

# Интеллектуальные технологии

Лекция 8.

Информационные технологии

# Литература

- <http://www.insycom.ru>
- В.К. Финн. Искусственный интеллект. Методология, применение, философия. М: Красанд. 2011.
- Э.В.Попов. Общение с ЭВМ на естественном языке. – М.: УРСС, 2004.
- С. Рассел, П. Норвиг. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Вильямс, 2007.
- Д.В.Смолин. Искусственный интеллект. Конспект лекций. – М.: Физматлит, 2004.
- Системы искусственного интеллекта. Практический курс. / В.А. Чулюков и др., М: БИНОМ, ФИЗМАТЛИТ, 2008.
- Ю.В.Новицкая. Основы логического и функционального программирования. - Уч. пособие, Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. (эл. версия)
- *Гаскаров Д.В.*Интеллектуальные информационные системы. Учеб. для вузов. — М.: Высш. шк., 2003.

# Литература (2)

- А.В. Гаврилов. Гибридные интеллектуальные системы. – Новосибирск: НГТУ, 2003. **(эл.версия)**
- А.В. Гаврилов. Системы искусственного интеллекта. Уч. Пособие для заочников - Новосибирск, НГТУ, 2003. **(эл.версия)**
- Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2000.
- Джексон П. Введение в экспертные системы. - М., СпБ., Киев: "Вильямс", 2001.
- Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
- В.В. Круглов, В.В. Борисов. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. - М.: Горячая линия-Телеком, 2001. **(эл.версия)**
- Дж.Ф. Люгер. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: «Вильямс», 2003.
- А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб.: Наука и техника, 2003.
- Н.Г. Ярушкина. Основы теории нечетких и гибридных систем. – М.: Финансы и статистика, 2004.
- Статические и динамические экспертные системы: Учеб. Пособие/ Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.: ил.

# Что такое ИИ?

- Искусственный интеллект (Artificial intelligence) (AI, ИИ) имеет много значений для разных людей.
  - strong AI (сильный ИИ)
  - weak AI (поверхностный ИИ).

# ИИ

- Как продукт
- Как наука
- Как набор технологий
- Как мечта

Подходы к созданию ИИ:

- Утилитарный: цель – создание практически полезных систем, отчасти заменяющих человека
- Научный: цель – создание как можно более совершенной модели человеческого разума

# Почему необходим человеко-подобный ИИ?

- Необходимо создать помощника человека, который понимал бы нас как человек
- Информационные технологии быстро развиваются и хронически не хватает квалифицированных специалистов для создания новых интеллектуальных систем. Т.о. необходимо создать самообучаемые и самовоспроизводящиеся системы

# Что такое ИИ?

- ``Автоматизация видов деятельности, которую мы ассоциируем с человеческим мышлением, таких как принятие решений, решение задач, обучение..." (Bellman, 1978)
- ``The exciting new effort to make computers think ... *machines with minds*, in the full and literal sense" (Haugeland, 1985)
- ``Изучение ментальных способностей через вычислительные модели" (Charniak and McDermott, 1985)
- ``Искусство создания креативных, машин которые выполняют функции, требующие интеллекта, когда выполняются людьми' (Kurzweil, 1990)
- ``Область исследований, которая пытается объяснить и имитировать интеллектуальное поведение в терминах вычислительных процессов" (Schalkoff, 1990)
- ``Изучение того, как создать компьютеры, способные делать что-то, с чем в настоящий момент человек справляется лучше" (Rich and Knight, 1991)
- ``Изучение вычислений, которые делают возможным воспринимать, рассуждать и действовать" (Winston, 1992)
- ``Отрасль компьютерной науки (computer science), которая имеет дело с автоматизацией интеллектуального поведения" (Luger and Stubblefield, 1993)

# Основные подходы к созданию ИИ

- Логический
  - Инженерия знаний (Knowledge engineering)
  - Методы представления знаний
  - Логический вывод
  - Интеллектуальные агенты
  - Символьные вычисления (symbol processes)
  - Нечеткие системы (Fuzzy systems), нечеткая логика (fuzzy logics)
  - И т.д.
- Нейрокибернетический (коннекционистский)
  - Connectionist systems или нейронные сети
  - Адаптивное поведение (Adaptive Behavior)
  - Распознавание образов (Image recognition, pattern recognition)
  - Обработка сигналов
  - И т.д.
- Гибридный подход

