

1. Введение. О курсе. Бизнес. Наука

Курс «Мультиагентные [интеллектуальные] системы»

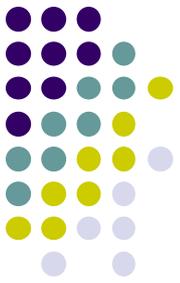




Необходимые знания

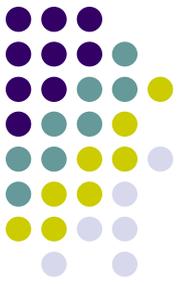
- Необходимые навыки:
 - OO анализ и проектирование
 - Java SE
 - Работа в среде разработки Eclipse (NetBeans)
 - Тестирование и отладка
- Знания в области ИИ (желательно)
 - Представление знаний
 - Функционирование в нечеткой среде

Составляющие курса



- Лекции
 - 16 лекций (32 часа)
- Лабораторные
 - 16 лабораторных (32 часа)
 - Сдача заданий с оформлением отчета обязательна
- Зачет (02.04.02)
 - по итогам лабораторных (при защите вопросы по теории)
- Экзамен (01.04.02)
 - Учитываются итоги лабораторных и ответ на теор. вопросы билета.

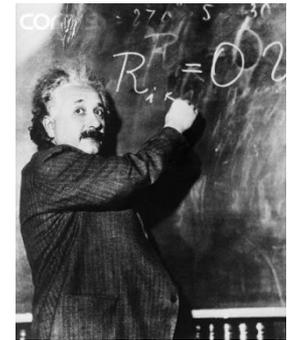
Что мы рассмотрим в курсе?



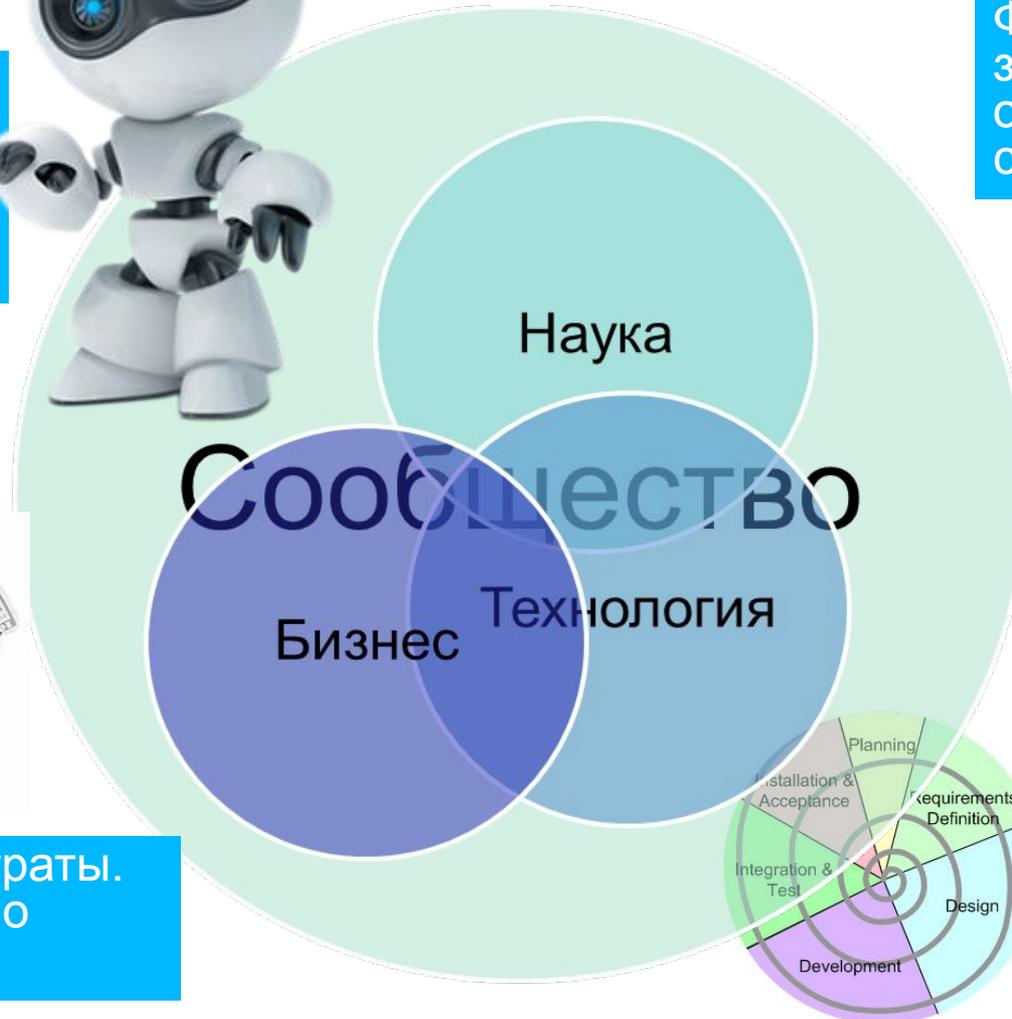
Достижения.
Кто и чем
занимается?
С кем? В чём?
Где?



Фундаментальные
закономерности,
ограничения,
стандарты



Требования и затраты.
Что и зачем нужно
потребителям?



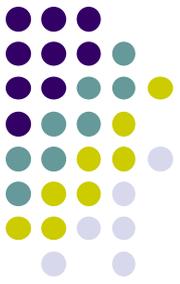
Технические
ограничения.
Инструменты,
платформы,
методологии

Тенденции вычислительных технологий



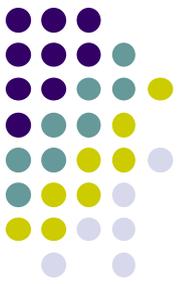
Развитие вычислительной техники можно охарактеризовать пятью общими тенденциями (на основе Wooldridge2002):

- Повсеместность вычислений
- Интеграция систем
- Интеллектуальность
- Делегирование
- Ориентация на человека



Повсеместность вычислений





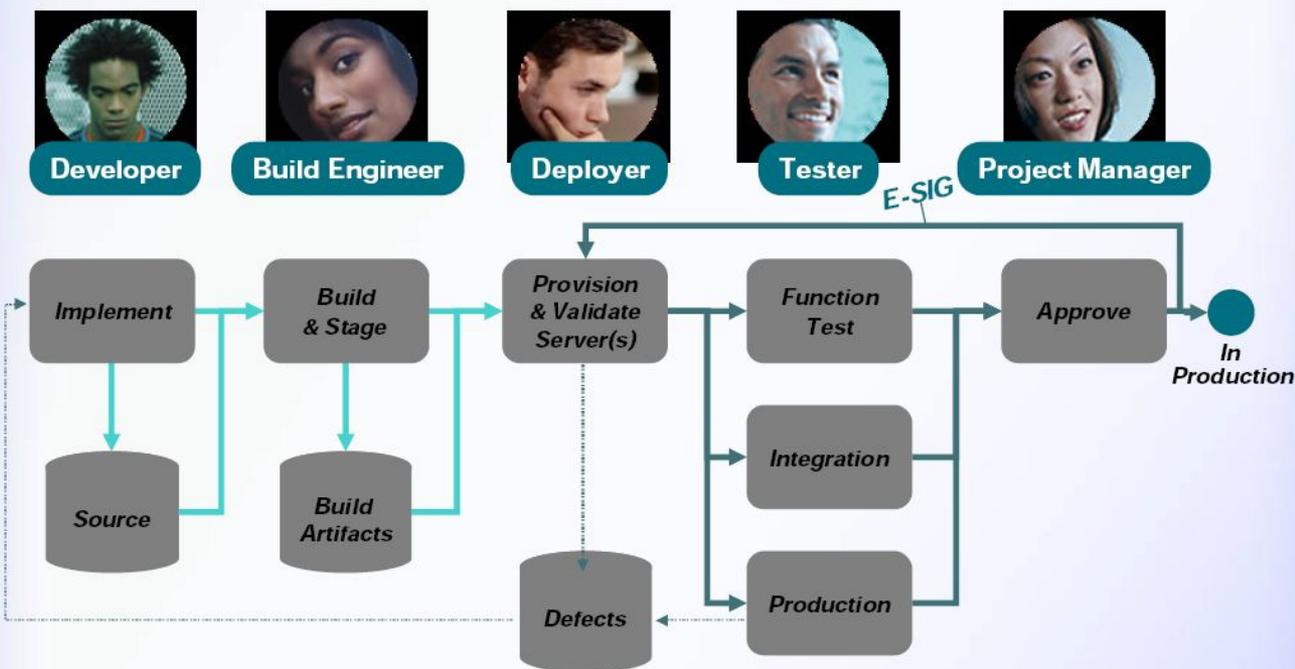
Интеграция систем (железо)



