



Агентное моделирование ст. преподаватель кафедры Вычислительной техники Тихвинский В.И.



АГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

3.1 Вводные замечания

Агентное моделирование (agent-based model) — относительно новое (1990-е-2000-е гг.) направление в имитационном моделировании, которое используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами (как в других парадигмах моделирования), а наоборот, когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы.

3.2 Особенности агентов создаваемых методами агентного моделирования(1)

Агент это сущность, которая находится в некоторой среде, от которой она получает данные и которые отражают события, происходящие в среде, интерпретирует их и исполняет команды, которые воздействуют на среду. Агент может содержать программные и аппаратные компоненты. Отсутствие четкого определения мира агентов и присутствие большого количества атрибутов, с ним связанных, а также существование большого разнообразия примеров агентов говорит о том, агенты – это достаточно общая технология, которая аккумулирует в себе несколько различных областей.

3.2 Особенности агентов создаваемых методами агентного моделирования(2)

Принято различать два определения интеллектуального агента –«слабое» и «сильное».

Под интеллектуальным агентом в слабом смысле понимается программно или аппаратно реализованная система, которая обладает такими свойствами:

- ☐ автономность – способность интеллектуального агента функционировать без вмешательства человека и при этом осуществлять самоконтроль над своими действиями и внутренним состоянием;
- ☐ общественное поведение – способность функционировать в сообществе с другими агентами, обмениваясь с ними сообщениями с помощью некоторого общепонятного языка коммуникаций;
- ☐ реактивность – способность воспринимать состояние среды и своевременно отвечать (реагировать) на те изменения, которые в ней происходят;
- ☐ про-активность – способность агента брать на себя инициативу, т.е. способность генерировать цели и действовать рационально для их достижения, а не только реагировать на внешние события.

3.2 Особенности агентов создаваемых методами агентного моделирования(3а)

Сильное определение агента подразумевает дополнительно к только что перечисленным свойствам ряда дополнительных. В частности, главным из них является наличие у агента хотя бы некоторого подмножества так называемых «ментальных свойств», называемых также интенциональными понятиями, к которым относятся следующие:

- знания – это постоянная часть знаний агента о себе, среде и других агентах, т.е. та часть, которая не изменяется в процессе его функционирования;
- убеждения – знания агента о среде, в частности, о других агентах; это те знания, которые могут изменяться во времени и становиться неверными, однако агент может не иметь об этом информации и продолжать оставаться в убеждении, что на них можно основывать свои выводы;
- желания – это состояния, ситуации, достижение которых по разным причинам является для агента желательным, однако они могут быть противоречивыми и потому агент не ожидает, что все они будут достигнуты;

3.2 Особенности агентов создаваемых методами агентного моделирования(Зб)

- ☐ намерения – это то, что агент или обязан сделать в силу своих обязательств по отношению к другим агентам (ему “это” поручено и он взял эту задачу на себя), или то, что вытекает из его желаний (т.е. непротиворечивое подмножество желаний, выбранное по тем или иным причинам, и которое совместимо с принятыми на себя обязательствами);
 - ☐ цели – конкретное множество конечных и промежуточных состояний, достижение которые агент принял в качестве текущей стратегии поведения;
 - ☐ обязательства по отношению к другим агентам – задачи, которые агент берет на себя по просьбе (поручению) других агентов в рамках кооперативных целей или целей отдельных агентов в рамках сотрудничества.
- Некоторые авторы считают, что агент должен обладать также рядом других свойств:
- ☐ мобильность – способность агента мигрировать по сети в поисках необходимой информации для решения своих задач, при кооперативном решении задач совместно или с помощью других агентов и т.д.,

3.2 Особенности агентов создаваемых методами агентного моделирования(Зв)

- благожелательность – готовность агентов помочь друг другу и готовность агента решать именно те задачи, которые ему поручает пользователь, что предполагает отсутствие у агента конфликтующих целей;
- правдивость – свойство агента не манипулировать информацией, про которую ему заведомо известно, что она ложна;
- рациональность – свойство агента действовать так, чтобы достигнуть своих целей, а не избегать их достижения, по крайней мере, в рамках своих знаний и убеждений.

Примерами агентов являются: компьютерные вирусы; интеллектуальные помощники; поисковые боты в сети интернет; некоторые персонажи компьютерных игр; роботы и т.д.