# Возможные виды интеллектуальных систем

- Система которая думает как человек
- Система которая действует как человек
- Система которая думает рационально
- Система которая действует рационально

# Роль информации и ИИ в истории человечества

Информационные революции (хранение, передача информации и доступ к ней):

1. Появление речи (передача, локальная)
2. Появление письма (передача ↑, хранение)
3. Книгопечатание (хранение ↑, доступ ↑)
4. Электрическая связь (радио, ТВ, телефон) (передача ↑, хранение ↑, доступ ↑)
5. Компьютер (хранение ↑, доступ ↑)
6. Internet (передача ↑, хранение ↑, доступ ↑)
7. ИИ
  1. Знание (информация) может напрямую управлять производством (без человека)
  2. Возможность автоматического появления нового знания (информации)
  3. Киборги и возможность бессмертия
  4. Роботы – возможные наследники жизни на Земле

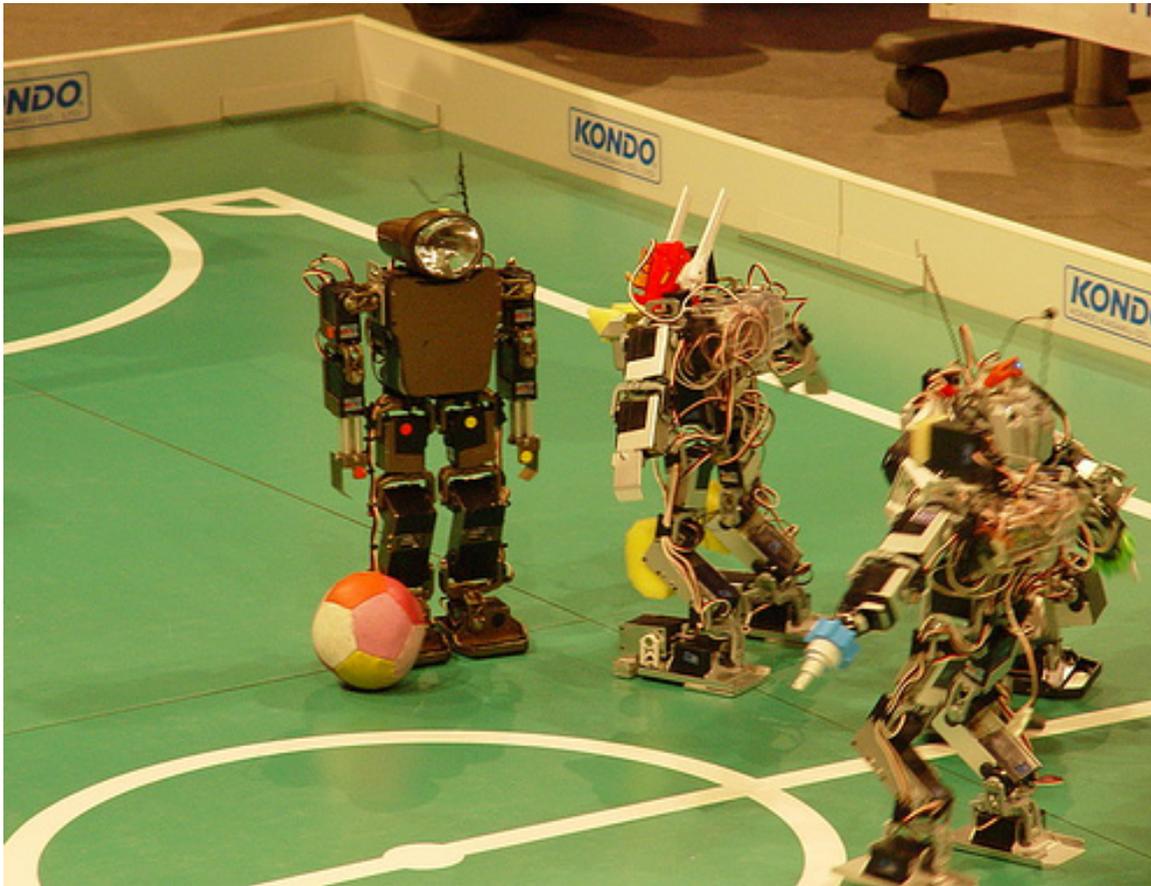
# Прикладные системы искусственного интеллекта