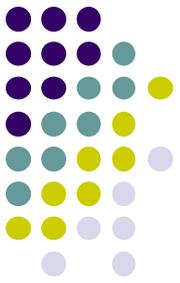
Интеграция систем (людей и процессов)



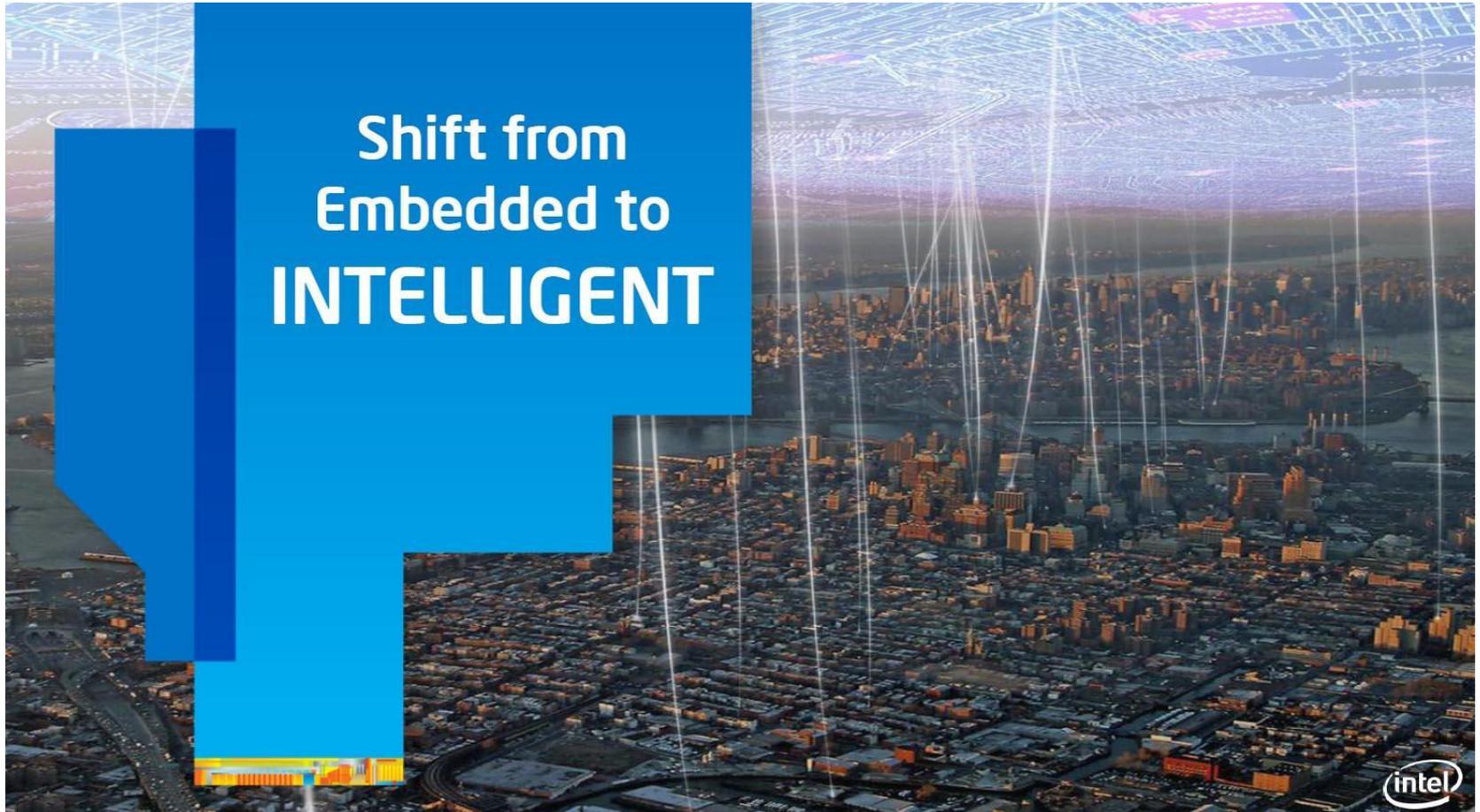
Orchestration of the roles



Software.
IN CONCERT.



Интеллектуальность





Интеллектуальность



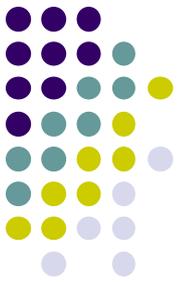
Известная нам интеллектуальность:

- Владение языком
- Поведение
 - Способности к решению проблем
 - Социальные навыки

Интеллектуальная система способна синтезировать цель, принимать решение к действию, обеспечивать действие для достижения цели, прогнозировать значения параметров результата действия и сопоставлять их с фактическими данными, образуя обратную связь, корректировать цель или управление. Для этого она обладает запасом знаний и располагает методами решения задач.

Делегирование

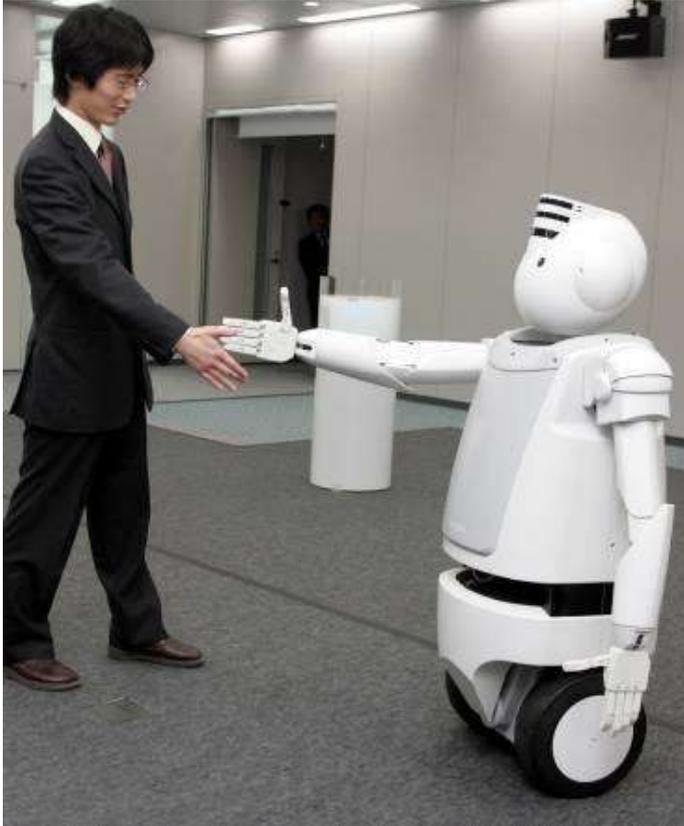
передача задач и прав получателю, который принимает на себя ответственность



