

Подходы к агент-ориентированному моделированию рынка труда

Актуальность. Современные агент-ориентированные модели характеризуются разной степенью детализации моделирования тех или иных социально-экономических процессов. Одной из наименее разработанных является область моделирования регионального рынка труда в части формирования спроса на труд. При детальном воспроизведении количественных и качественных характеристик предложения трудовых ресурсов в моделях отсутствует процесс формирования спроса на них, зависящий от эндогенных и экзогенных факторов экономической системы. Усовершенствование процесса агентного моделирования рынка труда позволит учесть перекрестное влияние параметров документов стратегического планирования в части целей, направлений социально-экономического развития и мероприятий по их достижению.

Цель исследования: выявить основные подходы агент-ориентированного моделирования рынка труда.

Для достижения поставленной цели требуется выполнить следующие задачи:

1. осуществить обзор современных агент-ориентированных моделей, включающих описание процессов и взаимодействий, возникающих между агентами-акторами рынка труда;
2. систематизировать рассматриваемые агент-ориентированные модели по подходам, диверсифицируемым по моделируемым аспектам рынка труда;
3. осуществить критический анализ рассматриваемых моделей;
4. предложить варианты использования рассмотренных подходов в процессе построения комплексной агент-ориентированной модели рынка труда.

В рамках рассмотрения АОМ моделей, исследующих рынок труда или содержащих соответствующий модуль (блок), отвечающий за моделирование отношений, возникающих на соответствующем рынке, автором были выделены следующие подходы:

- макроэкономический: построение комплексных системных моделей, включающих в той или иной степени детализации иные модули социально-экономических систем (например, правительственный блок, финансовый рынок и рынок продукции и т.д.); модели «Губернатор» (Сушко, 2012), Eurace (Herbert, 2011) и др.;
- специализированный: фокусирующийся на определенном аспекте рынка труда:
 - о внедрение инноваций в производство/ рост производительности труда: модели стимулов внедрять инновации в производство (Гизатов, 2011), WorkSim (Goudet, 2016);
 - о сегментация рабочей силы: модель взаимодействия рынков труда и образовательных услуг (Гайнанов, 2015);
 - о миграция: максимизация полезности, психо-социальная и когнитивная модель принятия решений и др (Klabunde, 2016).
- гибридный: комбинирование нескольких методов моделирования, например, ГАОМ (Бахтизин, 2008).

Исходя из результатов обзора можно сделать вывод о том, что наиболее отработанной частью агент-ориентированных моделей рынка труда является сегмент поведения агентов-домашних хозяйств и, соответственно, предложение рабочей силы (в т.ч. с учетом его сегментации по полу, возрасту, уровню образования, профессиональной принадлежности и т.д.). Проблемными (мало изученными) областями моделирования рынка труда являются:

- модель производства, включающая решение агентов-производителей об объемах производства и используемых производственных факторов;
- модель потребления, отражающая структуру потребления в разрезе продуктовой номенклатуры и планирование объемов потребления;
- модель миграции, представляющую миграционные потоки, участвующие в формировании предложения рабочей силы;
- модель сегментирования рабочей силы, включающую более детализированный подход к моделированию принятия агентами решения по стратегии образования, а также включение теневого сектора занятости («самозанятых» лиц);
- модель экономического развития, отражающую инвестиционную стратегию агентов в рамках увеличения производства и профессионального развития.

Автором предлагается методологическая конструкция комплексной агент-ориентированной модели, в основе которой заложено дополнение подхода, используемого в модели «Губернатор» (Сушко, 2012), подходами, моделирующими проблемные области.