- Экспертные системы для поддержки принятия решений (диагностика, мониторинг, планирование ...)
- Системы распознавания текста в документообороте
- Системы диалога и поиска на естественном языке (в информационных и управляющих системах), в том числе, с речевым общением
- Системы предсказания (в экологии, финансах и экономике)
- Интеллектуальные роботы (индустриальные, мобильные, гуманоидные, андройды, военные)
- Искусственные личности (в играх, в Интернете)

# Промышленные роботы



# Интеллектуальные роботы



# Киборги

Prof. Warwick >>  
Univ. Reading,  
UK

Управление оборудованием  
сигналами от мозга,  
Расширение возможностей  
мозга (например, памяти),  
Протезы конечностей,  
управляемые нервами,

В будущем, возможна  
киборгизация человечества  
как следующий этап  
эволюции, потенциальное  
бессмертие личности



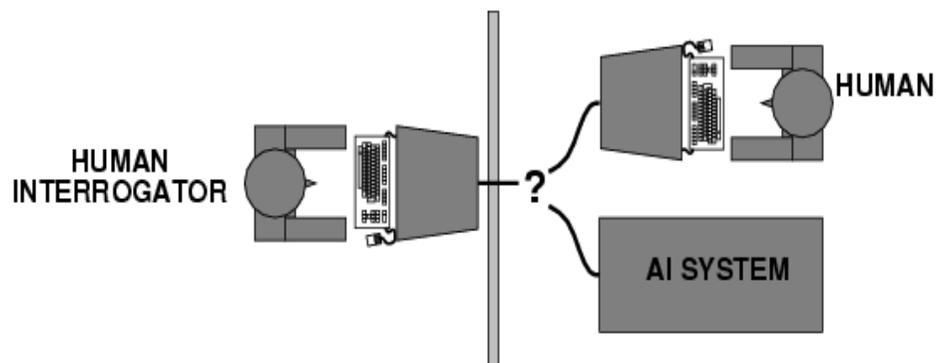
# История ИИ

40-е и 50- годы 20 века:

- Формальный нейрон Мак-Каллока-Питтса, начало работ Розенблатта по созданию искусственных нейронных сетей (1943)
- Книга Н.Винера «Кибернетика» (1948)
- Вопрос Тьюринга «Может ли машина мыслить?» (1950). Тест Тьюринга
- Работы фон Неймана по самовоспроизводящимся автоматам
- Разработка алгоритмов поиска решений в пространстве состояний (на графах). Примеры – программы, играющие в шашки (Сэмюэль), калах, крестики-нолики и т.п.
- Разработка принципов описания и распознавания сцен (основы технического зрения)
- Разработка программ, доказывающих теоремы
- Разработка первого языка программирования для ИИ – LISP (Маккарти, 1957)

# Тест Тьюринга

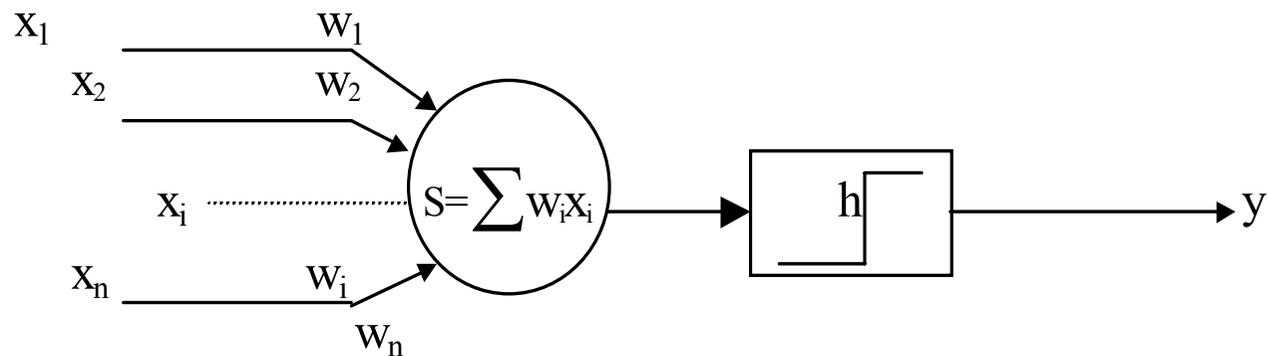
- Turing (1950) "Computing machinery and intelligence":
- «Может ли машина думать?» → «Способна ли машина к разумному поведению?»



