

Мультиагентная технология (МАТ) - это новая программная технология, которая предназначена для поддержки принятия решений в современном сложном и быстро меняющемся мире. МАТ могут работать как в бизнесе, так и в других областях: на предприятиях, в государственном управлении, здравоохранении и социальной сфере, и даже при анализе почты на персональном компьютере.

Задачи, решаемые с помощью МАТ:

- планирования ресурсов в реальном времени;
- понимания смысла текстов на естественном языке;
- анализа данных для обнаружения скрытых знаний при принятии решений;
- обучения компьютерных систем путем выявления предпочтений и построения моделей поведения пользователя.

В МАТ заложен принцип автономности отдельных частей программы (агентов), совместно функционирующих в распределенной мультиагентной системе (МАС), где одновременно протекает множество взаимосвязанных процессов.

В отличие от традиционных систем, в которых решение находят с помощью централизованных, последовательных и детерминированных алгоритмов, в МАС решение достигается в результате распределённого взаимодействия множества агентов — автономных программных объектов, нацеленных на поиск возможно не оптимального, но наилучшего из возможных решений на каждый момент времени.

Если найденный агентом лучший вариант уже забронирован другим агентом, агенты оказываются способны выявить конфликт и разрешить его путём переговоров, в ходе которых достигается компромисс, отражающий временное, и, как правило, неустойчивое равновесие (баланс) их интересов.

МАС (или агентно-ориентированное программирование) являются следующим шагом в развитии объектно-ориентированного программирования и интегрируют в себе достижения последних десятилетий в сфере искусственного интеллекта, параллельных вычислений и телекоммуникаций.

В настоящее время МАС объединяют три технологии:

- распределенный ИИ (distributed AI)
- распределенные решатели задач (distributed problem solving)
- параллельные вычисления.

В своем развитии МАС прошли две фазы:

1. 1977 – начало 90-х – создание *смышленных агентов* (smart agents).

Изучались вопросы о том, как агенты могут договариваться, как координировать свои действия, как декомпозировать и распределять задачи и т.д.

2. 90-е – до настоящего времени – создание *интеллектуальных агентов* (*intelligent agents*).

Работы этого периода характеризуются практическими применениями, а в фокусе внимания исследователей теперь находятся вопросы архитектуры, языки представления сценариев, средства проектирования агентов.

Краткая история

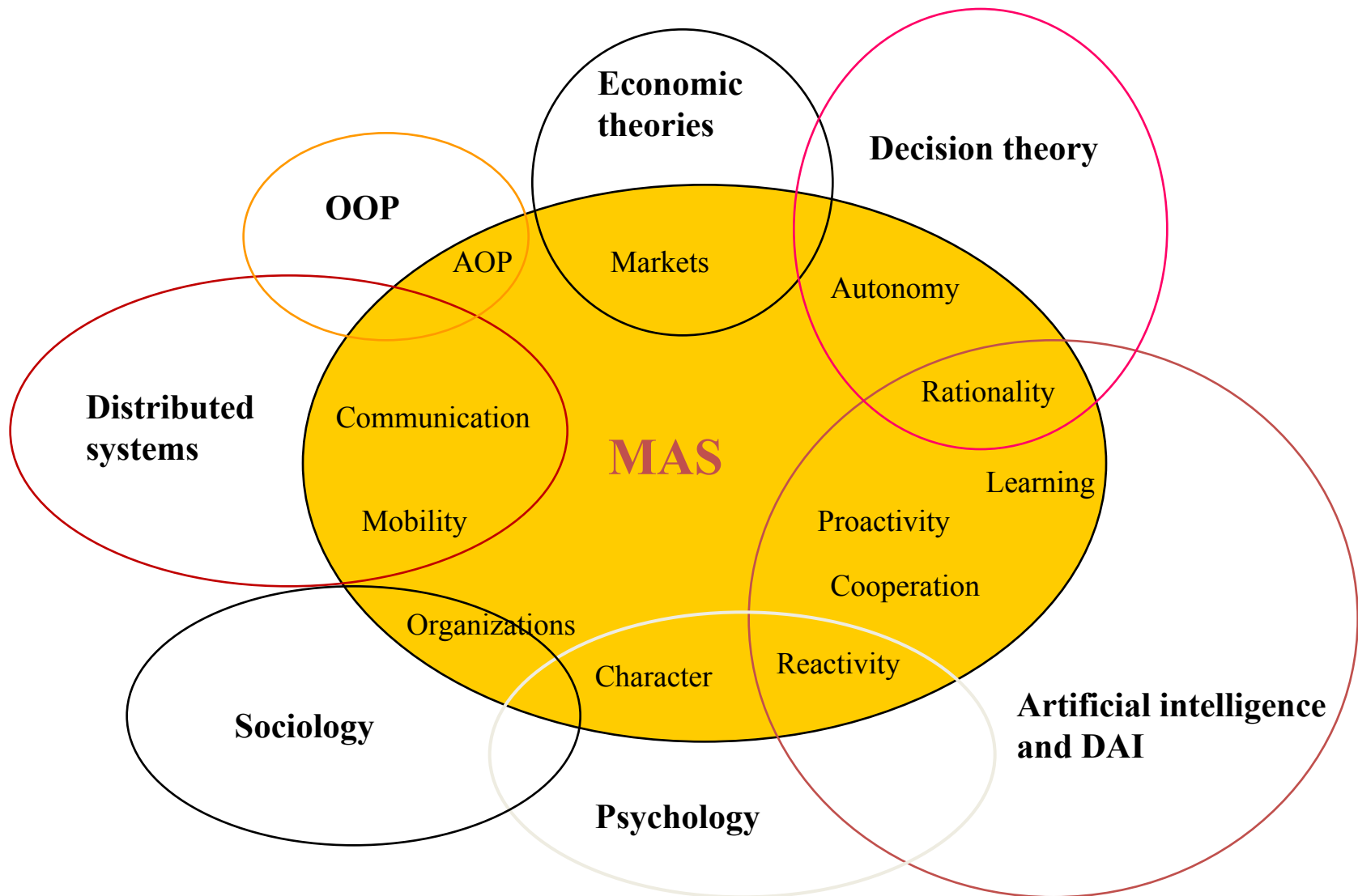
- Программные агенты являются прямой эволюцией многоагентных систем (МАС), которые в свою очередь развились из распределённого искусственного интеллекта (РИИ), распределённого решателя задач (РРЗ) и параллельного искусственного интеллекта (ПИИ).
- Таким образом, программные агенты наследует все характеристики (хорошие и плохие) от РИИ и ИИ.
- «Навигатор по знаниям», созданный в 1987 г. Джоном Скалли (исполнительный директор компании Apple с 1983 по 1993), представлял собой видеосвязь между конечным пользователем и агентом, к сожалению явился неудачным экспериментом.
- Скалли пытался реализовать в "Ньютоне", в той или иной мере неуспешном PDA** компании Apple. Его видение будущего компьютеров, пусть даже и не реализованное в полной мере, было весьма важным для развития всех околокомпьютерных технологий, равно как и его предвидение изменения назначения компьютеров - из рабочего инструмента в средство обмена и поиска информации