Проблемная область	Подход
Модель производства	1. Производственная функция 2. МОБ (метод «затраты-выпуск») (Суслов, 2016) 3. Комбинированный подход: функция потребления на основе МОБ, потенциальный выпуск на основе производственной функции (Бегунов, 2011).
Модель экономического развития	1. Задача распределения ресурсов (Бегунов, 2011); 2. Инновации в производство (Гизатов, 2011); 3. Концепция производительности труда (Goudet, 2016; Гизатов, 2011); 4. Механизмы координации рынка (Бахтизин, 2008).
Модель потребления	1. Функция потребления, определяемая на основе МОБ (Бегунов, 2011); 2. Функция потребления – функция полезности (Суслов, 2016); 3. Гибридный подход (Бахтизин, 2008)
Модель миграции	1. Максимизация ожидаемой полезности; 2. Психо-социальная и когнитивная модель принятия решений (Kniveton, 2012; Reichlova, 2005); 3. Эмпирически детерминированные правила принятия решений (Klabunde, 2014)
Модель сегментирования спроса и предложения рабочей силы	1. Взаимодействие рынков труда и образовательных услуг (Гайнанов, 2015); 2. Включение теневого сектора занятости (Бахтизин, 2008).

Обзор подходов, используемых в методологической конструкции

Комплексной моделью, фокусирующейся на трудовом потенциале, является мультиагентная модель региона «Губернатор» (Сушко, 2012; Макаров, 2013). Модель включает три типа агентов: агенты-физические лица (население региона), агенты-юридические лица (предприятия, организации) и агенты-муниципальные районы. Каждый тип агентов обладает собственным набором фиксированных параметров, часть из которых являются динамическими переменными и изменяются в течение моделируемого периода вследствие эндогенного воздействия.

Демография. Прогноз демографической ситуации в регионе реализован посредством перспективного расчета численности агентов, осуществляемого методом передвижки возрастов с учетом прогноза рождаемости и смертности.

Трудовой потенциал. Агенты-физические лица обладают набором свойств и параметров, которые формируют их стратегию поведения. Сушко Е.Д. выделила следующие группы таких параметров:

- психофизиологические: пол, возраст, состояние здоровья, уровень способностей и способность к творчеству, темперамент, определяющий мобильность и скорость адаптации к изменяющимся условиям среды;
- профессиональные: образование, сфера деятельности, опыт работы;
- личностные: отношение к труду, тип восприятия окружающего мира (экстраверсия-интроверсия), на основании которых складывается система ценностей агента, лежащая в основе процесса принятия решений. Система ценностей оценивает степень удовлетворенности агента текущим статусом на основании таких критериев как уровень дохода, стабильность, карьерный рост и самореализация;
- мотивированность, готовность к труду: является производным от всех вышеупомянутых параметров и совокупности внешних факторов.

Поведение. Поведение агентов-физических лиц основано на процессе принятия решений. На каждом модельном шаге агенты на основании данных о внешней среде и собственной системы ценностей устанавливают уровень притязаний, оценивающих достижимость целевого состояния. Далее агенты оценивают свое текущее состояние и множество доступных альтернативных состояний, совершают выбор и осуществляют определенные действия. Скорость принятия решений зависит от психологических характеристик агента. Данный подход к поведению агента является расширением подхода принятия решения на основе задачи потребителя, где максимизируется функция полезности по вариативному набору параметров, например, в CGE моделях по производственному потреблению (доходу) и часам досуга (Boeters, 2012), а в агентной модели WorkSim включаются дополнительные параметры, оценивающие условия труда и стабильность (Goudet, 2016).

Механизм поступления в заведение профессионального образования высшего или среднего уровня осуществляется на основании оценки трудового потенциала (аналогично с балльной системой ЕГЭ).

Структура занятости и рынок труда. В модели принята предпосылка о том, что все агенты трудоспособного возраста либо студенты, либо заняты (трудоустроены): безработица в модели не учитывается.

Структура экономики рассмотрена в разрезе видов деятельности (государственное управление, здравоохранение, образование, наука и культура, промышленное производство, сельское хозяйство, инфраструктура), которые представляются в модели в качестве агентов-предприятий, обладающих характеристиками организационной культуры, сформированными Сушко Е.Д. по модели конкурирующих ценностей Камерона и Куинна:

- стабильность;
- значимость творчества работников для успеха организации;
- скорость карьерного роста работников.