- Тормозная система
- Система курсовой устойчивости
- Круиз контроль
- Противоугонная система
- Управление подвеской
- Контроль двигателя
- Система навигации



Ориентация на человека



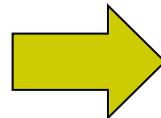
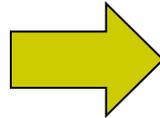
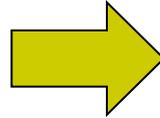
- Естественные интерфейсы (речь, видео, жесты)
- Ненавязчивое обучение пользователя
- Понимание контекста окружающей среды
- Самоконфигурирование и самомониторинг
- Адаптация к обстановке и владельцу



Выводы

Тенденции

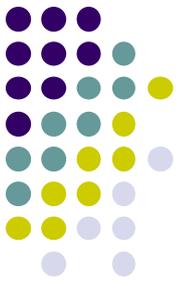
- Делегирование и интеллектуальность
- Ориентация на человека
- Интеграция и повсеместность (распределенность)



Системы будущего

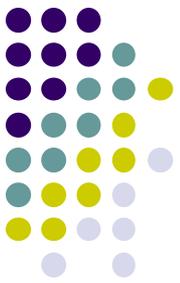
- Должны действовать рационально и независимо
- Представлять интересы пользователя
- Должны взаимодействовать друг с другом

Это общие тенденции массового рынка. Взгляд на проблемы с точки зрения пользователя и их решение при помощи агентов. Соответственно и особенности применения агентов указаны в целом для массового рынка.



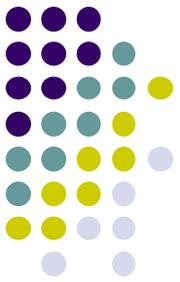
Типы организации и сферы применения агентов и агентных систем

Краткая история



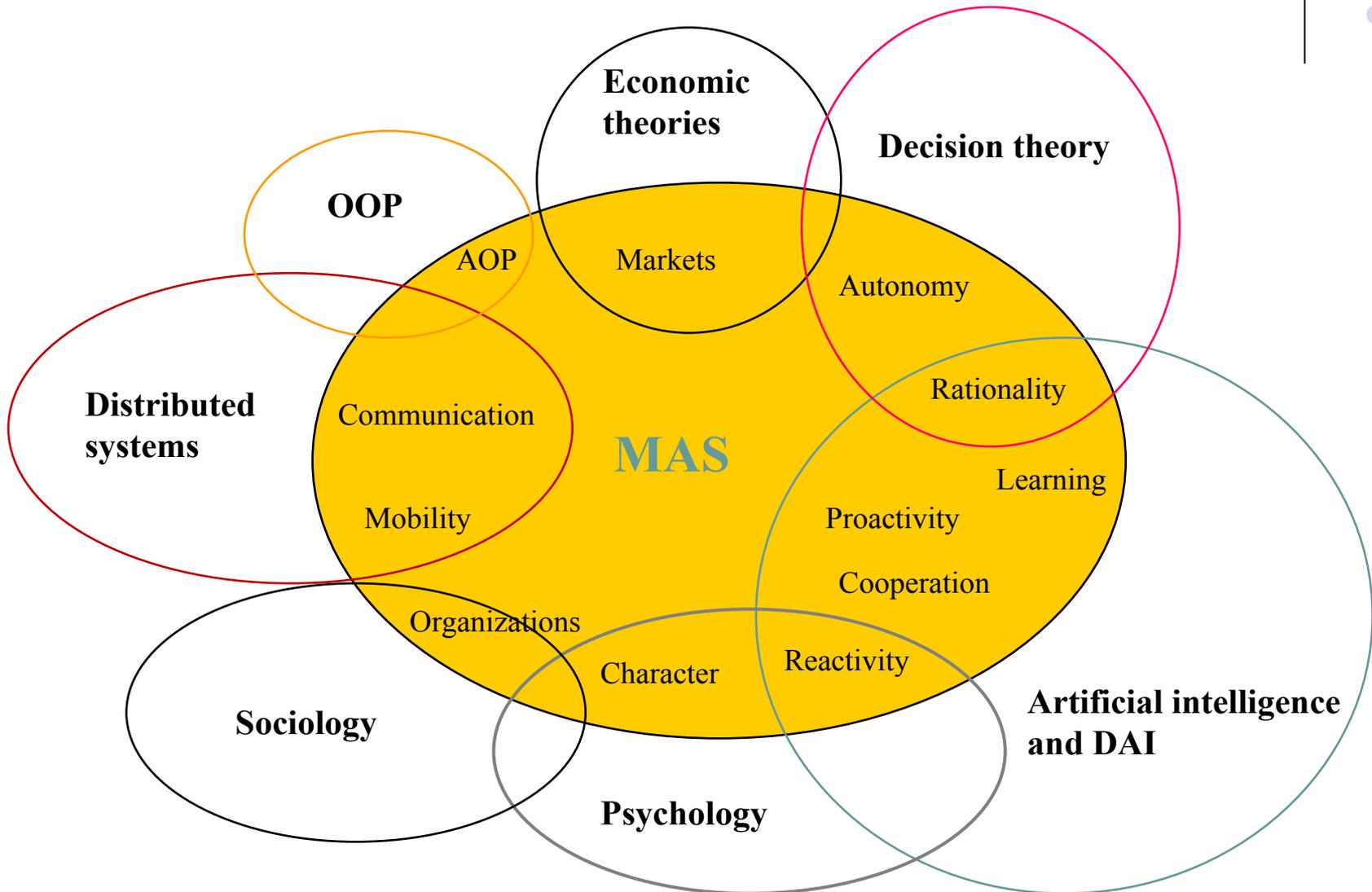
- Программные агенты являются прямой эволюцией многоагентных систем (МАС), которые в свою очередь развились из распределённого искусственного интеллекта (РИИ), распределённого решателя задач (РРЗ) и параллельного искусственного интеллекта (ПИИ).
- Таким образом, программные агенты наследуют все характеристики (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

Краткая история



- 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.

Мультидисциплинарность





Искусственный интеллект

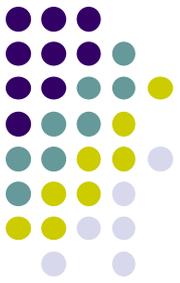
Причины использования:

- 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 использ-я:

- Новый уровень управления программной и аппаратной инфраструктурой

Решает задачи:

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

Разработка ПО

Причины использования:

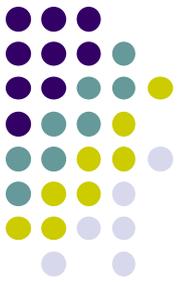
- Агенты как абстракция и средство анализа и построения еще более сложных систем
- Многоагентная архитектура – автономная компонентная архитектура построения интеллектуальных систем

Решает задачи:

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



Теория игр



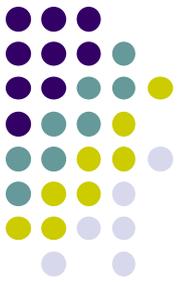
Причины использ-я:

- Натурное моделирование

Решает задачи:

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





Социальные науки

Причины использ-я:

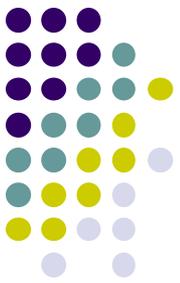
- Натурное моделирование

Решает задачи:

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

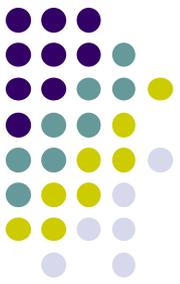


Типы организации агентных систем



Современная теория и практика МАС предполагает три типа структурной организации систем:

- *распределенный искусственный интеллект (РИИ);*
- *децентрализованный искусственный интеллект (ДИИ);*
- *искусственная жизнь (ИЖ)*



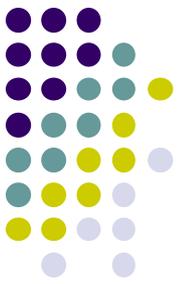
Распределенный искусственный интеллект

- 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.