- Лишь немногим более 20 лет назад МАС выделились в самостоятельную область исследований и приложений и сейчас все больше претендует на одну из ведущих ролей в рамках интеллектуальных информационных технологий.
- Спектр работ по данной тематике весьма широк, интегрирует достижения в области компьютерных сетей, открытых и распределенных систем, ИИ и информационных технологий и ряда других исследований, а результаты позволяют говорить о новом качестве получаемых решений.

Области знаний и технологии, используемые интеллектуальными агентами



Мультидисциплинарность



Искусственный интеллект

Причины использования:

- Распределенный ИИ
 - Распределенные базы знаний
 - Распределенный логический вывод и решение задач
- Интеграция отдельных методов ИИ в агента, способном воспринимать информацию среды и совершать действия
- Новая концепция интеллекта
 - Корни интеллекта связаны с культурой и обществом
 - Общее разумное поведение формируется совместными действиями из большого числа простых полуавтономных индивидуумов

Решает задачи:

- Микроуровень – «МОЗГ» агента
- Макроуровень – совместное планирование и решение задач



Распределенные системы и сети

Причины

использования:

- Новый уровень управления программной и аппаратной инфраструктурой

Решает задачи:

- Архитектуры производительных агентных платформ
- Координация действий (например, в Grid-системах)

Разработка ПО

Причины использования:

- Агенты как абстракция и средство анализа и построения еще более сложных систем
- Многоагентная архитектура – автономная компонентная архитектура построения интеллектуальных систем

Решает задачи:

- Дешевая и качественная реализация МАС
- Методологии
- Инструменты
- Платформы



Теория игр

Причины

использования:

- Натурное моделирование

Решает задачи:

- Поведение МАС
 - Стратегии поведения
 - Ведение аукционов
 - Ведение переговоров



Социальные науки

Причины использования:

- Натурное моделирование



Решает задачи:

- Социальные понятия и модели
 - Доверие
 - Репутация
 - Сообщества
 - Модели психологии человека

Мультиагентные технологии как концепция искусственного интеллекта

Интеллектуальные мультиагентные системы – одно из перспективных направлений искусственного интеллекта, которое сформировалось на основе результатов исследований в области распределенных компьютерных систем, сетевых технологий решения проблем и параллельных вычислений

При создании МАС предполагается, что отдельный агент может иметь лишь частичное представление о задаче и способен решить лишь некоторую ее подзадачу. Поэтому для решения сколько-нибудь сложной проблемы требуется взаимодействие агентов, которое неотделимо от формирования МАС.

В МАС задачи распределены между агентами, каждый из которых рассматривается как член группы или организации. Распределение задач предполагает назначение ролей каждому из агентов, определение меры его ответственности и требований к опыту.

Процесс самоорганизации в МАС - внутренняя упорядоченность, согласованность, взаимодействие более или менее дифференцированных и автономных агентов агентной системы, обусловленной ее строением.

В МАС несколько агентов могут общаться, передавать друг другу некоторую информацию, взаимодействовать между собой и решать поставленную задачу.

Сложные адаптивные системы часто рассматривают как среду действия агентов. С понятием сложных систем связаны следующие фундаментальные идеи, которые непосредственно влияют на функционирование МАС:

- в сложных системах существуют автономные объекты, которые взаимодействуют друг с другом при выполнении своих определенных задач;
- агенты должны иметь возможность реагировать на изменяющиеся условия среды, в которой они функционируют и, возможно, изменять свое поведение на основе полученной информации;
- сложные системы характеризуются возникающими структурами - логически связанными схемами, которые формируются в результате взаимодействия между агентами;
- сложные системы с возникающими структурами часто существуют на грани порядка и хаоса;
- при создании сложных систем на базе агентов имеет смысл рассматривать биологические аналогии, такие как: паразитизм, симбиоз, репродукцию, генетику, митоз и естественный отбор (например, компания British Telecom при формировании сети направления звонков использует модель деятельности колонии муравьев).

Отличия простой компьютерной программы от агента:

1. Программа «не утруждает» себя целевым поведением и анализом достигнутых результатов.
2. Агент «заинтересован» в том, чтобы задание было выполнено.
3. У агента задаются предпочтения, которые соответствуют предпочтениям пользователя, он начинает действовать от лица пользователя.
4. В случае неудачи или какого-то сбоя агент должен повторить попытку позднее или иметь про запас альтернативный вариант решения проблемы.
5. Агенты в процессе отработки заданий всегда формирует список выполненных действий, результаты тестирования и верификации и отсылают его в управляющую систему.

Агенты способны функционировать под автономным управлением, воспринимать свою среду, существовать в течение продолжительного периода времени, адаптироваться к изменениям и обладать способностью брать на себя достижение целей, поставленных другими.