Взаимодействие агентов двух типов (организаций и работников) представлено процессами заключения трудового контракта, карьерного роста (сопровождающегося повышением заработной платы), смены работы, увольнения. Для имитации данных процессов используются параметры распределения работников по уровню образования, дифференциации заработной платы в зависимости от уровня образования, а также на основе оценки организациями относительного трудового потенциала (трудового потенциала, скорректированного по параметрам активности и способности к творчеству, а также востребованности данных качеств в организации-работодателе) соискателя или работника.

Неоспоримым *преимуществом* рассматриваемой модели является комплексная детализация процесса принятия решения как агентов-физических лиц (потенциальных соискателей), так и агентов-организаций (потенциальных работодателей), включающая описание системы стимулов и факторов осуществления выбора стратегии поведения.

Ограничения рассматриваемой модели:

- 1) отсутствует моделирование миграционных потоков (вне пределов моделируемого региона);
- 2) не учитывается безработица;
- 3) ограничен механизм выбора агентами-физическими лицами профессии (при реализации выбора в образовании);
- 4) производственная функция и, соответственно, спрос на рабочую силу не моделируется, а задается экзогенно;
- 5) отсутствует механизм внедрения инноваций в производство и/или модернизации (обновления) основных фондов;
- 6) отсутствуют механизмы рыночной координации (большинство параметров являются управляемыми и задаются как сценарные).

Мультиагентная имитационная модель муниципального образования (Бегунов, 2011) включает менее детализированный подход к моделированию поведения агентов-жителей МО (по сравнению с АОМ «Губернатор»), однако ее несравнимым преимуществом является использование комбинированного подхода к моделированию поведения экономических агентов-производителей продукции на основе межотраслевого баланса (МОБ) и производственной функции.

Модель производства. Бегунов Н.А. предлагает при моделировании поведения агентов-предприятий обойти методологические ограничения МОБ и моделей, использующих производственные функции, посредством использования МОБ «только для описания функций потребления и преобразования ресурсов экономических агентов» (Бегунов, 2011, с. 10), а производственных функций – для выявления потенциального выпуска и производственных возможностей.

Стратегия поведения агентов-предприятий определяется решением задачи управления и распределения ресурсов (трудовых, производственных, финансовых). Распределение ресурсов осуществляется в рамках стратегических целей развития и ограничено потенциальными возможностями развития. Основными моделируемыми параметрами агентов-предприятий являются: основные фонды, трудовые ресурсы, объем инвестиций в основные фонды и трудовые ресурсы, объем инвестиций и доход от инвестиций, затраты на закупку сырья, объем производства, объем продаж, величина заимствований и обеспечение долга и т.д.

Модель потребления. Структура описания агента-домашнего хозяйства определяется следующим выражением (Клебанов, 2009):

$$S_i = \langle \{IP_i\}, SC_i, SBeh_i, SD_i, SStr_i \rangle,$$

где $\{IP_i\}$ – совокупность индивидуальных характеристик агента; SC_i - модель потребления, определяемая на основе МОБ; SD_i – модель распределения ресурсов; $SStr_i$ - объем ресурсов и средств агента; $SBeh_i$ - модель поведения.

Структура описания агента-предприятия определяется следующим выражением (Бегунов, 2011):

$$E = \langle C, Pot, Beh, P, D, Str \rangle,$$

где C - модель потребления (на основе МОБ); Pot – модель потенциального выпуска; Beh - модель жизненного цикла; P – модель производства; D - модель распределения ресурсов; Str - ресурсы предприятия.

Агент-ориентированная многорегиональная модель «затраты-выпуск» российской экономики (Суслов, 2016) использует ГИС-среду (то есть каждый агент имеет географические координаты на входе модели) и передает выходные параметры модели «затраты-выпуск», которая рассчитывает входные параметры для АОМ для следующего модельного шага. В экономике модели представлены следующие типы агентов: фирмы, домашние хозяйства, внешнеторговые агенты, товарные рынки, рынок труда.

Модель производства. Производство описывается производственной функцией леонтьевского типа:

$$y = \min_i \left\{ \frac{x_i}{a_i}, \frac{K}{a_K} \right\},$$

где y – объем производства в рассматриваемый период; x_i – количество затрачиваемого производственного фактора из сектора i ; a_i – технологический коэффициент; K – размер производственных мощностей, основных фондов (уставной капитал); a_K – коэффициент капиталоемкости.