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.



Искусственная жизнь

- 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.

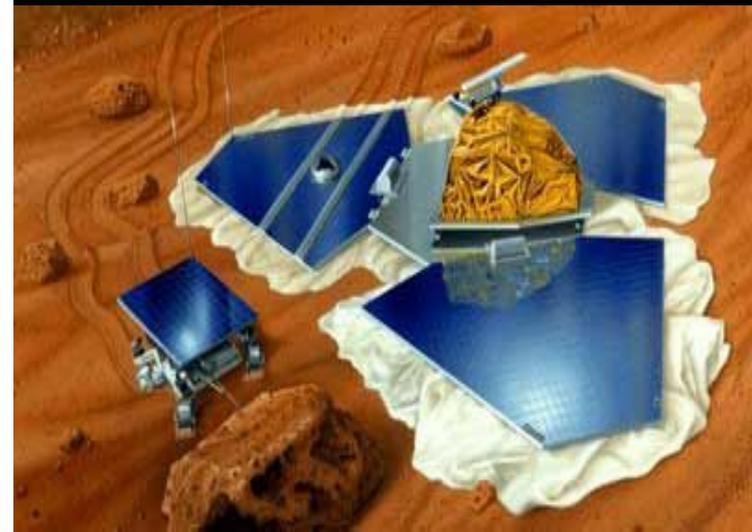
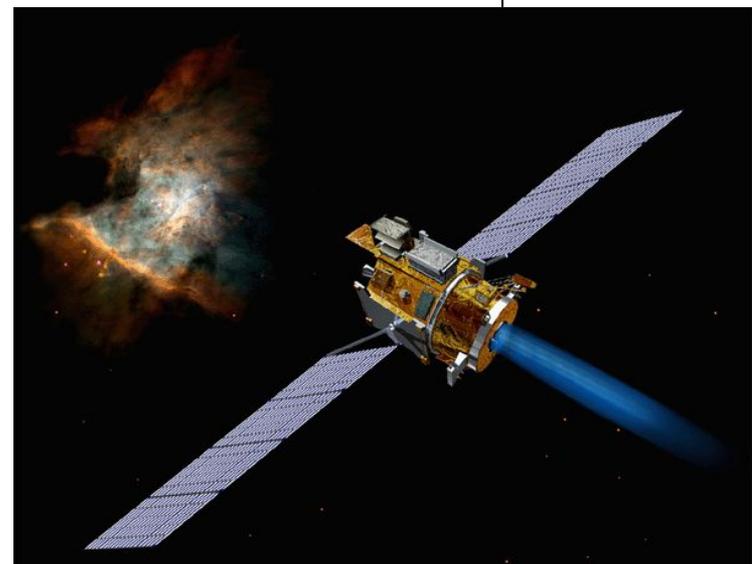
Примеры МАС

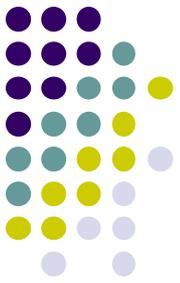




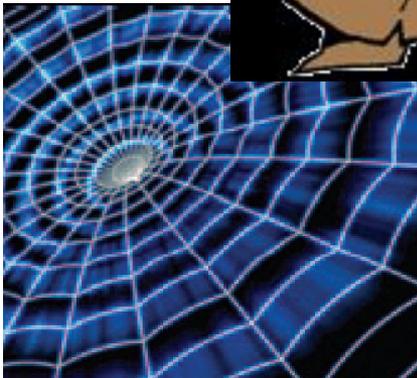
Управление автономными космическими аппаратами

- Глубокий космос
 - Нестабильная связь
 - Большое время задержки (≤ 21 минут в направлении Земля-Марс)
- Необходимо
 - Автономное принятие решений
 - Автономное планирование действий
 - Автономное совершение действий
 - Координация группового поведения элементов космической миссии





Поиск информации



- Веб
 - Распределенные хранилища
 - Слабоструктурированная информация
- Необходимо:
 - Выбрать из множества предложений подходящий для хозяина автомобиль/дом/яхту
 - Не задавать глупых вопросов

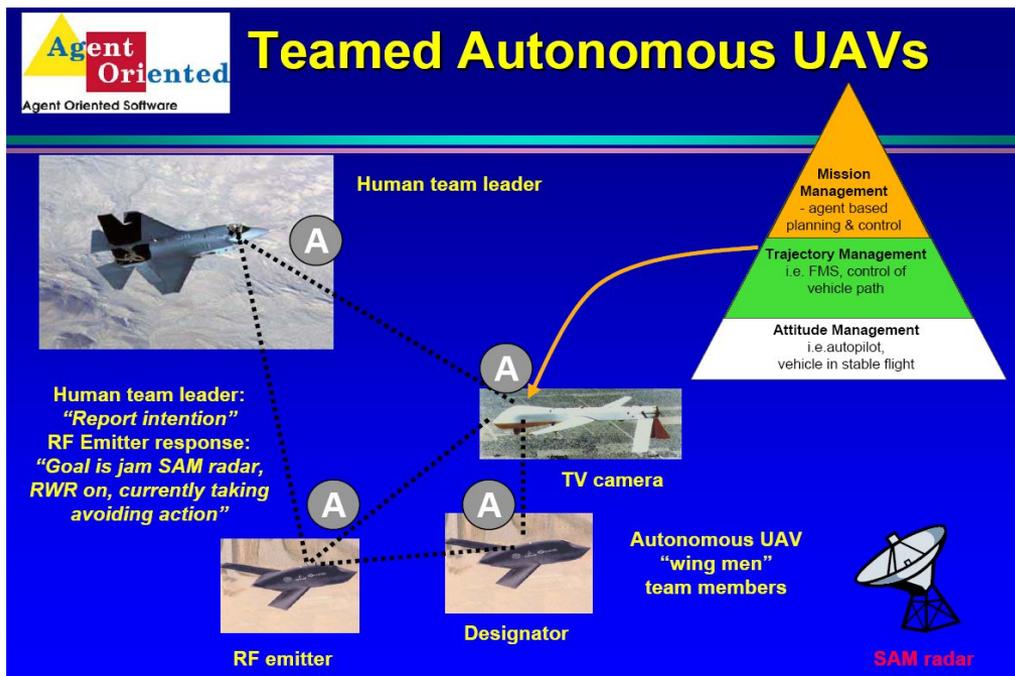
Персональные помощники



- Пользователь с мобильным устройством
- Необходимо
 - Представление интересов пользователя
 - Автоматизация рутинных действий человека
 - Действия в контексте окружающей человека ситуации
 - Коммуникации с другими помощниками и сервисами, ведение переговоров

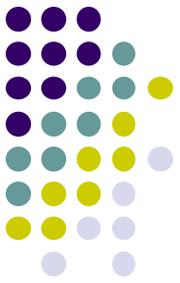


Artificial War



- Театр военных действий
 - БПЛА разведки, управляемые операторами
 - Ударные БПЛА, управляемые операторами
 - Обычные армейские подразделения
- Необходимо
 - Сбор данных из нескольких источников (БПЛА, спутник, РЛС), их сопоставление и перепроверка
 - Планирование и координация людей и техники

В ближайших планах Конгресса США заменить треть наземных войск на автономную технику.