Общая классификация агентов

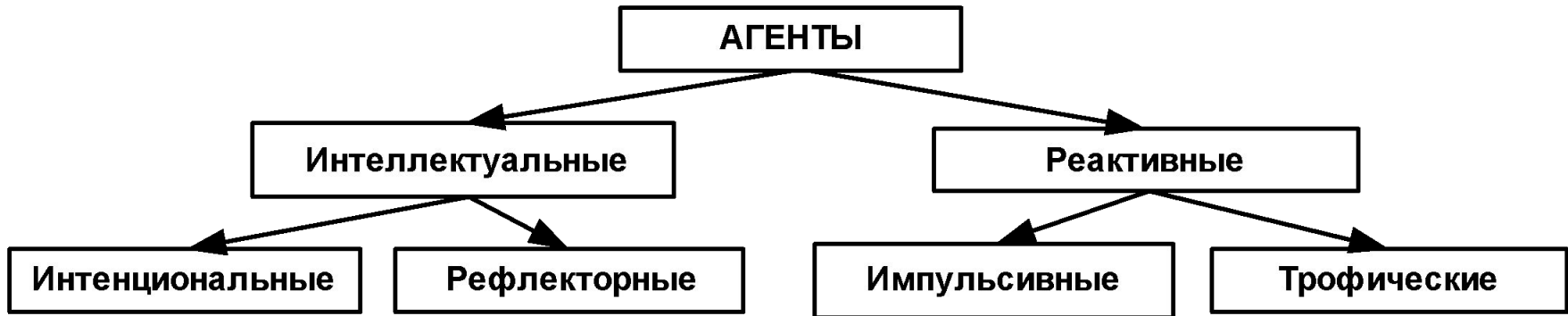


Классификацию искусственных агентов

можно построить по следующим двум признакам:

- 1) степень развития внутреннего представления внешнего мира;
- 2) способ поведения.

По первому признаку:



Интенциональные агенты наделены собственными механизмами мотивации, т.е. в них так или иначе моделируются внутренние убеждения, желания, намерения и мотивы, порождающие цели, которые и определяют их действия.

Модульные (рефлекторные) агенты не имеют внутренних источников мотивации и собственных целей, а их поведение характеризуется простейшими (одношаговыми) выводами или автоматизмами.

Поведение **трофических агентов** определяется простейшими трофическими связями (типа «кто кого ест»). Фактически оно сводится к ответу на стимулы, поступающие из внешней среды, т.е. полностью определяется ее локальным состоянием.

Импульсивный агент стремится минимизировать функционал:

$$I = \int_0^T W dt = \int_0^T \frac{1}{2} (a_i y_i^2) dt,$$

- где y_i - отклонение некоторой жизненно важной переменной от нормы (потребность); a_i - вес (субъективная важность) этой потребности; t - время; произведение $M_i = a_i y_i$ - побуждение (импульс).

Областями практического применения

мультиагентных технологий являются:

- управление информационными потоками (workflow management)
- управление информационными сетями (network management)
- информационный поиск
- электронная коммерция
- обучение
- электронные библиотеки
- распределенное решение сложных задач
- задачи планирования производства
- реинжиниринг предприятий и многие другие приложения.

Примерами областей, где использование мультиагентного подхода уже приносит ощутимые результаты, являются:

Промышленность.

- ***Управление производством:*** составление и оптимизация производственной цепочки посредством распределения технологических шагов как между внутренними подразделениями, так и между сторонними подрядчиками.
- ***Контроль производственных процессов:*** сбор и анализ текущей информации, коммуникации с агентами, контролирующими другие подсистемы, принятие и реализация оперативных решений.
- ***Управление воздушным транспортом:*** моделирование и оптимизация диспетчерской деятельности аэропорта.

Предпринимательство:

- *Управление информацией:* поиск источников, сбор, фильтрация и анализ данных, интеллектуальная обработка больших объемов информации.
- *Электронная коммерция* открывает широкие возможности для использования интеллектуальных агентов как на стороне продавца, так и на стороне покупателя.
- *Управление бизнес-процессами:* гибкая автоматизация корпоративной организационной деятельности со сложной внутренней логикой и большим количеством участвующих сторон.

Медицина:

- *Мониторинг пациентов:* непрерывный сбор, учет и анализ большого количества отслеживаемых характеристик состояния пациентов на протяжении продолжительного промежутка времени.
- *Здравоохранение:* возможность обследования и диагностики пациентов с использованием виртуальных специалистов из различных областей медицины.

Индустрия развлечений:

- *Компьютерные игры:* возможность достижения качественно новых уровней посредством использования интеллектуальных агентов для различных участвующих сторон.
- *Интерактивные приложения* (телевидение, театр, кинематограф): агенты могут создавать иллюзию реальности происходящего действия, позволяя пользователю принимать в нем участие.

Назначение и функции интеллектуальных агентов

Агент – это развитие известного понятия "объект", представляющего абстракцию множества экземпляров предметов реального мира, имеющих одни и те же свойства и правила поведения.

"**Агент** – это сущность, которая находится в некоторой среде, интерпретирует их и исполняет команды, воздействующие 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 говорят о том, что агенты – это достаточно общая технология, которая аккумулирует в себе несколько различных областей".

Агент – это программный модуль, способный выполнять определенные ему функции или функции другого агента (человека, чьи функции он воспроизводит).

Агент - аппаратная или программная сущность, способная действовать в интересах достижения целей, поставленных перед ним владельцем или пользователем.

Фактически, используя понятие "агент", каждый автор или сообщество определяют своего агента с конкретным набором свойств в зависимости от целей разработки, решаемых задач, техники реализации, критериев.

Как следствие, в рамках данного направления появилось множество типов агентов, например:

- автономные агенты, персональные ассистенты, интеллектуальные агенты, социальные агенты и т.д.

В зависимости от степени возможности внутреннего представления внешнего мира и способа поведения агенты классифицируются как:

- локальные, сетевые, мобильные, интерфейсные, транслирующие, маршрутизации и т.д.

Под **интеллектуальным агентом** в искусственном интеллекте понимаются любые физические или виртуальные единицы, способные:

- поддерживать взаимодействие с окружающим миром, получая от него информацию, и, реагируя на нее своими действиями
- проявлять собственную инициативу, посылать и получать сообщения от других агентов и вступать с ними во взаимодействие
- действовать без вмешательства извне, в том числе и без вмешательства человека
- запоминать и анализировать различные ситуации
- предвидеть возможные реакции на свои действия, делать из этого выводы, полезные для дальнейших действий
- прогнозировать свое будущее и изменения внешней среды.

Интеллектуальные способности позволяют таким агентам строить виртуальные миры, работая в которых, они формируют планы действий.

Интеллектуальных агентов целесообразно использовать в системах, где выполняются одно или несколько из ниже перечисленных условий.