Человек дистанционно общается с компьютерной программой и с другим человеком.

Если он их не различает (или ошибается при идентификации), считается, что программа разумна.

# Модели нейронов. Формальный нейрон Мак-Каллока- Питтса (1943) (пороговый нейрон)



# История ИИ

60-е годы 20-го века:

Использование первых промышленных роботов

Исследования в области интеллектуальных роботов (объединение глаза и руки, восприятия и управления движением) – Edinburg University, Stanford University, MIT, Carnegie Mellon University, Japan

Идея фреймов – M. Minsky

1965 – Метод доказательства в логике первого порядка – резолюция Робинсона

Идея представления знаний, в частности, в виде правил

1965 – книга “Принципы нейродинамики” Розенблатта, первые применения искусственных нейронных сетей

1968-1969 – первые экспертные системы DENDRAL и MYCIN

1969 – книга “Перцептроны” Minsky, Papert с критикой нейронных сетей Розенблатта – причина угасания интереса к нейрокибернетике на 10 лет

Первые работы по пониманию естественного языка, семантические сети

Нечеткие множества и нечеткая логика L. Zadeh

Использование ИИ в программе «Аполлон» (NASA)

Особенности: появление разделения между знанием (описание того, как решать конкретную задачу) от алгоритмов его обработки

# Рациональное мышление: «законы мышления»

- Аристотель: какие аргументы и умозаключения корректны?
- Несколько греческих школ развивали различные формы *логики: нотаций и правил порождения мыслей*; может или нет использоваться для механизации мышления
- Прямой путь от математики и философии к современному ИИ
- Проблемы:
  - Не все разумное поведение может быть описано логическими формулами
  - Что является целью мышления? Какие мысли я мог бы иметь?
  - Как рассуждать о картине, небе, деревьях, любви и т.д.?

# Методы представления знаний

- В настоящее время наиболее используемые подходы к **представлению знаний** в интеллектуальных системах:
- Методы инженерии знаний, ориентированные на формализацию знаний:
  - логические модели, в том числе продукционные;
  - семантические сети;
  - фреймы;
- Методы, ориентированные на обучение:
  - нейронные сети;
  - байесовские сети (условные вероятности)

# Логические

- Логика предикатов 1-го порядка
- Модальные логики
- Нечеткие логики
- Псевдофизические логики
- Дескрипторная логика

# Логика предикатов 1-го порядка. Формальная (логическая) система

$$S = \langle B, F, A, R \rangle,$$

где: В – алфавит,  
F – формулы-факты,  
A – формулы-аксиомы,  
R – правила-вывода.

# Логика предикатов 1-го порядка

$F(x_1, x_2 \dots x_n)$  - предикат (логическая функция),

$x_i$  - переменная предметной области,

$n$  - арность предиката.

$f(x_1, x_2 \dots x_m)$  - функция,  
определенная на области  
определения  $x_i$ .

# Логика предикатов 1-го порядка

Формула состоит из предикатов,  
логических связок  $\&$ ,  $\vee$ ,  $\neg$ ,  $\rightarrow$  и  
кванторов всеобщности  $\forall$  и  
существования  $\exists$

$\rightarrow$  Импликация

$F_1(x_1) \rightarrow F_2(x_2)$  Из истинности  
 $F_1(x_1)$  следует истинность  $F_2(x_2)$ .