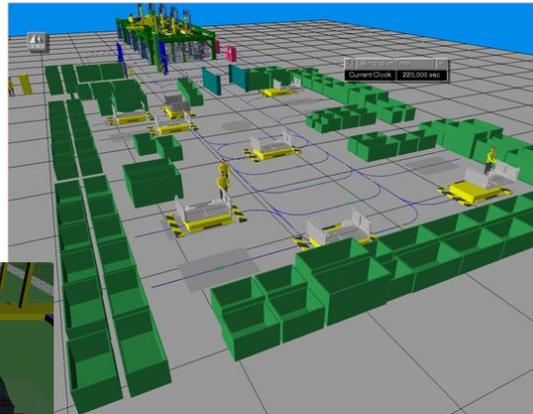


Поточное производство

DAIMLERCHRYSLER

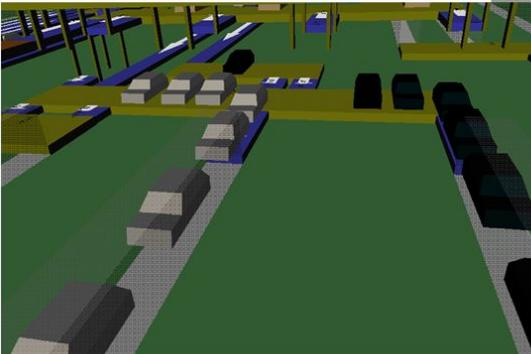
Research and Technology

Current applications



flexible car body welding

optimized car painting



Stefan Bussmann, RIC/EN

AgentLink Event London January 2002 9

Изменения производства

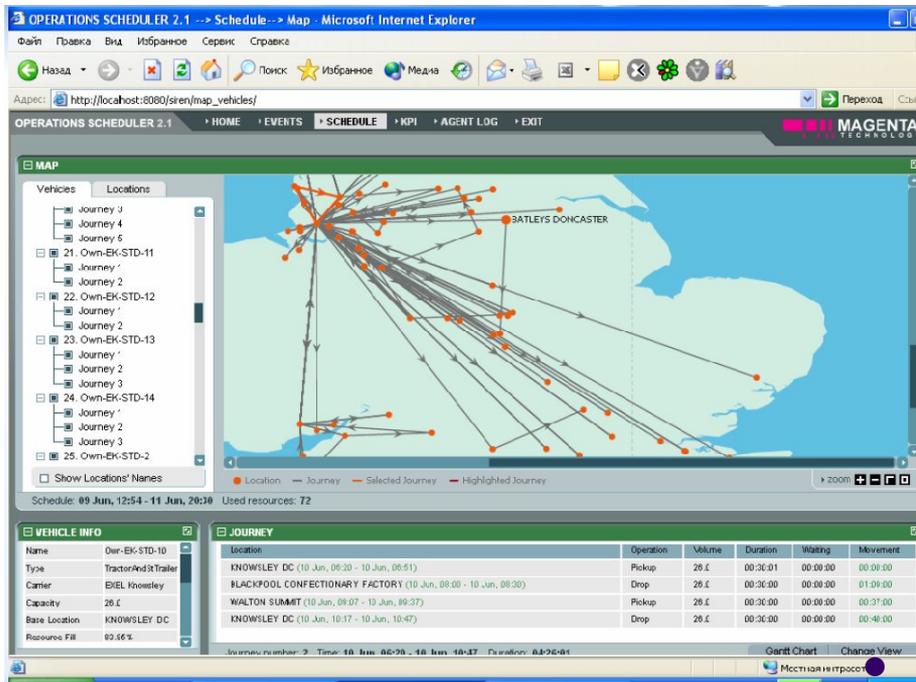
- Более короткие жизненные циклы продуктов
- Сокращение времени разработки и выпуска изделия
- Увеличивающееся разнообразие продуктов
- Непостоянный спрос
- Снижение объема инвестиций

Необходимо:

- Гибкость конфигурации продукта
- Масштабируемость объемов выпуска
- Надежность



Логистика



• Транспортировка нефти

- Стоимость самого груза и его доставки меняется в течение дня
- Флот из 42 сверхбольших танкеров
- Параметры танкеров различаются
- Расходы включают стоимость топлива, обслуживание в порту и т.д.

Необходимо:

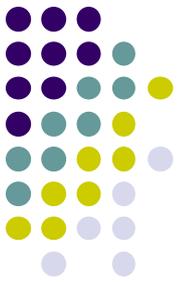
- Максимизация прибыли от транспортировки
- Реал-тайм планирование и перепланирование маршрутов
- Разрешение конфликтов



3D-анимация



- 3D виртуальный мир
 - Зрение, слух, прикосновение у каждого
 - От сотен до сотен тысяч существ
- Необходимо:
 - Независимое целеориентированное поведение персонажей
 - Реалистичные визуальные взаимодействия между существами



Моделирование поведения



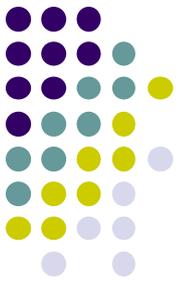
- Планы эвакуации, координация спасателей и техники
- Управление движением
- Управление организациями
- Социологические исследования
- Экономическое моделирование рынков
- Биологическое моделирование (artificial life)

Агент - дворецкий

- Представьте, что ваш собственный мобильный дворецкий, путешествует вместе с Вами и организует все аспекты вашей жизни: бронирует столик в ресторане для делового общения, заказывает такси на нужное время.
- Программа работает через мобильный телефон и способна определять предпочтения пользователя и использовать интернет для планирования деловых и общественных мероприятий.
- И, как настоящий дворецкий, он призван улучшить связь между программой-агентом и пользователем по мере углубления их знакомства.
- Алгоритмы обучения позволят дворецкому не устраивать встречи без необходимости, постоянно сверяться с пользователем, чтобы установить его требования.



RoboCup agents



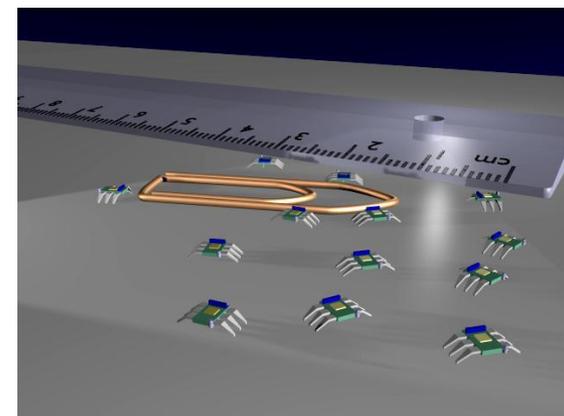
- Цель ежегодных соревнований RoboCup, впервые состоявшихся в 1997г- организовать команду роботов-футболистов, которые смогли бы обыграть лучшую команду по футболу к 2050.
- Все роботы в этой лиге являются полностью автономными. При этом роботы-агенты должны проявить максимально разумную кооперацию в динамических условиях состязательности сторон.
- Федерация RoboCup - это международная организация, зарегистрированная в Швейцарии, призванная объединить международные усилия по развитию науки и техники, используя футбольные игры роботов и программных агентов.
- <http://www.robocup.org/>



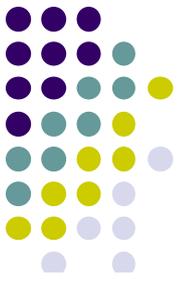
РОЙ

Intelligent Small World Autonomous Robots for Micro-manipulation

- Прорывом в робототнических исследованиях явилось объединение экспертов по микророботам, по распределенным адаптивным систем, а также специалистов в самоорганизующихся системах биологического Роя.
- Облегчить массовое производство микророботов, которые затем могут быть использованы в качестве "реального" Роя, состоящего максимум из 1000 клиентов- роботов. Эти клиенты будут оборудованы "бортовым интеллектом".
- Рой будет состоять из огромного количества разнородных роботов, различающихся по типу датчиков, манипуляторов и вычислительной мощности. Такой Рой роботов, как ожидается, будет адаптирован для выполнения различных приложений, в том числе микро-сборки, биологических, медицинских задач, или задач очистки.