Система должна:

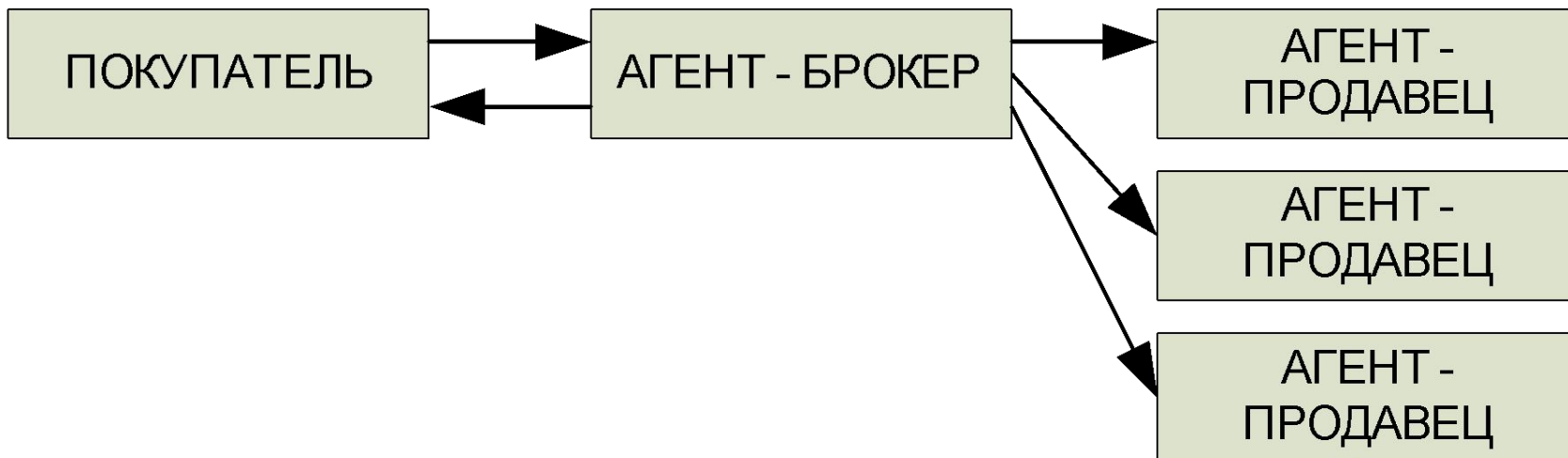
- работать автономно;
- связываться с другими программными или человеческими агентами;
- отслеживать состояние среды, в которой функционирует, и принимать решения относительно своих собственных действий, основанных на состоянии среды.

Свойства интеллектуальных агентов:

- 1. Автономность** – способность функционировать независимо от внешних управляющих воздействий (например, без вмешательства со стороны своего владельца) и осуществлять контроль внутреннего состояния и своих действий. Высокой степени автономности способствуют такие возможности агента как гибкие алгоритмы работы, способность к самообучению, возможность работы с неполной информацией.
- 2. Реактивность** – способность к восприятию агентом состояния окружающей среды и изменений этого состояния, а также к учету этой информации в своей деятельности. Крайними формами использования свойства реактивности являются жесткая схема работы агента, при которой действия выполняются по заранее разработанному плану, не модифицируемому в процессе выполнения.
- 3. Активность** – способность генерировать цели и действовать рациональным образом для их достижения.
- 4. Проактивность** - способность показывать управляемое целями поведение, проявляя инициативу, совершая действия направленные на достижение целей.

5. **Базовые знания** – знания агента о себе, окружающей среде, включая других агентов, которые не меняются в рамках жизненного цикла агента.
6. **Убеждения** – переменная часть базовых знаний, которые могут меняться во времени, хотя агент может об этом не знать и продолжать их использовать для своих целей.
7. **Целеустремленность** - способность агента не только к реактивным действиям, но и к целенаправленному поведению для достижения некоторой заданной цели, устанавливаемой самостоятельно или извне.
8. **Социальность (коммуникативность)** - свойство агентов взаимодействовать между собой, а также с другими интеллектуальными существами.
9. **Желания** – состояния и/или ситуации, достижение которых для агента важно.
10. **Обязательства** – задачи, которые берет на себя агент по просьбе и/или поручению других агентов.
11. **Намерения** – то, что агент должен делать в силу своих обязательств и/или желаний.

Иногда в этот же перечень добавляются и такие свойства, как **рациональность, правдивость, благожелательность**, а также **мобильность**, хотя последнее характерно не только для интеллектуальных агентов.



Как показывает практика, в большинстве случаев применение интеллектуальных агентов сводится к одному из двух вариантов:

1. Автономное выполнение специфических функций вместо человека, а в ряде случаев, даже от лица человека.
2. Помощь в выполнении некоторых видов деятельности посредством высокоуровневого взаимодействия с человеком

Очевидно, что в силу своей природы интеллектуальные агенты могут быть применены в любой сфере человеческой жизнедеятельности.

Агент с точки зрения распределенных вычислений

Это самостоятельный процесс, выполняемый параллельно, имеющий определенное состояние и способный взаимодействовать с другими агентами посредством передачи сообщений.

В дополнение к концепции ООП, каждый агент имеет возможность создания копий самого себя с полной или ограниченной функциональностью, обеспечивая возможность настройки на среду путем исключения неэффективных методов и замены их новыми. Традиционная для ООП схема класс/объект нарушается, т.к. агент имеет возможность постоянного изменения сценария поведения без его изменения в родительском классе. Многозначное наследование позволяет создавать экземпляры агентов, смешивая сценарии поведения, схемы наследования и атрибуты, определенные в родительских классах.

Агент с точки зрения распределенного искусственного интеллекта (РИИ)

Это компьютерная система, которая в дополнение к выше перечисленным свойствам либо сформулирована, либо реализована с использованием концепций, свойственных человеку. Например, в искусственном интеллекте понятие агента часто связывают с такими понятиями, как знания, убеждения, намерения, обязательства. Некоторые исследователи идут дальше и рассматривают *эмоциональных агентов*.

Под агентом можно понимать механизм инкапсуляции и обмена распределенными знаниями и функциями. Каждый агент - это процесс, обладающий определенной частью знаний об объекте проектирования и возможностью обмениваться этими знаниями с остальными агентами. В зависимости от типа, агент может поддерживать и интерфейс с пользователем.