Технологические коэффициенты определяются в модели «затраты-выпуск», которая собирает выходную статистику по параметрам АОМ и на его основе рассчитывает параметры инициализации следующего модельного шага. Модель «затраты-выпуск» и АОМ имеют унифицированную структуру по номенклатуре секторов экономики.

Модель потребления. Потребление домашних хозяйств описывается функцией полезности с постоянной эластичностью замены (CES-функция):

$$U(X) = \left(\sum_i k_i^{\frac{1}{\sigma}} x_i^{\frac{(\sigma-1)}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{(\sigma-1)}},$$

где i – индекс потребляемого продукта; k_i , σ – параметры функции; x_i – эндогенная переменная объема продукта i в продуктовой корзине (которая формируется в зависимости от структуры потребления, денежного дохода, рыночной цены продукта).

Ограничения рассматриваемой модели:

- 1) в модели принята предпосылка о том, что нереализованная продукция (в случае если спрос недостаточный) распродается на внешний рынок. Данную предпосылку необходимо диверсифицировать по качеству нереализованной продукции и требованиям, предъявляемым внешним рынкам к качеству;
- 2) параметры экономики (например, коэффициенты предпочтения домашних хозяйств, коэффициенты технологической матрицы и т.д.) являются константами (не меняются в течение модельного времени);
- 3) трудовые ресурсы не заданы в явном виде в производственной функции.

Влияние уровня заработной платы на мотивацию работодателей вводить инновации в производство, а работниками эффективно их применять исследуется в АОМ влияния размера заработной платы на развитие экономики (Гизатов, 2011; Гизатов, Зулькарнай, 2011). Авторы модели рассматривают инновации в части промышленного производства, которые подразумевают обновление или модернизирование оборудования, используемого в процессе производства (технологический аспект инноваций). Модель нацелена только на исследование восприимчивости экономики к инновациям, рассматриваемой посредством политики работодателя в отношении заработной платы и ответной реакции работников. Поэтому модель является очень упрощенной и включает ограниченное число параметров.

Модель экономического развития. Агент-работодатель определяет предельный доход с одного рабочего, изготавливающего продукцию по соответствующей технологии, по следующей формуле:

$$MR(Q_j) = P * Q_j,$$

где P – цена реализуемой продукции (экзогенная величина), Q_j – количество продукции, производимой одним рабочим за определенный период с использованием определенной технологии $j = 1, 2, \dots, n$.

В модели принята предпосылка о том, что для увеличения прибыли необходимо увеличение масштаба, реализуемое за счет увеличения штата работников, сопровождающееся увеличением предельных издержек:

$$MC_i = MC_1 + (i - 1) * \Delta C,$$

где $i=1,2,\dots,m$, MC_1 – величина заработной платы 1-го рабочего, ΔC – величина прироста заработной платы при найме дополнительного рабочего.

Тогда предельная прибыль от найма i -го работника определяется по формуле:

$$MP_i(Q_j) = MR(Q_j) - MC_i.$$

Работодатель вводит инновации в производство в случае достижения отрицательных значений предельной прибыли, затрачивая некоторые издержки на улучшение технологического уровня производства. Издержки на внедрение технологии рассчитываются как произведение порядкового номера внедряемого улучшения и цены инновации (данный параметр задается экзогенно). Авторы модели допускают возможность покупки инновации в кредит, накладывая ограничение на работодателя нанимать новых работников до погашения долга. Внедряемая инновация увеличивает текущую производительность работника на задаваемый экзогенно коэффициент повышения эффективности технологии:

$$Q_{j+1} = Q_j * ET,$$

Где j – номер технологии; ET – коэффициент эффективности технологии (принята предпосылка, что $ET > 1$, значения в модели устанавливаются сценарно).

С учетом нового уровня производительности происходит расчет предельной прибыли и принимается соответствующее решение: о найме дополнительного работника или повышении уровня инноваций.

Во второй части модели авторы рассматривают восприимчивость работников к внедряемым инновациям и формулируют гипотезу о том, что «низкая оплата труда рабочих ведет к уменьшению креативной составляющей в их трудовой деятельности, ... и, как следствие, к слабой восприимчивости инноваций» (Гизатов, 2011, с.75).