# Логика предикатов 1-го порядка

$(\forall x)(F(x))$  Для всех  $x$  предикат  $F(x)$  истинен

$(\exists x)(F(x))$  Существует хотя бы одно такое значение  $x$ , при котором предикат  $F(x)$  истинен

$(\forall x)(F(x, y))$   $x$  - связанная,  $y$  - свободная переменные

# Логическое программирование

- Программа может быть записана при помощи логических формул, играющих роль аксиом
- Ее выполнение представляет собой доказательство формулы-запроса
- Программа – база знаний, описание отношений между понятиями и фактами, а формула-запрос – запрос к этой базе знаний
- Для решения задачи вместо алгоритма логические формулы
- Для этого служат языки логического программирования (например, Prolog)

# Доказательство

- Методом резолюции Робинсона (в 1965) – методом от противного
- Целевая формула инвертируется и доказывается, что она не совместима с базой знаний (предикатами и правилами)
- В Прологе этот метод реализован в виде *унификации*

# Нечеткая логика

- Основана на теории нечетких множеств, в которой объект (сущность) может принадлежать или не принадлежать множеству с некоторой достоверностью
- Любой факт в ней сопровождается коэффициентом достоверности (может называться по-разному) – нечеткие факты
- При логическом выводе этот коэффициент для результата (нечеткого) вычисляется по определенным формулам для конъюнкции, дизъюнкции, отрицания и импликации

# Представление знаний в виде правил-продукций

- Наиболее распространенный метод в экспертных системах
- Каждое правило имеет две части – условие и заключение (действие)
  - Условие – что должно быть истинно чтобы правило сработало
  - Заключение – что происходит, когда правило срабатывает
- Правило можно представить как IF-THEN правило

# Представление знаний в виде правил-продукций

- Условия состоят из двух частей:
  - Объекты – например, погода (weather)
  - Значение объектов – например, солнечная (sunny)
    - IF sunny(weather) THEN print “wear sunglasses”
    - Если погода солнечная то надень темные очки
- Может быть еще оператор типа «больше» и т.п. –
  - IF >30(temperature) THEN print “take some water”
  - Если температура больше 30 то возьми немного воды
- Простые условия могут объединяться логическими связками AND, OR, NOT
  - IF sunny(weather) AND outdoors(x) print “give your sunglasses x”
  - Если погода солнечная и X находится на улице то дай свои темные очку X

# Пример правила

ПРАВИЛО 1:

ЕСЛИ

Образование=Высшее И

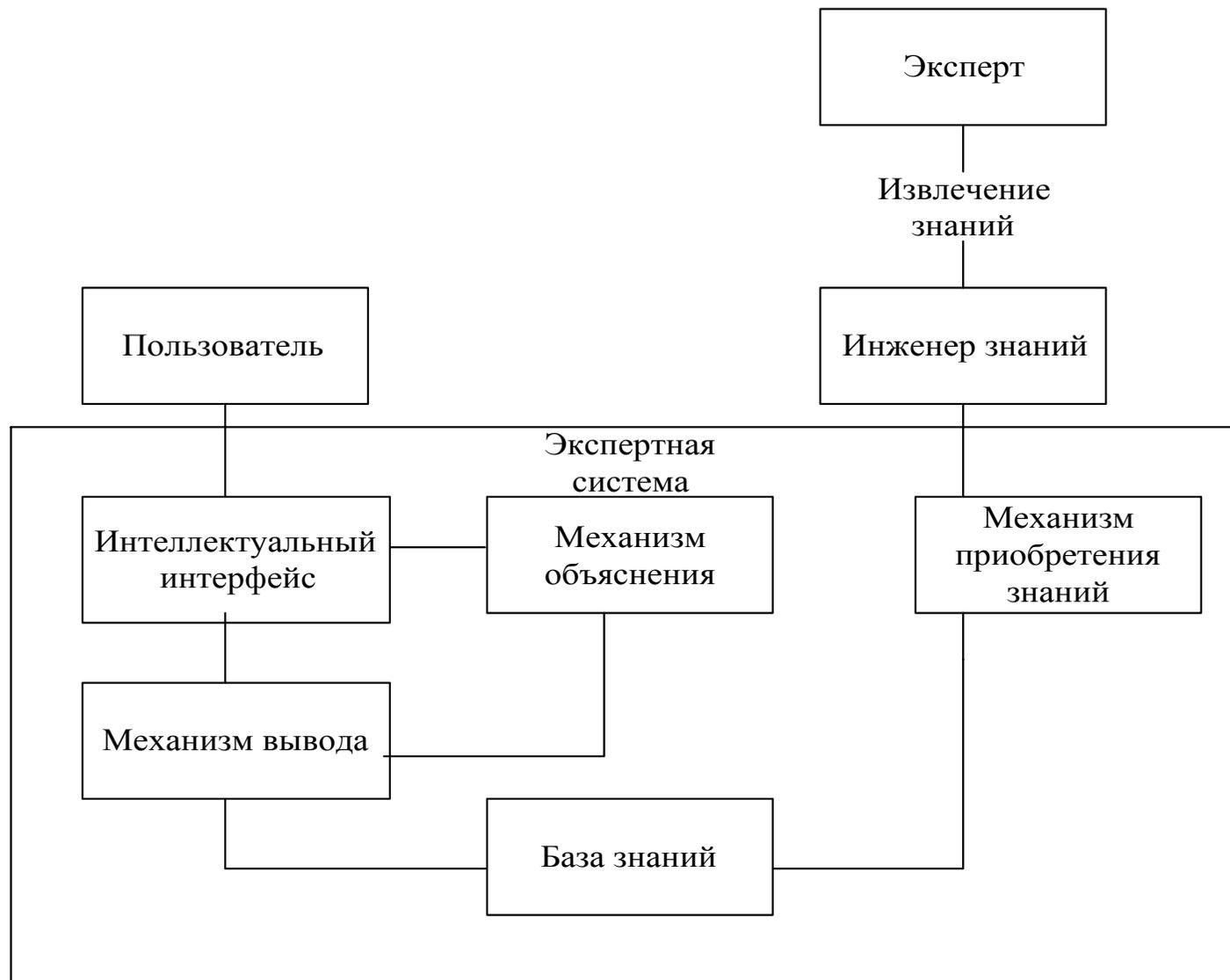
Возраст=Молодой И