Мультиагентная концепция управления элементами инфраструктуры организации

Агент управления - это программа, которая собирает информацию и передает ее программе управления. ИА не только собирает информацию и отвечает на запросы, но и самостоятельно принимает решения.

Менеджер среднего звена может делать то же самое, что и ИА. Он, однако, управляет не одним устройством, а целым доменом посредством взаимодействия с агентами. По этой причине его иногда называют *менеджером доменов* или *суперагентом*. Агенты на управляемых устройствах называются *встроенными агентами*.

Менеджеры среднего звена позволяют пользователям конструировать иерархии управления.

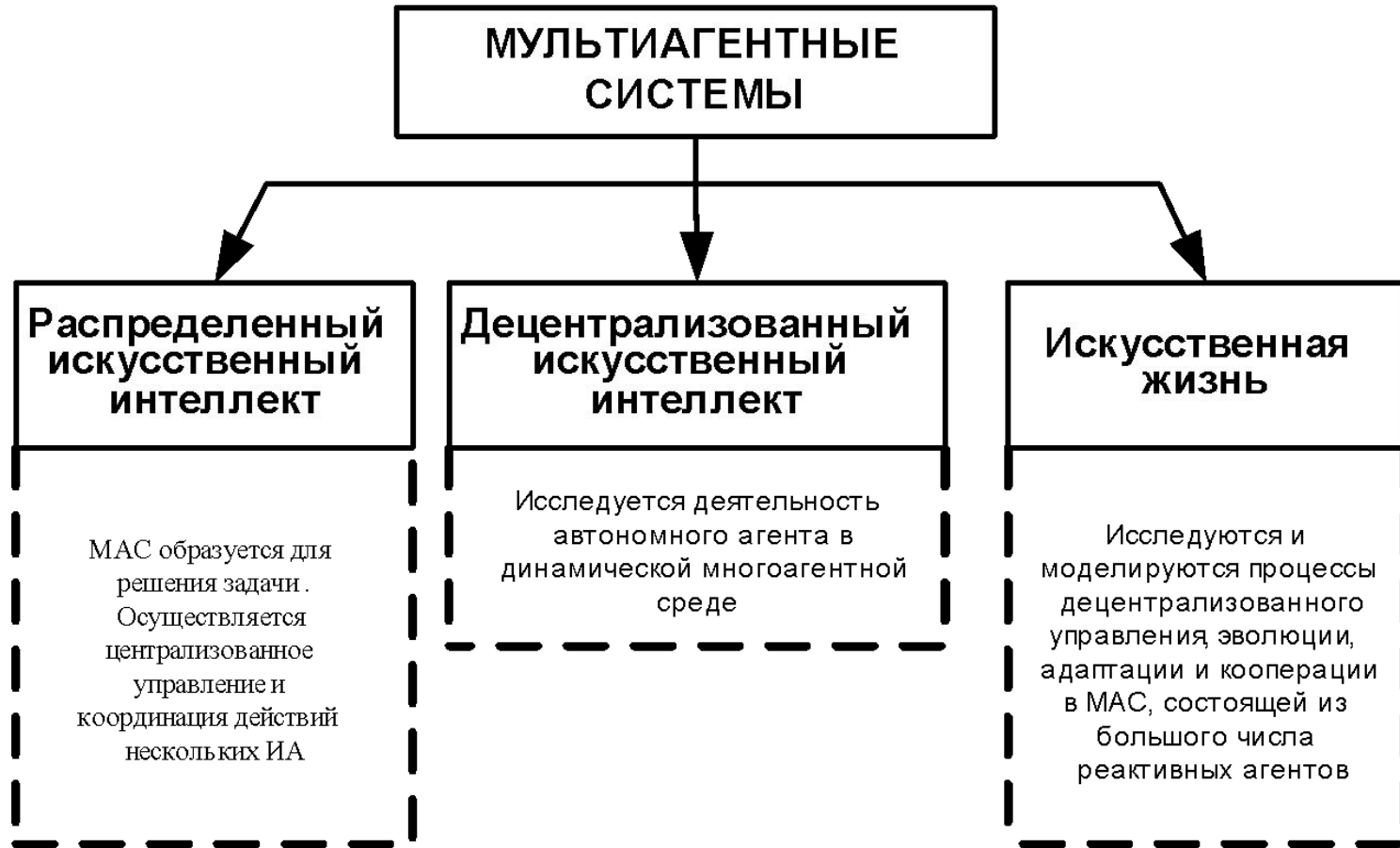
ИА наиболее популярны на прикладном уровне. Они используются для удаленной выборки данных, расшифровки и ответа на сообщения электронной почты и выбора данных из потока данных по некоторому признаку.

Главные направления развития МАС

Разработка МАС в настоящее время идет по двум основным направлениям:

1. МАС на основе распределенного искусственного интеллекта (РИИ) строятся на базе систем, основанных на правилах, и рассуждениях на основе прецедентов. В них каждый агент рассматривается как система (нераспределенная), основанная на знаниях с добавлением компонентов, обеспечивающих безопасность, мобильность, качество обслуживания, взаимодействие с другими агентами, сетевыми ресурсами и пользователями. Данные МАС характеризуются скоординированным интеллектуальным поведением в сообществе интеллектуальных агентов. МАС на основе РИИ рассматриваются как наиболее многообещающие МАС.
2. МАС на основе сценариев ориентированы на использование в больших компьютерных сетях с большим разнообразием предоставляемого сервиса. МАС на основе сценариев рассматриваются как основной подход для реализации мобильной телекоммуникации через компьютерные сети общего пользования с помощью переносных компьютеров.

Типы организации МАС



Главной проблемой в РИИ является разработка интеллектуальных групп и организаций, способных решать задачи путем рассуждений, связанных с обработкой символов.

Иными словами, здесь коллективное интеллектуальное поведение образуется на основе индивидуальных интеллектуальных поведений. Это означает согласование целей, интересов и стратегий различных агентов, координацию их действий, разрешение конфликтов путем переговоров.