Модель основана на предпосылке «рационального эгоизма», в рамках которого агенты-работники принимают рациональные решения в целях достижения максимального удовлетворения потребностей. Авторы вводят понятие «креативный потенциал», отражающий склонность работника быстро адаптироваться к новым условиям труда, не снижая уровня производительности труда. Расходование потенциала на альтернативную, дополнительную работу снижает мотивацию и уменьшает производительность труда. Таким образом, авторы модели вводят предпосылку о том, что чем выше уровень заработной платы, тем быстрее скорость внедрения инновации в производство и выше эффективность от внедрения инноваций.

Ограничения рассматриваемой модели:

- 1) рассматриваемые подходы не синхронизированы в единую модель и используются отдельно для проведения экспериментов;
- 2) рассматривается ограниченная структура экономики: один агент представляет целую отрасль, нет деления по видам экономической деятельности;
- 3) отсутствует сегментация как агентов-работодателей (например, по масштабу производства), так и агентов-работников (например, по уровню квалификации);
- 4) рассматривается ограниченная структура затрат агентов-работодателей (только издержки на трудовые ресурсы);
- 5) использование ограниченных предпосылок о поведении агентов;
- 6) отсутствует модель потребления;
- 7) отсутствует сегментация восприимчивости к инновациям в разрезе отраслей (видов экономической деятельности).

АОМ взаимодействия региональных рынков труда и образовательных услуг (Гайнанов, 2013) является инструментом прогнозирования распределения рабочей силы по

специальностям. Модель состоит из трех сегментов моделируемых отношений и процессов: «индивидуум – учебное заведение», «индивидуум – работодатель», «работодатель – учебное заведение» (Гайнанов, 2015).

Модель сегментирования. В соответствие с сегментами в модели функционируют три типа агентов:

1. агент-индивидуум – представляет человека с индивидуальным набором свойств и характеристик, «проживающего» в модели жизненный цикл, включая такие его этапы как обучение по всем уровням образования. Совокупность свойств агента (таких как набор предпочтений, оценка успеваемости (баллы ЕГЭ, медаль, результат участия в олимпиадах), финансовое состояние семьи и т.д.) определяют стратегию поведения и алгоритм действий на этапе обучения (Мигранова, 2013). Все свойства и критерии определяются на основе статистических данных и экспертных оценок;
2. агент-учебное заведение – представляет институт рынка образовательных услуг, содержащий набор характеристик и требований: направления подготовки профессионального образования, проходной балл в разрезе специальностей, количество бюджетных мест и т.д. В рамках сегмента «индивидуум – учебное заведение» осуществляется «алгоритм прохождения конкурса абитуриентов на выбранную специальность» (Мигранова, 2013, с.389) и на выходе формируется распределение рабочей силы по профессии и уровню образования (высшее, среднее или начальное профессиональное);
3. агент-работодатель – представляет предприятия и организации региона, распределенные по набору параметров: вид экономической деятельности, заработка плата, количество свободных вакансий и т.д. Основным выходным параметром данного агента является спрос на рабочую силу в разрезе профессии и уровня образования.

Ограничения рассматриваемой модели: вследствие того, что модель сфокусирована в большей части на моделирование рынка образовательных услуг, в ней отсутствуют модели производства и потребления.

В гибридной АОМ (Бахтизин, 2008) представлены 7 экономических агентов:

- 1) государственный сектор экономики – предприятия с преобладанием государственной собственности;
 - 2) рыночный сектор, включающий официальные предприятия, производящие продукцию.
- Государственный и рыночный сектора осуществляют производство конечного продукта, инвестиционных и капитальных (основные фонды) товаров. Факторами производства в данных секторах выступают рабочая сила, основные фонды и инвестиционные товары;
- 3) теневой сектор – неофициальные агенты-производители. Производят конечный продукт для домашних хозяйств, не платят налоги и не получают субсидий;
 - 4) агенты микроуровня – домашние хозяйства, занятые у агентов 1-3 и покупающие их продукцию;

- 5) правительство – устанавливает налоговые ставки, доли бюджета на субсидирование издержек производителей (или иные формы инвестиций) и на выплату социальных трансфертов населению, осуществляет расходы на закупку конечных товаров;
- 6) банковский сектор – совокупность коммерческих банков и банк-регулятор (Центральный банк России), в рамках которой определяются процентные ставки за пользование денежными средствами;
- 7) внешний мир.