В тоже время агентами не являются: объекты в классическом понимании объектно-ориентированного программирования; отдельно взятые интеллектуальные технологии (например, системы обработки правил, нейронные сети и т.д.); мастера, планировщики и т.п.

3.3 Свойства агентов создаваемых методами агентного моделирования(1)

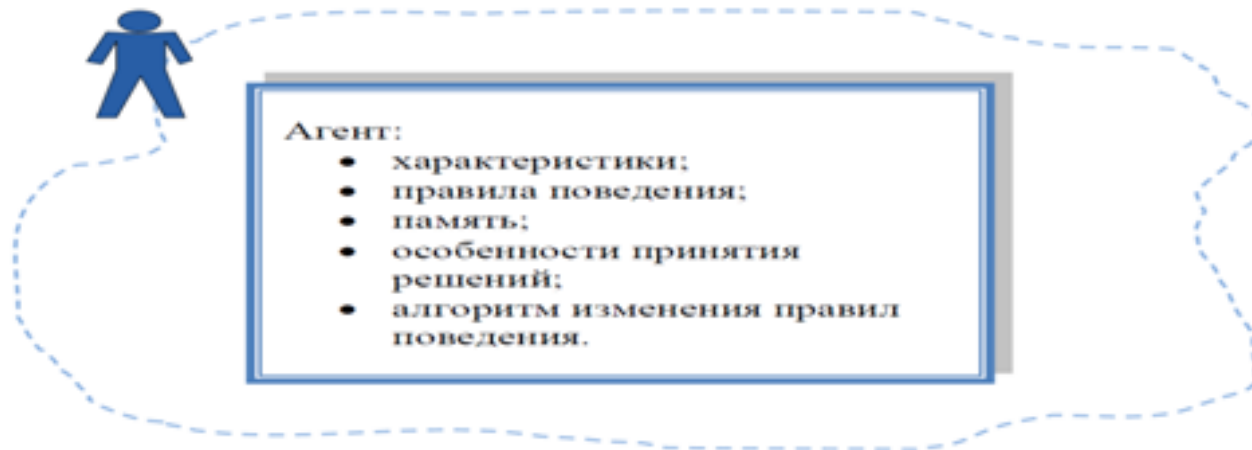
Согласно работе (Masal С., 2010) агент должен обладать следующими характеристиками:

- Агент является «идентифицируемым», т.е. представляет собой конечного индивидуума с набором определенных характеристик и правил, определяющих его поведение и правила принятия решений. Агент автономен и может независимо действовать и принимать решения по взаимодействию с другими агентами.
- Агент находится в определенной среде, позволяющей ему взаимодействовать с другими агентами. Агент может коммуницировать с другими (контактировать при определенных условиях и отвечать на контакт).

3.3 Свойства агентов создаваемых методами агентного моделирования(2)

- Агент имеет определенную цель (но не обязательно целью является максимизация блага, как принято считать в классической экономике), влияющую на его поведение.
- Агент гибок и обладает способностью самообучения с течением времени на основе собственного опыта. В ряде случаев агент может даже изменять правила поведения на основе полученного опыта.

свойства агентов



3.4 Среда обитания агентов(1)

Среда это то, где обитает агент. Среда может быть доступной для восприятия и изменения агентом. Среды можно классифицировать по следующим признакам.

1. По степени наблюдаемости: полностью наблюдаемая – если рецепторы агента предоставляют ему полную информацию о состоянии среды или частично наблюдаемая – в противном случае.
2. По степени определенности последствий принимаемых решений: детерминированная – если следующее состояние среды однозначно определяется предыдущим состоянием и реализуемым действием или стохастическая – иначе.
3. По связности принимаемых решений: эпизодическая – если цель агента правильно реагировать на каждый последовательно воспринимаемый эпизод и последующие решения не зависят от предыдущих – или последовательная, если это не так.



