис.2 [3]. Данный алгоритм ориентирован не на отдельных агентов, а на моделирование функционирования биржи

труда. Событие планируется на каждый такт модельного времени, так как на состояние рынка труда влияют многие процессы, моделируемые в других блоках, таких как Выход на пенсию, Уход в декрет, обуславливающие освобождение рабочих мест, и, с другой стороны, Окончание обучения в ОУ СПО, Получение степени бакалавра или магистра, в результате которых на рынок труда добавляются новые агенты.

Моделирование осуществляется последовательно для каждой укрупненной группы специальностей (УГС), востребованной на рынке труда. Алгоритм обращается к сущности «Агент» и запрашивает информацию обо всех агентах, находящихся в поисках работы (атрибут «Статус» установлен в состояние «ищет работу»), получивших образование по данной специальности. После этого из сущности Рабочее место выбираются все рабочие места, на которые требуются специалисты с соответствующей специальностью, и упорядочиваются по уровню заработной платы, начиная с максимальной, то есть с таких рабочих мест, на которые будет наибольшее число желающих.

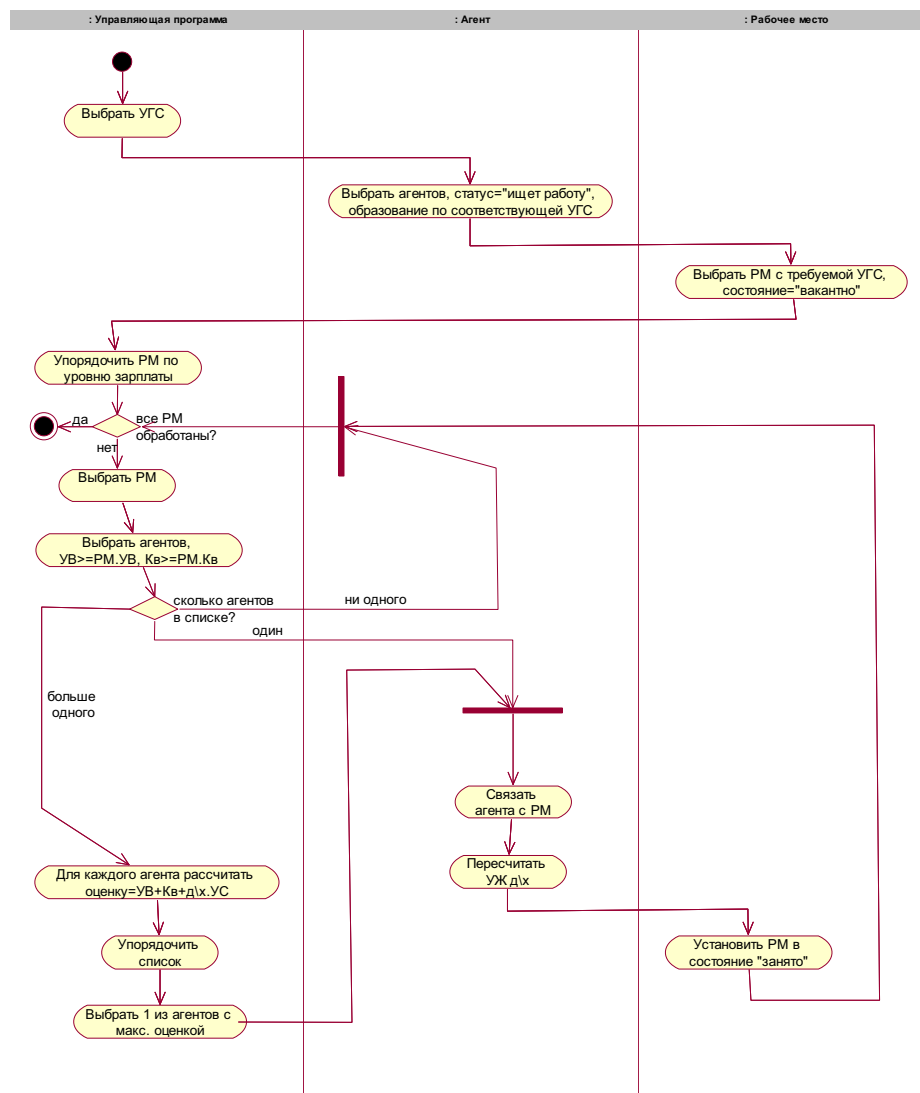


Рис. 2. Алгоритм событийной секции «Трудоустройство»

Пока список не пуст, с вершины его снимаются рабочие места и выбираются агенты, характеристики которых (уровень возможностей и квалификация) проходят минимальное пороговое значение, необходимое для получения рабочего места. Если

подходящих кандидатов нет, то начинается обработка следующего в списке рабочего места. Если кандидатов больше одного, то они упорядочиваются в соответствии с интегральной оценкой, рассчитываемой следующим образом:

$$\text{ИОК} = \text{УВ} + \text{Кв} + \text{УС}, \quad (1)$$

где ИОК – интегральная оценка кандидата; УВ – оценка уровня его возможностей; Кв – его квалификация; УС – оценка уровня связей, которыми обладают члены домохозяйства, которому принадлежит агент.

Список кандидатов упорядочивается по возрастанию ИОК и выбирается один кандидат с максимальной оценкой. В этом случае, так же, как если в списке всего один кандидат, выбранный агент связывается с рабочим местом, то есть устанавливается связь по внешнему ключу с сущностью «Рабочее место», а атрибут «Статус» сущности «Агент» принимает значение «работает». После этого рабочее место переводится в состояние «занято», а также происходит пересчет оценок уровня жизни членов домохозяйства, в котором состоит агент.

### Выводы

Инструментарий агентного моделирования предоставляет возможности эффективного исследования социальных, в частности миграционных, процессов. Предложенная агентная модель миграционных потоков позволяет получить прогноз миграционной ситуации, изменения которой обусловлены решениями отдельных жителей, принимаемыми на основе системы нечетких оценок условий жизни. Модель разбивается на блоки, соответствующие природе отражаемых в них явлений: экономических (блоки «Образование и трудоустройство» и «Рынок жилья»), демографических (блок «Демография»), психологических (блок «Принятие решения»).

Объектами моделирования могут являться как отдельные населенные пункты (села, города), так и целые области, однако следует учитывать, что чем крупнее по размерам исследуемый объект, тем сложнее получить адекватные исходные данные для моделирования. Использование статистической информации является нецелесообразным в силу ее сглаженности и усредненности, что лишило бы агентов индивидуальности при принятии решения. Для наиболее полной реализации всех преимуществ агентного подхода в качестве исходных данных предпочтительнее использовать результаты социологических опросов и специализированных исследований рынков труда, образования и жилья в регионе.

### Литература

1. Миллер Д., Галантер Ю., Прибрам К. Планы и структура поведения. История зарубежной психологии (30–60е гг. XX в.). М.: МГУ. С. 97–116.
2. Савина О. А. Имитационное моделирование экономических систем и процессов. Орел: ОрелГТУ, 2004.
3. Якобсон А., Буч Г., Рамбо Дж. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. СПб: Питер, 2002.