Модель сегментирования. Следует заметить, что в рассматриваемой модели впервые (относительно остальных моделей обзора) рассматривается теневой (неформальный) сектор экономики в качестве отдельного агента. Статистика теневого сектора оценивается по остаточному принципу, а в CGE моделях – методом калибровки параметров, поэтому агентное моделирование данного аспекта не распространено и отражает в основном стратегию уклонения от налогов (Hokamp, 2014; Гумерова, 2016), хотя переход агента в неформальный сектор может быть определен множеством иных факторов (если говорить об агентах-домашних хозяйствах, например, подрабатывающих в свободное время или превративших свое хобби в дополнительный источник заработка). В связи с пилотным введением т.н. налога на «самозанятых» в России возрастает актуальность разработки прогнозных моделей, исследующих теневой сектор.

Модель экономического развития. В модели представлено функционирование рынков: конечных, инвестиционных и капитальных товаров. Механизм работы рынка (формирования цены) зависит от сектора-производителя:

- 1) фиксированные цены, установленные государством;
- 2) рыночные цены;
- 3) цены теневого рынка.

По ценам теневого рынка реализуются только конечные товары для домашних хозяйств; остальные товары – по фиксированным или рыночным ценам.

Модель потребления. На основании нейронных сетей, обученных по данным отобранных наблюдений RLMS, определяются доли бюджета агентов-домашних хозяйств, идущие на покупку товаров по разным ценам и определяющие спрос на потребляемые продукты.

Агент-ориентированная модель рынка труда WorkSim (Goudet, 2016) разработана в рамках достижения следующих целей:

1. воспроизвести потоки (процентное соотношение индивидов) между основными состояниями рынка труда: занятостью (с разделением на срочные и бессрочные договоры), безработицей и неактивностью. Авторы статьи понимают под безработицей состояние, когда рабочая сила активно ищет работу. Данное определение принято Международным Бюро труда и Национальным институтом статистики и экономических исследований Франции.
2. исследовать закономерности рынка труда (такая цель достигается вследствие того, что модель откалибрована) посредством проведения сценарных экспериментов.
3. оценка политики в области рынка труда (например, оценка регулирующего воздействия изменений в трудовой законодательство).

Модель экономического развития. Производство в модели зависит от показателей производительности труда:

- a. базовая производительность в разрезе уровня занимаемой должности (в WorkSim рассматриваются 3 уровня: рабочие («синие воротнички»), должности среднего звена, руководители) и характеристики контракта (срок, режим рабочего времени и др.). Величина базовой производительности определяется случайно согласно нормальному распределению;
- b. эффективная производительность работника – производная величина, рассчитываемая через показатели базовой производительности, индивидуальной производительности (распределемой по агентам согласно нормальному распределению и определяющей общие способности и мотивацию к труду) и человеческого капитала. Человеческий капитал рассматривается в трех аспектах:
 - i. общий человеческий капитал на рынке труда – оценивается как общий стаж работы (количество периодов модели);
 - ii. профессиональный человеческий капитал – оценивается как общий стаж работы (количество периодов модели) в должности определенного уровня. Величина как общего так и профессионального человеческого капитала уменьшается пропорционально времени нахождения в состояниях незанятости свыше 6 месяцев;
 - iii. специальный человеческий капитал – оценивается как стаж работы (количество периодов модели) на конкретной фирме на конкретном уровне должности. В случае изменения уровня должности на конкретной работе в рассматриваемой фирме отсчет величины специального человеческого капитала обнуляется и начинается заново.
- c. оцениваемая производительность, которая основана на предпосылки асимметрии информации работодателя о производительных возможностях работников. Таким образом, фирма не может априорно знать точный уровень производительности, а может его только примерно оценить. Оценка осуществляется с применением нормального распределения со стандартным отклонением, представляющим степень неопределенности работодателя.