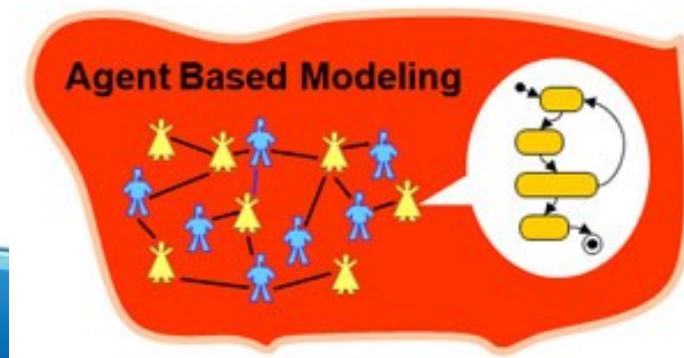
3.4 Среда обитания агентов(2)

4. По динамике происходящих изменений среды подразделяются на: статические – если в среде не происходит изменений, пока агент принимает решения, и динамические – если изменения происходят.
5. По плавности изменения состояний среды бывают: дискретные – если изменения происходят скачкообразно, и непрерывные – если изменения происходят плавно.
6. По количеству находящихся в среде агентов – одноагентные и многоагентные.

Следует заметить, что агенты могут различаться по структуре, определяющей возможности восприятия среды. Поэтому одна и та же среда с точки зрения разных агентов может обладать разными свойствами. Например, мир для лягушки близок к дискретному, т.к. ее глаза приспособлены видеть только объекты, движущиеся со скоростью не меньше пороговой. Объекты, обладающие меньшей скоростью, для нее неподвижны.

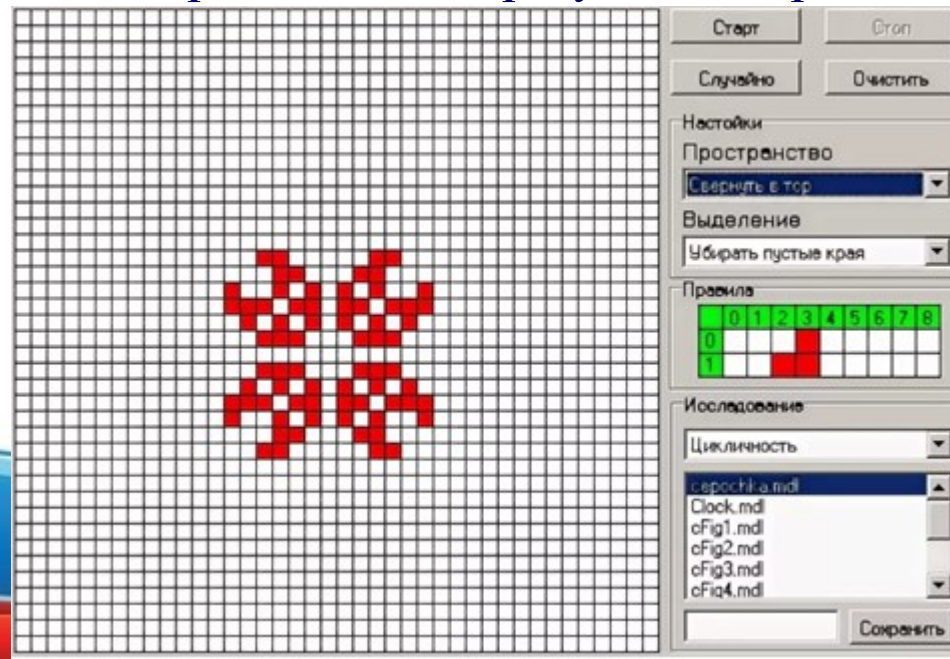
3.5 Агентное моделирование с точки зрения практического применения

Агентное моделирование (англ. agent-based model (ABM))— С точки зрения практического применения агентное моделирование можно определить как метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как это поведение определяет поведение всей системы в целом. Агентное моделирование включает в себя клеточные автоматы, элементы теории игр, сложных систем, эволюционного программирования, использует случайные числа.



3.6 Клеточные автоматы

Клеточный автомат это дискретная модель, изучаемая в математике, теории вычислимости, физике, теоритической биологии и микромеханике. Включает регулярную решётку ячеек, каждая из которых может находиться в одном из конечного множества состояний, таких как 1 и 0. Ячейки клеточного автомата также могут метиться цветом. Для работы клеточного автомата требуется задание начального состояния всех ячеек и правил перехода ячеек из одного состояния в другое. На каждой итерации, используя правила перехода и состояния соседних ячеек, определяется новое состояние каждой ячейки. Обычно правила перехода одинаковы для всех ячеек и применяются сразу ко всей решётке.