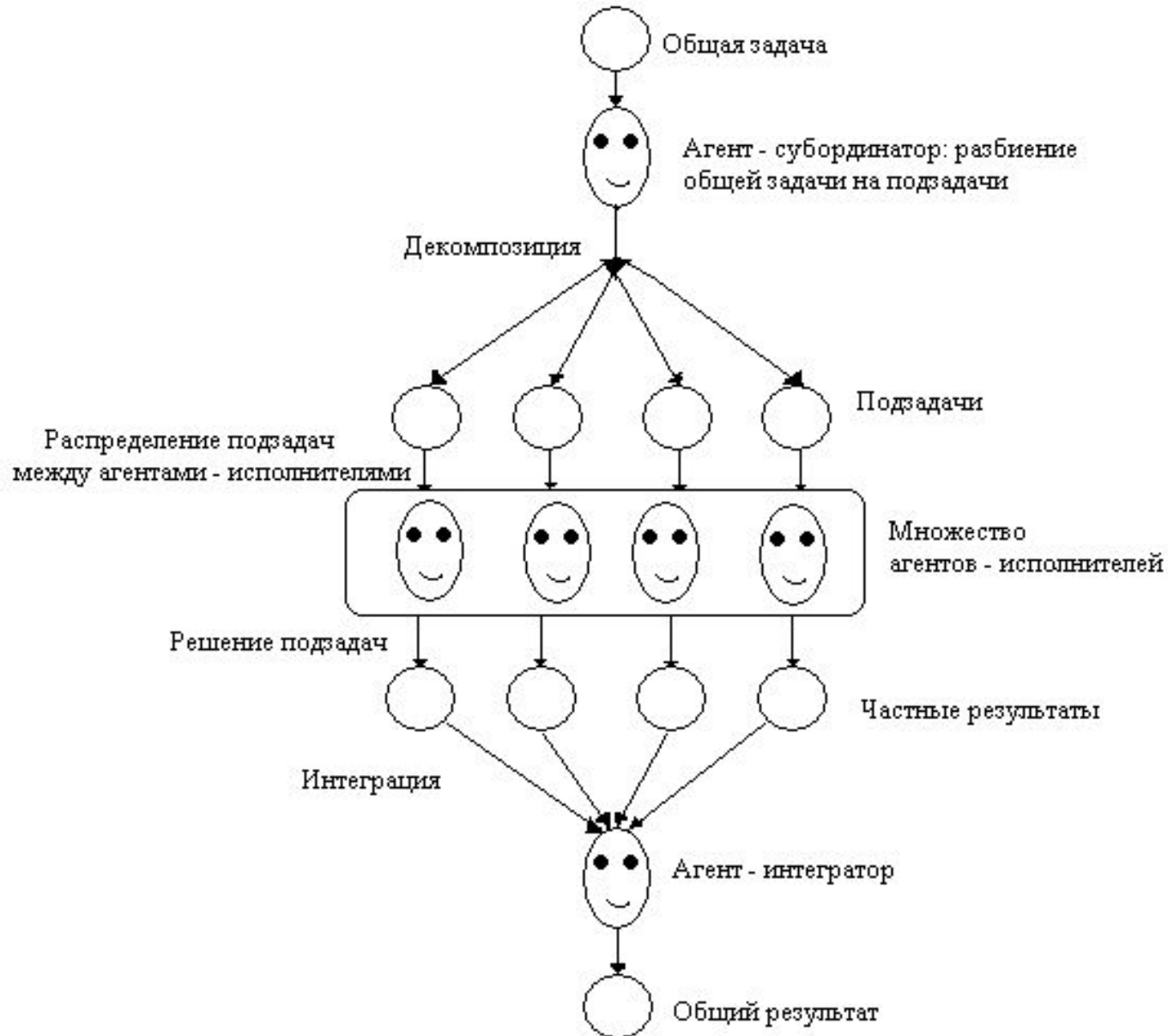
Системы РИИ определяются тремя основными характеристиками:

- способ распределения задач между агентами;
- способ распределения властных полномочий;
- способ коммуникации агентов.

Распределенный искусственный интеллект

- Структура РИИ создается для решения конкретной интеллектуальной задачи и управляется централизованно, с четкой координацией действий всех агентов, исходя из интересов общей цели - решить задачу с максимальной эффективностью.
- Задача должна быть оптимально разбита на составляющие ее подзадачи с учетом интеллектуальных возможностей контингента агентов.

Распределенное решение задачи



Типичная схема РРЗ несколькими агентами включает следующие этапы:

- агент-субординатор (руководитель центральный орган) проводит декомпозицию исходной проблемы на отдельные задачи;
- эти задачи распределяются между агентами-исполнителями;
- каждый агент-исполнитель решает свою задачу, подчас также разделяя ее на подзадачи;
- для получения общего результата производится композиция, интеграция частных результатов, соответствующих выделенным задачам. За общий результат отвечает агент-интегратор (чаще всего, это тот же агент-субординатор).

Важнейшие аспекты РИИ:

1. Распределение задач между агентами.
2. Объединение результатов (согласование и интеграция).

Основные критерии эффективности РРЗ:

- время решения
- соответствие подзадачи возможностям конкретного агента-исполнителя.

При наличии некоторого несоответствия агент-исполнитель может провести дальнейшее расчленение задачи, обратиться за помощью к другим агентам-исполнителям и т. п.

В случае РРЗ агент-субординатор может прибегать к двум противоположным стратегиям:

- 1) подбор агентов-исполнителей, наиболее пригодных для решения конкретных подзадач (подбор агента для решения подзадачи);
- 2) подбор наиболее подходящей подзадачи для данного агента-исполнителя (подбор подзадачи для агента).

Фундаментальные особенности социальной группы в РИИ:

- социальная структура;
- распределение ролей между агентами.

К числу главных теоретических проблем РИИ относятся:

- Описание, декомпозиция и распределение задач между агентами в МАС. Синтез (композиция) решений.
- Обеспечение взаимодействия, коммуникации агентов в МАС. Построение языков и протоколов коммуникаций.
- Согласование решений и координация действий агентов. Планирование в МАС. Разрешение конфликтов между агентами из-за ресурсов.
- Описание представления агентами своих внутренних состояний, а также рассуждений о знаниях, планах и действиях других агентов.
- Описание различных точек зрения, целей предпочтений агентов в интересах представления их в МАС.