Коммуникабельность=Высокая

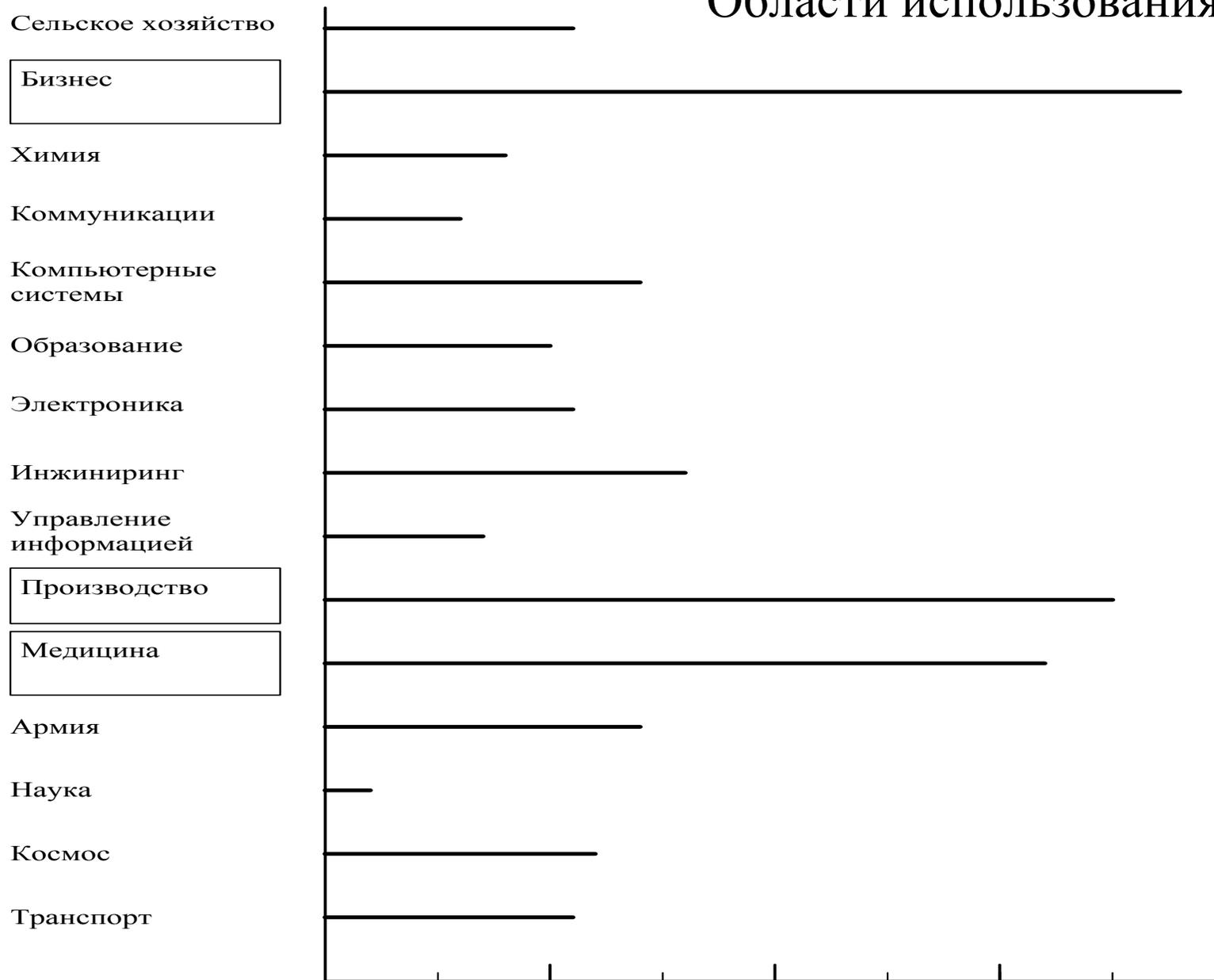
ТО

Шансы найти работу=Высокие КД=0.9.