3.7 Теория игр(1)

Теория игр это математический метод изучения оптимальных стратегий в играх. Под игрой понимается процесс, в котором участвуют две и более сторон, ведущих борьбу за реализацию своих интересов. Каждая из сторон имеет свою цель и использует некоторую стратегию, которая может вести к выигрышу или проигрышу — в зависимости от поведения других игроков. На компьютере могут быть реализованы игры в обычном понимании такие как: карты, кости, шашки, шахматы и др. (рис. 3.4). Противником в таких играх является человек и компьютер. На компьютере также реализуются специфические, исключительно компьютерные игры: приключенческие, стратегические, обучающие и др.

3.7 Теория игр(2)

Основы теории игр зародились еще в 18 веке, с началом эпохи просвещения и развитием экономической теории. Впервые математические аспекты и приложения теории были изложены в классической книге 1944 года Джона фон Неймана и Оскара Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение». Первые концепции теории игр анализировали антагонистические игры, когда есть проигравшие и выигравшие за их счет игроки. Не смотря на то, что теория игр рассматривала экономические модели, вплоть до 50-х годов 20 века она была всего лишь математической теорией. После, в результате резкого скачка экономики США после второй мировой войны, и, как следствие, большего финансирования науки, начинаются попытки практического применения теории игр в экономике, биологии, кибернетике, технике, антропологии.

3.7 Теория игр(3)

Во время Второй мировой войны и сразу после нее теорией игр серьезно заинтересовались военные, которые увидели в ней мощный аппарат для исследования стратегических решений. В начале 50-х Джон Нэш (на фото) разрабатывает методы анализа, в которых все участники или выигрывают, или терпят поражение. Эти ситуации получили названия «равновесие по Нэшу». По его теории, стороны должны использовать оптимальную стратегию, что приводит к созданию устойчивого равновесия. Игрокам выгодно сохранять это равновесие, так как любое изменение ухудшит их положение. Эти работы Нэша сделали серьезный вклад в развитие теории игр, были пересмотрены математические инструменты экономического моделирования. Джон Нэш показывает, что классический подход к конкуренции А.Смита, когда каждый сам за себя, неоптимален. Более оптимальны стратегии, когда каждый старается сделать лучше для себя, делая лучше для других.

3.7 Теория игр(4)

Большим вкладом в применение теории игр стала работа Томаса Шеллинга, нобелевского лауреата по экономике 2005 г. «Стратегия конфликта». За последние 20 — 30 лет значение теории игр и интерес значительно растет, некоторые направления современной экономической теории невозможно изложить без применения теории игр.

примеры некоторых игр



3. 8 Эволюционное программирование

Эволюционное программирование это метод решения задач, основанный на эволюции популяции решений, в процессе которой определяется оптимальное значение оценочной функции. Такой подход в основном применяется для оптимизации плохо определённых функций. Одна из основных идей эволюционного программирования - принцип естественного отбора, который заключается в том, что наиболее приспособленные особи дают потомство, которое формирует последующие поколения. Утверждается, что каждое следующее поколение является более приспособленным для решения поставленной задачи, чем предыдущее. Качество полученной популяции или особи определяется оценочной функцией.

3. 9 История агентного моделирования(1)

Первая АОМ(Агентное Объектно-Ориентированное Моделирование) была разработана в конце 1940-х гг. Впоследствии, развитие микрокомпьютеров способствовало дальнейшему развитию этого направления и возможности проводить компьютерные симуляции.

Основная идея, лежащая в основе агент-ориентированных моделей заключается в построении «вычислительного инструмента» (представляющего собой набор агентов с определённым набором свойств), позволяющего проводить симуляции реальных явлений. Конечная цель процесса по созданию АОМ — отследить влияние флуктуаций агентов, действующих на микроуровне, на показатели макроуровня.

3. 9 История агентного моделирования(2)

Принято считать, что агент-ориентированные модели берут своё начало с вычислительных машин Джон фон Неймана (Von Neumann), являющихся теоретическими машинами, способными к воспроизводству. Джон фон Нейман предложил использовать машины, которые следуют детальным инструкциям для создания точных копий самих себя. Впоследствии данный подход был усовершенствован другом фон Неймана — Станиславом Уламом, который предложил изображать машину на бумаге — в качестве набора клеток на решетке. Данный подход стал началом развития клеточных автоматов.

Наиболее известной реализацией конечного автомата стала игра «Жизнь», предложенная Джоном Хортоном Конвеем, отличающаяся от машины фон Неймана достаточно простыми правилами поведения агентов.

Использование АОМ для социальных систем взяло своё начало с работы программиста Крега Рейнолдса, в которой он предпринял попытку моделирования деятельности живых биологических агентов (модель «Искусственная жизнь»).