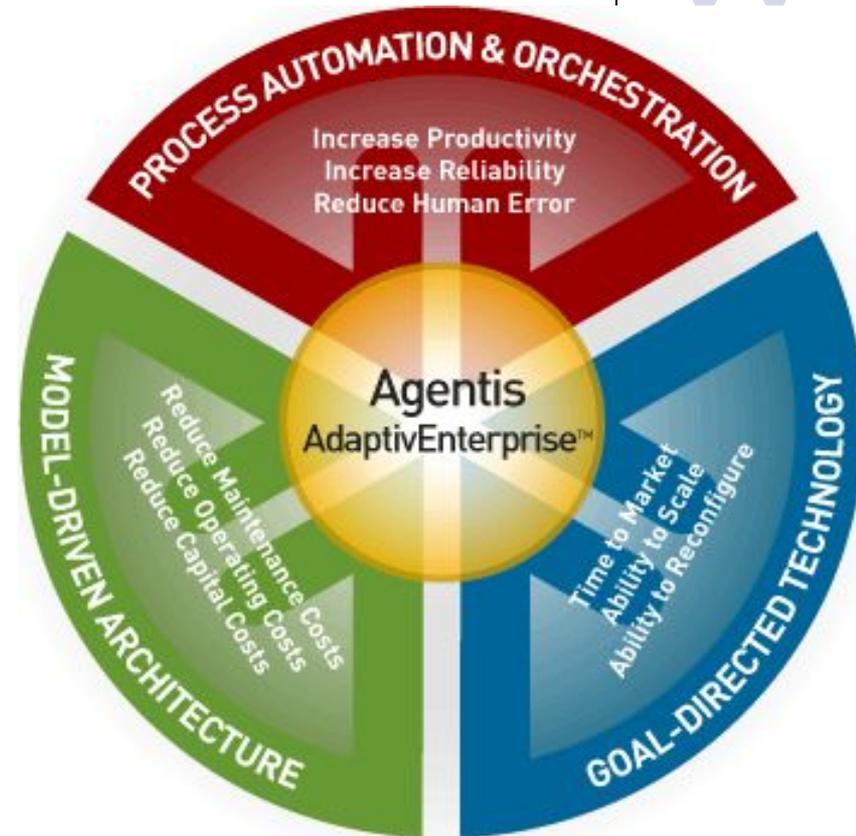


Intelligent IT Solutions



Goal-Directed™ Agent technology. AdaptivEnterprise™ Solution Suite дает возможность бизнесу перейти от традиционно статических иерархических организаций к динамическим, интеллектуальным распределенным организациям, способным постоянно адаптироваться к изменениям потребностей бизнеса.

Поддерживает большое количество переменных, характеризуется большим разнообразием и частым возникновением непредсказуемых внешних событий.

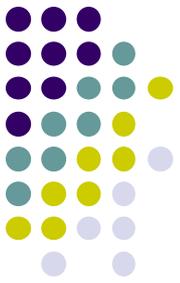


Реально автономный БПЛА

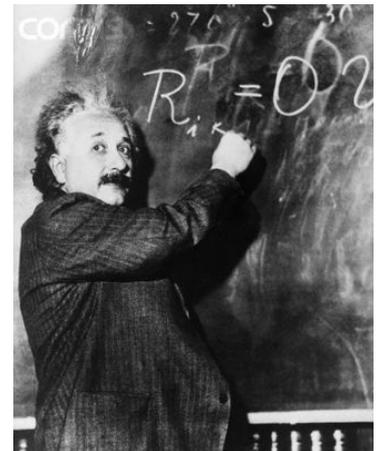


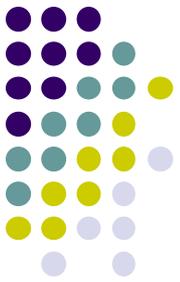
- Первый в мире, действительно автономный, интеллектуальный Агенто-управляемый полет выполнил Codarra "Аватар" беспилотный летательный аппарат (БПЛА).
- Летные испытания проводились в ограниченном воздушном пространстве на дальности под эгидой австралийской армии примерно в 60 милях к северу от Мельбурна.
- Аватаром руководил бортовой интеллектуальный программный агент JACK™, который управлял Автопилотом самолета в ходе миссии.





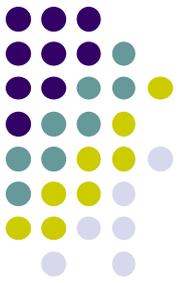
Искусственный интеллект и его история





Что такое ИИ?

- сильный ИИ – думают подобно людям или думают рационально
- слабый ИИ – действуют подобно людям или действуют рационально

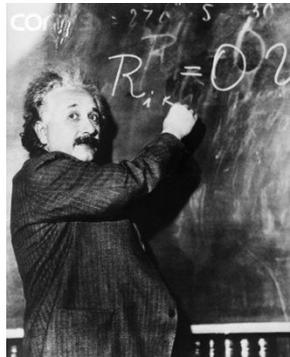


Краткая история ИИ

- 1956 – рождение
- 1952-1969 – ранний энтузиазм, алгоритмы поиска
- 1966-1973 – депрессия
- 1980-1988 – бурный рост применений ЭС в промышленности, затем – опять депрессия
- 1986-н.в. – прорыв в области нейросетей
- 1987-н.в. – превращение в науку
- 1995-н.в. – использование (интеллектуальных) агентов



Агенты и МАС, что это такое и зачем ОНО нужно?