Искусственная жизнь

- В большей степени связано с трактовкой интеллектуального поведения в контексте выживания, адаптации и самоорганизации в динамичной, враждебной среде.
- Структура ИЖ создается с целью исследования и моделирования процессов децентрализованного управления, эволюции, адаптации и кооперации (взаимодействия) структуры, состоящей из большого числа реактивных агентов.
- Структура ИЖ решают проблему интеллектуального поведения в аспекте выживания популяций агентов, сходных по функциям или возможностям, способности адаптироваться к условиям среды обитания, способам самоорганизации и пр.
- Глобальное интеллектуальное поведение всей системы рассматривается как результат оптимального взаимодействия большого числа простых реактивных агентов.

Сторонники этого направления опираются на следующие положения:

1. МАС есть популяция простых и независимых друг от друга агентов.
2. Каждый агент самостоятельно определяет свои реакции на события в локальной среде и взаимодействия с другими агентами.
3. Связи между агентами являются горизонтальными, т.е. не существует агента-супервизора, который управляет взаимодействием других агентов.
4. Нет точных правил, чтобы определить глобальное поведение агентов.
5. Поведение, свойства и структура на коллективном уровне порождаются только локальными взаимодействиями агентов.

Децентрализованный искусственный интеллект

- Структура ДИИ создается в виде системы управления деятельностью автономных агентов в динамической многоагентной среде, ориентированной на решение нескольких классов интеллектуальных задач.
- Управление осуществляется только на уровне локальных взаимодействий агентов. Наряду с распределенными знаниями и ресурсами должны быть описаны и локальные задачи отдельных агентов, решаемые на базе локальных концептуальных моделей и локальных критериев.

Общая методология восходящего эволюционного проектирования МАС может быть представлена цепочкой:

{среда – функции МАС – роли агентов – отношения между агентами – базовые структуры МАС – модификации}

и включает следующие этапы:

- формулирование назначения (цели разработки) МАС;
- определение основных и вспомогательных функций агентов в МАС;
- уточнение состава агентов и распределение функций между агентами, выбор архитектуры агентов;
- выделение базовых взаимосвязей (отношений) между агентами в МАС;
- определение возможных действий (операций) агентов;
- анализ реальных текущих или предполагаемых изменений внешней среды.

При проектировании организацию агентов можно рассматривать как набор ролей, находящихся между собой в определенном отношении, и взаимодействующих друг с другом.

Таким образом, методология восходящего проектирования МАС требует:

- предварительного задания исходных функций (ролей агентов);
- определения круга их обязательств по отношению друг к другу;
- формирования исходных и развивающихся структур на основе выделенных функций;
- исследования адекватности этих структур характеру решаемых задач в выделенных проблемных областях.

Главная идея нисходящего проектирования МАС состоит в определении:

- общих социальных характеристик МАС по некоторому набору критериев
- построении базовых типов их организаций с последующим определением требований к архитектуре агентов.

Общий подход к проектированию МАС предполагает построение следующих основных видов моделей:

- *модель агента* задает общую архитектуру и свойства агента, также может включать модели знаний, убеждений, желаний и намерений агента;
- *организационная модель МАС* определяет роли каждого агента в МАС и базовые взаимосвязи между агентами;
- *модель взаимодействия агентов* описывает процессы коммуникации и кооперации агентов.

Таким образом, эта методология предполагает построение множества моделей, которые определяют спецификацию МАС.