3.10 Теория агентного моделирования

В основе агент-ориентированных моделей лежат три основные идеи:

объектная ориентированность, обучаемость агентов (или их эволюция), сложность вычислений.

Доминирующим методологическим подходом является подход, при котором вычисляется равновесие или псевдоравновесие системы, содержащей в себе множество агентов. При этом, сами модели, используя простые правила поведения, могут выдавать весьма интересные результаты.

АОМ состоят из динамически взаимодействующих по определённым правилам агентов. Среда, в которой они взаимодействуют, может быть достаточно сложной.

3.11 Основные свойства агентов АОМ(1)

Интеллектуальность

В то же время, это свойство должно быть умеренным для того, чтобы агенты не могли познать нечто большее, выходящее за рамки правил игры.

Наличие жизненной цели

Расположение во времени и пространстве. Имеется в виду некоторая «среда обитания», которая может быть представлена и в виде решетки (как в игре «Жизнь»), так и в виде гораздо более сложной структуры. Иногда, результат взаимодействия агентов в «среде обитания» — равновесие, иногда — непрекращающийся процесс эволюции, а иногда — бесконечный цикл без определённого решения.

3.11 Основные свойства агентов АОМ(2)

Считается, что АОМ дополняют традиционные аналитические методы. Последние позволяют нам охарактеризовать равновесие системы, а АОМ позволяют исследовать возможность получения такого состояния. АОМ могут объяснить причину возникновения таких явлений как: террористические организации, войны, обрушения рынка акций и т. д.

В идеале, АОМ могут помочь идентифицировать критические моменты времени, после наступления которых, чрезвычайные последствия будут иметь необратимый характер.

3.11 Основные свойства агентов АОМ(2)

Считается, что АОМ дополняют традиционные аналитические методы. Последние позволяют нам охарактеризовать равновесие системы, а АОМ позволяют исследовать возможность получения такого состояния. АОМ могут объяснить причину возникновения таких явлений как: террористические организации, войны, обрушения рынка акций и т. д.

В идеале, АОМ могут помочь идентифицировать критические моменты времени, после наступления которых, чрезвычайные последствия будут иметь необратимый характер.

3.12 Что позволяет агентное моделирование(1)

Агентное моделирование позволяет понять поведение индивидов внутри системы, особенности их взаимодействия друг с другом и последствия, которые порождает такое взаимодействие, а также оценить влияние этих последствий на возможное поведение агентов в дальнейшем. Поэтому оно является вполне приемлемым инструментом для моделирования сложных адаптивных систем.

Агентное моделирование позволяет моделировать не агрегированные элементы системы, а, напротив, базируется на идее моделирования процессов «снизу вверх»: в основе модели лежит набор основных элементов, из взаимодействия которых рождается обобщенное поведение системы.

3.12 Что позволяет агентное моделирование(2)

Важно понимать, что в данном случае задача состоит не в том, чтобы найти оптимальное экономическое равновесие, а в том, чтобы попытаться понять природу сложных социальных явлений. «Возникающее» поведение (emergent behavior) представляет собой результат взаимодействия элементов системы. Соответственно, в рамках данного подхода к моделированию возникает необходимость корректно отобразить механизм поведения и взаимодействия элементов системы — так называемых «агентов». Агентами, например, могут быть не только индивидуумы (продавцы, покупатели, избиратели и т.п.), но также и социальные группы — семьи, компании и т.п. (Каталевский Д.Ю., 2011).



3.12 Что позволяет агентное моделирование(3)

Однако, не следует думать, что агентное моделирование применимо только для решения задач коммуникативного характера. Задачи, связанные с логистикой, производством, цепями поставок или бизнес-процессами, также решаются с помощью агентного моделирования. Например, поведение сложной машины может быть эффективно смоделировано отдельным объектом (агентом) с картами состояний, описывающими ее систему таймеров, внутренних состояний, разного рода реакции в различных ситуациях и т.д. Подобная модель может быть необходима для воссоздания технологических процессов на производстве.

Участники цепочки поставок (компании-производители, оптовые торговцы, розничные продавцы) могут быть представлены как агенты со индивидуальными целями и правилами. Агенты могут также быть проектами или продуктами в пределах одной компании, при этом обладать собственной динамикой и внутренними состояниями, конкурировать за ресурсы компании.



Спасибо за внимание!