Ограничения модели:

- рынок продуктов не моделируется, объем спроса на товары задается экзогенно;
- функция производства – однофакторная, не учитывается капитал и иные факторы;
- при моделировании функционирования фирм не учитывается технический прогресс в целом и инновационное развитие, не рассматривается дифференциация на основе технологических конкурентных преимуществ;
- большинство величин определяется случайно – решение: использование эмпирических распределений.
- в модели не предусмотрена система рейтингования работников фирм, применяемая в процессе сокращения;
- в текущей версии модели не смоделировано поведение обучающихся и государственных служащих.

Модель миграции. В обзоре АОМ миграции Klabunde и Willekens (Klabunde, 2016) выделяют 6 типов применения теорий принятия решений в данных моделях, из которых наибольший интерес могут вызвать следующие:

- 1) сравнительная оценка ожидаемой полезности дискретных альтернатив (наиболее распространенный тип). Способ оценки может варьироваться в

зависимости от принимаемой предпосылки о степени рациональности агентов. В большинстве АОМ принята предпосылка об ограниченной рациональности агентов и о несовершенной (неполной) информации (Klabunde, 2016);

- 2) психо-социальная и когнитивная модель принятия решений. К данной категории относятся АОМ, основанные на теории запланированного поведения, согласно которой на поведение индивида влияет его восприимчивость к убеждениям. Например, в модели Kniveton et al (Kniveton, 2012) на решение мигрировать влияют другие индивиды, формируя т.н. «субъективные нормы». К другому типу моделей данной категории относится модель Reichlova (Reichlova, 2005), основанная на пирамиде потребностей по А.Маслоу: на решение о миграции последовательно влияют уровень дохода, степень удовлетворенности и социальные нужды;
- 3) эмпирически детерминированные правила принятия решений (критерии оценки факторов принятия решений определяются на основании статистических наблюдений). Например, в модели (Klabunde, 2014), исследующей циркулярную (маятниковую) миграцию, отобраны на основании разных экономических теорий поведенческие мотивы (индивидуальные ожидания по доходу и благосостоянию, социальные связи, возраст и т.д.), критерии (оценки, вероятностные распределения и т.д.) которые откалиброваны по статистическим данным.

Ограничения рассматриваемого подхода: модель миграции должна иметь внутренне деление на локации (районы, регионы, территории и т.д.), в противном случае, если экзогенно заданы параметры «привлекательности» внешней среды, модель будет учитывать только «исходящие» миграционные потоки, или, в случае отсутствия параметров внешней среды, принятие решения будет осуществляться только на основании внутренней системы ценностей агентов (например, как в социо-эколого-экономической модели (Макаров, 2015)).

Список используемых источников:

1. Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика, 2008.
2. Бегунов Н. А. Моделирование развития муниципальных образований на основе агентного подхода // СИСП. 2011. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovaniye-razvitiya-munitsipalnyh-obrazovaniy-na-osnove-agentnogo-podkhoda>.
3. Гизатов Н. Р., Зулькарнай И. У. АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ НА МОТИВАЦИЮ РАБОТОДАТЕЛЕЙ ВВОДИТЬ ИННОВАЦИИ //Известия Уфимского научного центра РАН. – 2011. – №. 2. – С. 98-106.
4. Гизатов Н. Р. Агент-ориентированная модель влияния размера заработной платы на развитие экономики. Часть 2 //Ежеквартальный Интернет – журнал «Искусственные общества» Том 6, номер 1-4.– 2011. – С. 74-86.
5. Гайнанов Д.А., Мигранова Л.И. АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СБАЛАНСИРОВАННОМУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ ТРУДА И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ //Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8-2. – С. 394-398; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31930>.
6. Гайнанов Д. А., Мигранова Л. И., Сайфуллина Л. Д. Агент-ориентированное моделирование системы территориального развития //Управление экономикой: методы, модели, технологии: материалы XV международной научной конференции. – 2015. – №. 2т. – С. 141-145.
7. Гафарова Е.А. Моделирование занятости по видам экономической деятельности в многоагентной региональной системе // Региональная экономика: теория и практика. 2016. №6 (429). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovaniye-zanyatosti-po-vidam-ekonomicheskoy-deyatelnosti-v-mnogoagentnoy-regionalnoy-sisteme>.
8. Гумерова Г. Т. Агент-ориентированная модель исследования бюджетных стимулов снижения теневого бизнеса // Искусственные общества. 2016. Т. 11. Выпуск 1-4 [Электронный ресурс]. Доступ для зарегистрированных пользователей. URL: [http://artsoc.jes.su/s20775180000004-3-2](http://artsoc.jes.su/s207751800000004-3-2). DOI: 10.18254/S0000004-3-2
9. Клебанов Б. И. и др. Технология моделирования социально-экономической динамики муниципального образования на основе мультиагентного подхода //ИММОД: сб. ст. – 2009. – С. 1-6.
10. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). – Москва : Экономика, 2013. – 295 с.
11. Макаров Валерий Леонидович, Бахтизин Альберт Рауфович, Сушко Елена Давидовна Компьютерное моделирование взаимодействия между муниципалитетами, регионами, органами государственного управления // Проблемы управления. 2013. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternoe-modelirovaniye-vzaimodeystviya-mezhdunarodnymi-munitsipalitetami-i-regionami-gosudarstvennogo-upravleniya>.
12. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Агент-ориентированная социо-эколого-экономическая модель региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. №3 (288). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agent-orientirovannaya-sotsio-ekologo-ekonomicheskaya-model-regiona>.
13. Мигранова Л. И. Анализ и прогнозирование рынка труда и образовательных услуг региона на основе агент-ориентированной модели //Аудит и финансовый анализ. – 2013. – №. 3. – С. 387-390.

14. Суслов В. И., Доможиров Д. А., Ибрагимов Н. М., Костин В. С., Мельникова Л. В., Цыплаков А. А. Агент-ориентированная многогородиальная модель “затраты-выпуск” российской экономики //Журнал Экономика и математические методы (ЭММ). – 2016. – Т. 52. – №. 1. – С. 112-131.
15. Сушко Е.Д. Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация / Препринт # WP/2012/292. – М.: ЦЭМИ РАН, 2012. – 54 с.
16. Фаттахов М.Р. (2011). «Города в пространственно организованной экономике и моделирование их устойчивого развития». В кн.: Экономическое пространство: теория и реалии. М.: ЗАО «Издательство “Экономика”».
17. Фаттахов М. Р. Агенто-ориентированная модель социально-экономического развития Москвы //Экономика и математические методы. – 2013. – Т. 49. – №. 2. – С. 30-43.
18. Hokamp S., Seibold G. (2014) How Much Rationality Tolerates the Shadow Economy? – An Agent-Based Econophysics Approach. In: Kamiński B., Koloch G. (eds) Advances in Social Simulation. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 229. Springer, Berlin, Heidelberg
19. Dawid, Herbert & Gemkow, Simon & Harting, Philipp & van der Hoog, Sander & Neugart, Michael. (2011). Eurace@Unibi Model v1.0 User Manual.
20. Olivier Goudet, Jean-Daniel Kant, and Gérard Ballot (2016), WorkSim: A Calibrated Agent-Based Model of the Labor Market Accounting for Workers' Stocks and Gross Flows, Computational Economics, published online (6 July 2016), pp. 1-48. DOI 10.1007/s10614-016-9577-0
21. Klabunde, A. (2014). Computational economic modelling of migration. Ruhr Economic Papers 471, Essen.
22. Klabunde, A. & Willekens, F. (2016) Decision-Making in Agent-Based Models of Migration: State of the Art and Challenges// European Journal of Population, Volume 32, Issue 1, pp 73–97.
23. Kniveton, D. R., Smith, C. D., & Black, R. (2012). Emerging migration flows in a changing climate in dryland Africa. *Nature Climate Change*, 2, 444–447.
24. Reichlová, N. (2005). Can the theory of motivation explain migration decisions? Working paper UK FSW-IES no. 97.