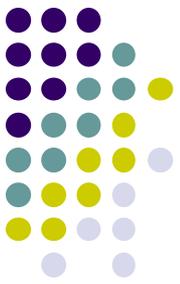


Независимость

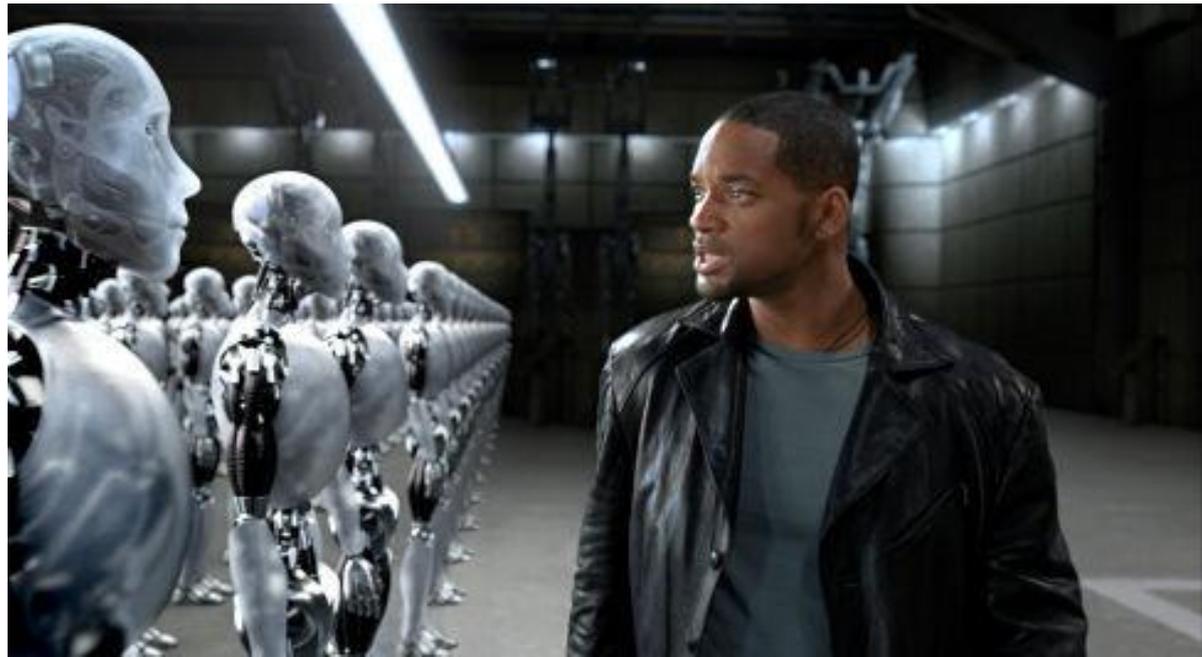
- Агент – система, способная к независимым действиям на стороне пользователя или владельца



Взаимодействия



- Многоагентная система (МАС) – система, содержащая агентов, взаимодействующих между собою





Координация

- Для успешного взаимодействия агенты должны уметь сотрудничать, координировать действия и вести переговоры





Что такое «агент»?

- «...**агенты** способны к **независимым автономным** действиям для удовлетворения собственных целей...
- ...способны **сами решать, что им делать** в данной ситуации (а также реагировать на изменения среды обитания)...
- ...мы называем их **рациональными**, потому что они выносят **выгодные для себя** решения о том, что делать»

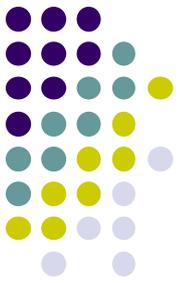
Michael Wooldridge, "Reasoning about Rational Agents", 2000.

Место и роль агентов в ИИ



- Интеграция различных методов ИИ в одном агенте
- Социальность – интеграция отдельных ИА в систему

Типы агентов



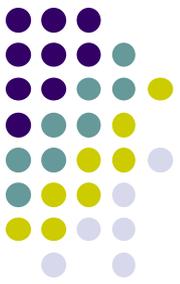
- Типы агентов
 - Программные агенты – взаимодействующие сущности в программной среде
 - Роботы – взаимодействующие механизмы в реальном мире
 - Люди/животные – взаимодействующие биологические существа в реальном мире
- Мы рассматриваем
 - Программных агентов



Что не является агентом?

- Массовые технологии программирования
 - Мастера (Wizards)
 - Скриптовые языки
 - Языки программирования
 - Объекты
 - Классы
- Отдельные методы ИИ
 - Системы, основанные только на правилах
 - Нейросети
 - Планировщики
 - ...

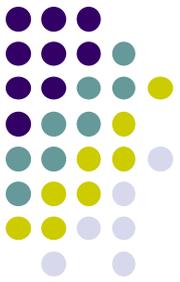




Что является агентом?

- Вирусы
- Интеллектуальные помощники
- Компоненты активных баз данных и self* систем
- Поисковые боты
- Чат-боты
- NPC (неигровые персонажи) игр
- Роботы
- ...
- люди



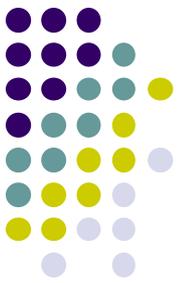


Агент и МАС. Выводы

- **Агент** – система, способная к независимым действиям на стороне пользователя или владельца
- **Многоагентная система (МАС)** – система, содержащая агентов, взаимодействующих между собою
- Для **решения глобальной задачи** агенты должны уметь сотрудничать, координировать действия и вести переговоры



Ключевые проблемы и области научно-технического поиска



Ключевые проблемы

- **Микроуровень**

- Как построить отдельных агентов, способных к независимым действиям для успешного выполнения делегированных им задач?

- **Макроуровень**

- Как построить агентов, способных к взаимодействию (кооперации, координации и переговорам) для успешного выполнения делегированных им задач?
- Как проверить, что мультиагентная система способна эффективно найти решение поставленной задачи?

Трудности прикладной разработки

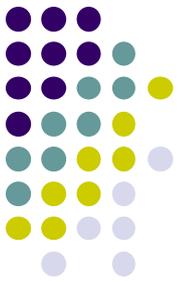


- Требуется знание всех направлений ИИ и возможностей их совместного использования
- Новизна технологии
- Относительно малое количество кода, который можно переиспользовать
- Распределенные гетерогенные системы сложны сами по себе, даже без ИИ
- Малое количество качественных инструментов разработки
- Недостаточно проработанная методологическая база

Проблемы подробнее



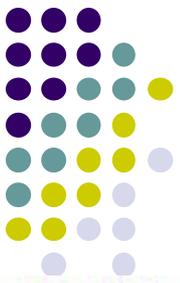
- Теория одного агента (наука)
 - Что такое агент, что он вообще может?
 - Какие есть разновидности агентов, каковы их ограничения?
 - Как преобразовать входные данные восприятия в информацию агента?
 - Как можно представить знания агента?
 - Как реализовать планирование агентом собственных действий для достижения цели?
 - Как задаются цели агента?
 - Учитывает ли агент время в своих рассуждениях?
 - Как быть с ограниченностью области восприятия агента и неопределенностью знаний?
 - Как реализовать механизм самообучения в агенте?
 - Как можно моделировать эмоции человека?
- Теория МАС (наука)
 - Как агенты обмениваются информацией?
 - Как агенты совместно планируют действия?
 - Как агенты координируют свои действия для решения общей задачи и решают конфликты?
 - Могут ли агенты формировать социальные/организационные структуры?
 - Как можно управлять мультиагентной системой?
 - Могут ли агенты доверять друг другу? В какой степени?
 - Как оценить свойства системы агентов? Будет ли она стабильной и эффективной?
- Реализация МАС (технология)
 - Как можно эффективно реализовать отдельного агента при ограниченных ресурсах?
 - Какие есть методологии разработки МАС и инструменты? Как их использовать?
 - Какие есть мультиагентные платформы? Каковы их особенности?