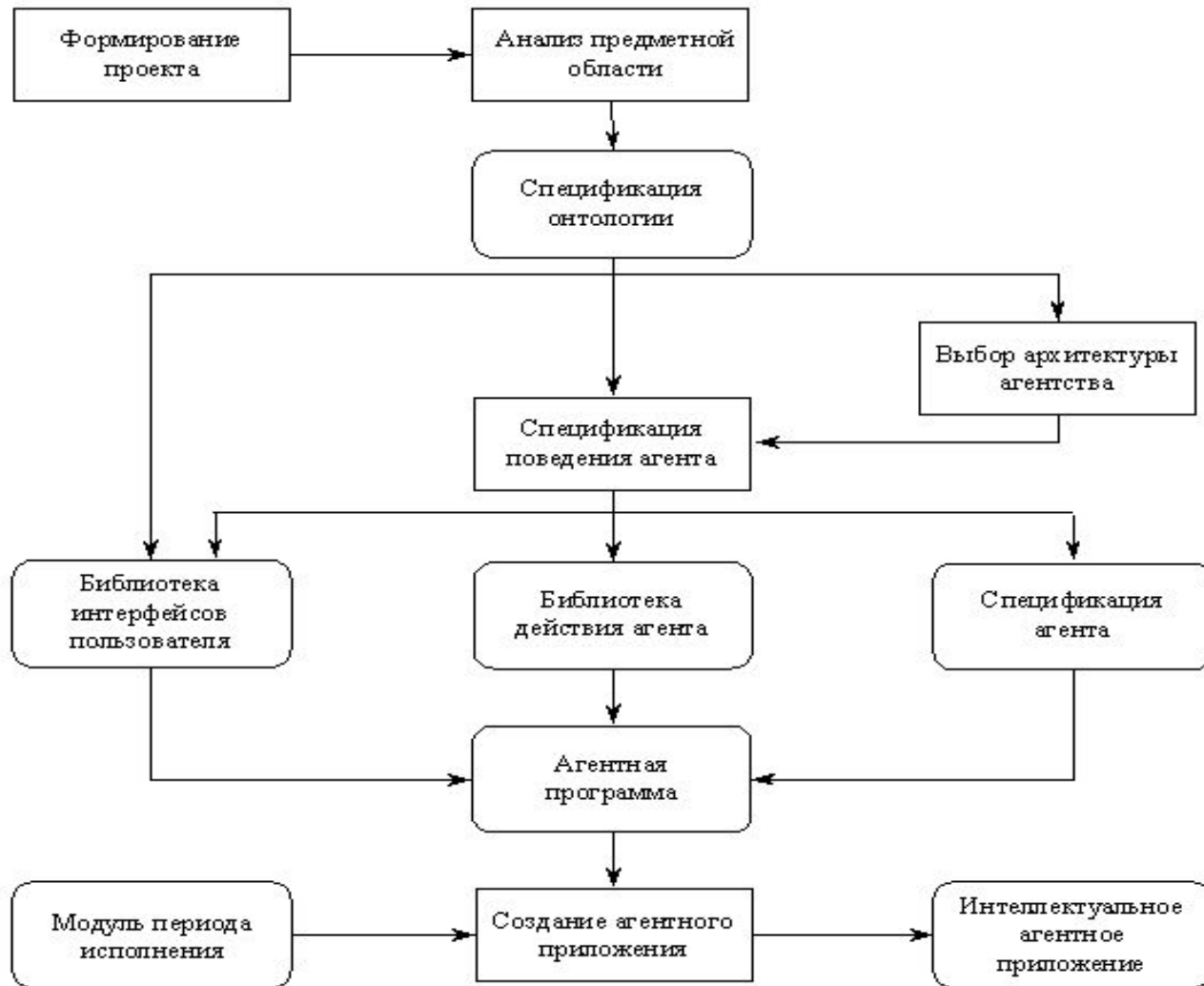
Архитектура ядра мультиагентной системы



В архитектуре МАС основную часть составляет **предметно-независимое ядро**, в составе которого выделяются следующие базовые компоненты:

- служба прямого доступа обеспечивает непосредственный доступ к атрибутам агентов;
- служба сообщений отвечает за передачу сообщений между самими агентами, а также между агентами и дополнительными системами ядра;
- библиотека классов агентов (часть базы знаний) содержит информацию о классификации агентов в данной МАС.
- сообщество агентов — серверное "место", где размещаются агенты; этот блок, кроме жизнедеятельности агентов, обеспечивает еще функции по загрузке/записи агентов и их свойств и за оптимизацию работы агентов с ресурсами.
- онтология — предметная база знаний, содержащая конкретные знания об объектах и среде функционирования, представляемые в виде соответствующей семантической сети.

Технологическая схема процесса разработки агентно-ориентированных приложений



Общая схема проектирования и реализации агентно-ориентированных приложений

1. Обозначить цели разработки МАС.
2. Определить типы и основные свойства внешней среды, выявить наиболее значимые факторы.
3. Создать блок моделей, предназначенных для описания предметной области.
4. Определить состав интеллектуальных агентов и распределить роли между ними. Определить возможные действия агентов на основе моделей, предназначенных для описания предметной области, разработанных на этапе 3.
5. Определить основные и вспомогательные функции агентов в системе. Разработать модели представления знаний агентов каждого типа.

6. Выделить взаимосвязи (отношения) между агентами в МАС.
Разработать механизмы коммуникации агентов.
7. Разработать структурные модели агентов, согласно их ролевому назначению.
8. Синтезировать общую модель мультиагентной системы, инвариантную к предметной области.
9. Разработать программно-аппаратный комплекс на основе технологии МАС.

МАС обычно состоит из следующих основных компонент:

- множество организационных единиц, в котором выделяются: подмножество агентов, манипулирующих подмножеством объектов;
- множество задач, решаемых агентами в рамках выполнения общей задачи;
- среда, т. е. некоторое пространство, в котором существуют агенты и объекты;
- множество отношений между агентами;
- множество действий агентов (например, операций над объектами).

Основной формой организации взаимодействия между агентами, характеризующейся объединением их усилий для достижения совместной цели при одновременном разделении между ними функций, ролей и обязанностей является **кооперация**.

В общем случае это понятие можно определить формулой:
{кооперация = сотрудничество + координация действий + разрешение конфликтов}

Под **координацией** понимается управление зависимостями между действиями.

Коммуникация между искусственными агентами зависит от выбранного протокола, который представляет собой множество правил, определяющих, как синтезировать значимые и правильные сообщения. Фундаментальными особенностями группы, составленной из агентов, сотрудничающих для достижения общей цели, являются социальная структура и распределение ролей между агентами.

Схема взаимодействия модулей инструментальной МАС



Для решения задач автоматизации управления ресурсами предприятий в РВ в последнее время разрабатывается большое количество интеллектуальных программных систем нового поколения, построенных на основе МАТ, которые позволяют автоматизировать полный цикл управления мобильными ресурсами в РВ, включая:

- оперативную реакцию на важные события;
- динамическое планирование и адаптивное перепланирование заказов/ресурсов;
- взаимодействие с клиентами, менеджерами и исполнителями для согласования принимаемых решений через Internet или сотовый телефон;
- мониторинг исполнения построенных планов и бизнес-процессов заказчика;
- перепланирование расписаний в случае рассогласования между планом и фактом.

1. Детектор образов распознает типовые ситуации, возникающие в ходе поступления заявок, и вырабатывает прогноз заявок и рекомендации по планированию с учетом предыстории.
2. Адаптивный планировщик обрабатывает поток входящих событий (поступлений заявок, ввода новых ресурсов, выхода из строя ресурсов и т. п.).
3. Конструктор сцены позволяет редактировать начальную конфигурацию сети и определить все параметры ресурсов предприятия.

4. **Редактор онтологии** позволяет ввести и изменить общую онтологию предприятия, описывающую модель знаний предметной области, которая затем применяется в редакторе сети для описания конфигурации бизнеса. Онтология содержит базовые знания и отношения между ними, представляемые в форме семантической сети.

5. **Моделирующая система** — программный модуль, позволяющий осуществлять моделирование ситуации по принципу "Что если?".

6. **Эволюционный дизайн** — модуль, вырабатывающий предложения по улучшению конфигурации сети в части увеличения или уменьшения определенного числа ресурсов, изменению географии ресурсов и т. д.

Основой **архитектуры агента** является контекст, или серверная среда, в котором он исполняется.

Каждый агент имеет постоянный идентификатор — имя.

В серверной среде может исполняться не только исходный агент, но и его копия.

Агенты способны самостоятельно создавать свои копии, рассылая их по различным серверам для исполнения работы. По прибытии агента на следующий сервер его код и данные переносятся в новый контекст и стираются на предыдущем местонахождении. В новом контексте агент может делать все, что там не запрещено. По окончании работы в контексте агент может переслать себя в другой контекст или по исходящему адресу отправителя. Агенты способны также выключаться ("умирать") сами или по команде сервера, который переносит их после этого из контекста в место, предназначенное для хранения.

Укрупнённая структура агента