Источники

- M. Wooldridge. *An Introduction to MultiAgent Systems*. Wiley, 2009.
- С. Рассел, П. Норвиг. *Искусственный интеллект. Современный подход*. Вильямс, 2007.
- *Agent Technology: Computing as Interaction. A Roadmap for Agent Based Computing*. AgentLink, 2005

Fresh Recommended Literature



An Introduction to MultiAgent Systems - *Second Edition*

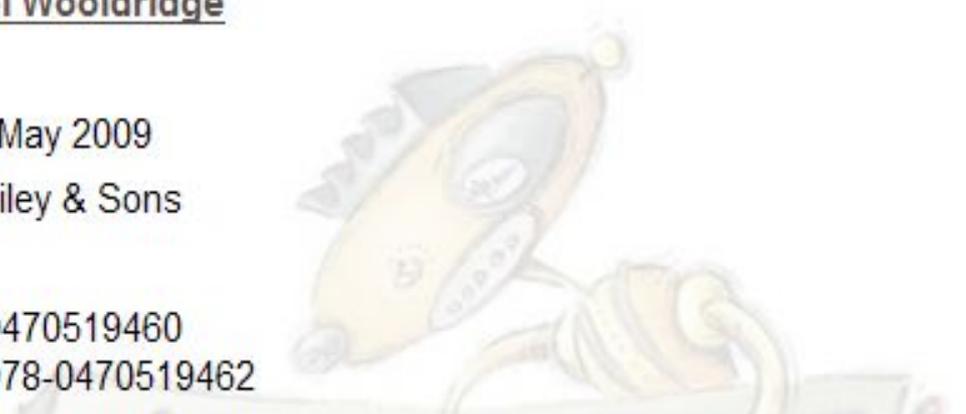
by Michael Wooldridge

Published May 2009

by John Wiley & Sons

ISBN-10: 0470519460

ISBN-13: 978-0470519462



SECOND EDITION

An Introduction to

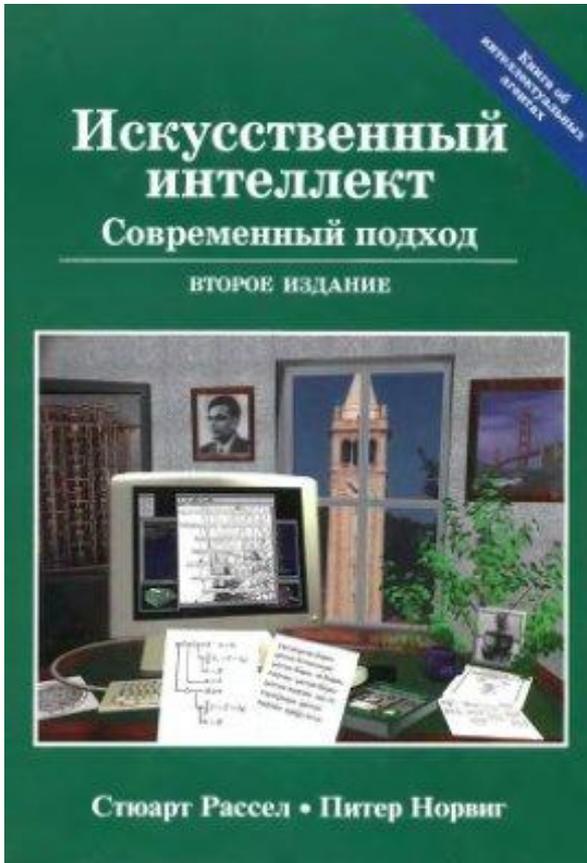
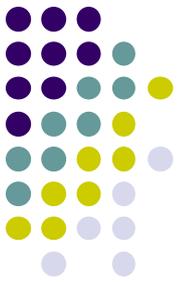
MultiAgent Systems

MICHAEL WOOLDRIDGE

Details and handouts available in:

<http://www.cs.ox.ac.uk/people/michael.wooldridge/pubs/imas/IMAS2e.html>

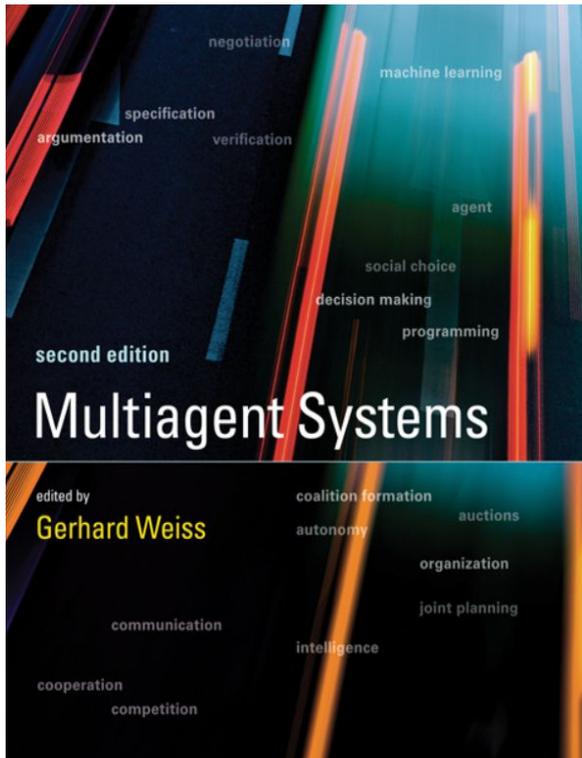
Fresh Recommended Literature



2-е изд. — М.: Вильямс, 2007. — 1410 с. — ISBN 5-8459-0887-2, 0-13-790395-2, 978-5-8459-0887-2.

В книге представлены все современные достижения и изложены идеи, которые были сформулированы в исследованиях, проводившихся в течение последних пятидесяти лет, а также собраны на протяжении двух тысячелетий в областях знаний, ставших стимулом к развитию искусственного интеллекта как науки проектирования рациональных агентов. Теоретическое описание иллюстрируется многочисленными алгоритмами, реализации которых в виде готовых программ на нескольких языках программирования находятся на сопровождающем книгу Web-узле.

Fresh Recommended Literature



MULTIAGENT SYSTEMS

edited by Gerhard Weiss

MIT Press, 2013, 2nd edition

ISBN 978-0-262-01889-0

Handouts available in:

<http://www.the-mas-book.info/index-lecture-slides.html>

Fresh Recommended Literature



Multiagent Systems

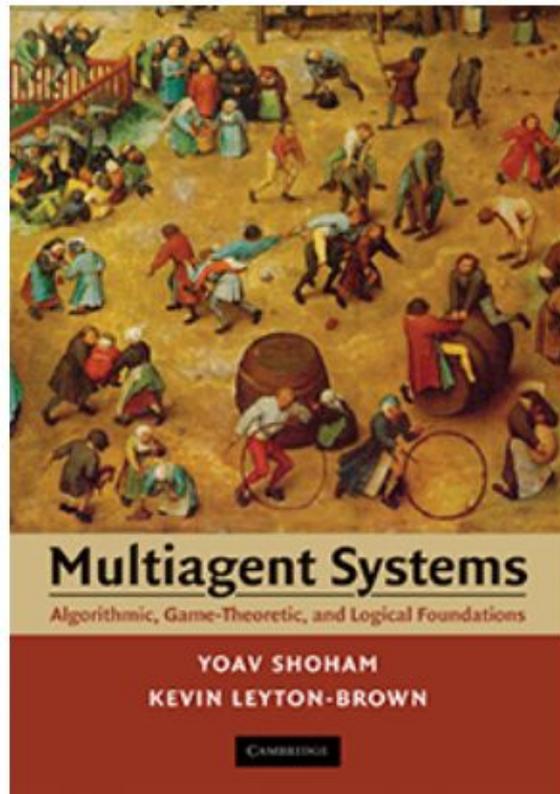
Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations

Yoav Shoham

Stanford University

Kevin Leyton-Brown

University of British Columbia



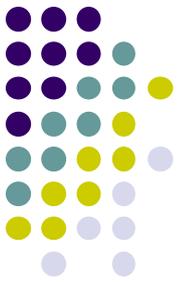
Cambridge University Press, 2009

Order online: amazon.com.

Handouts available in: <http://www.masfoundations.org/download.html>

“All work and no play makes Jack a dull boy,
All play and no work makes Jack a mere toy”

Maria Edgeworth, 1825



Питер Брейгель Старший, Фламандские пословицы, 1559 г.

Нескончаемая работа без отдыха и развлечения делает Джека скучным малым.
Умей дело делать – умей и позабавиться. Мешай дело с бездельем, проживешь
век с весельем. **(Делу время – потехе час.)**

Handouts available in:

http://ssd.sccc.ru/sites/default/files/content/attach/481/multiagent_systems.pdf