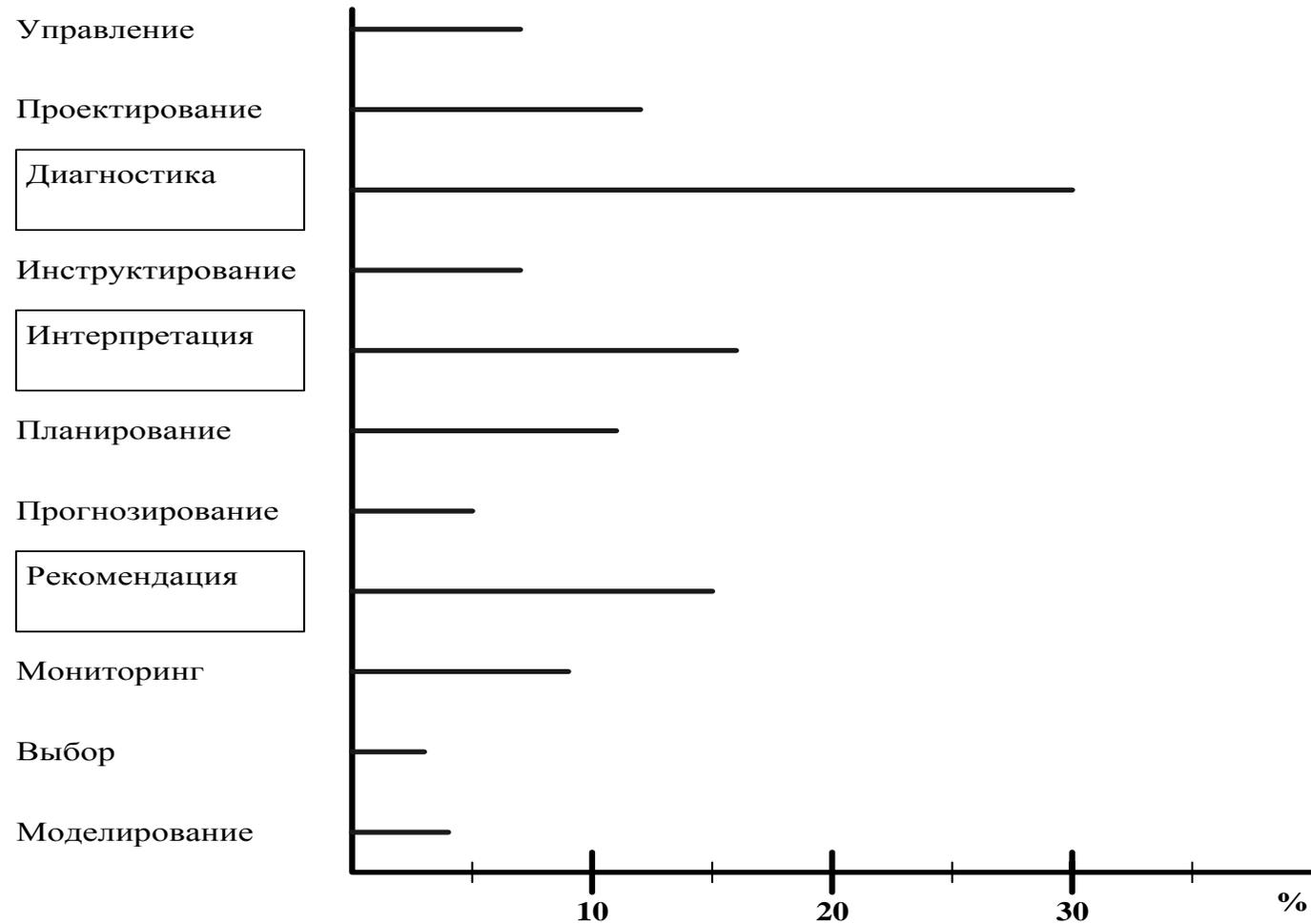
# Структура экспертной системы



# Области использования ЭС



# Задачи, решаемые ЭС



# История ИИ

70-е годы 20-го века:

Разработка экспертных систем в различных областях

1979 – язык PROLOG для логического программирования

Первая попытка создания ИИ для теста Тьюринга – диалоговая программа Alice

Исследования в семиотике (semiotics), математической лингвистике, модальных логиках

Модель ART Гроссберга-Карпентера

Идея программной модели животного Бонгарда (СССР)

Теория функциональных систем Анохина (СССР)

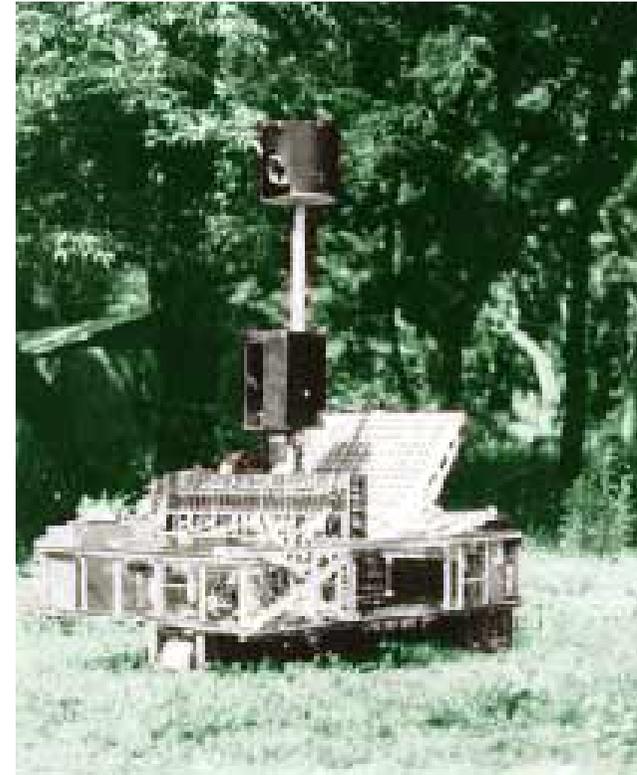
Первое использование нейронных сетей для управления мобильным роботом Н.Амосова (СССР)

Исследования нейронных сетей в Институте Кибернетики (Киев, СССР)

Исследования в области теории автоматов, в частности, взаимодействия автоматов, Цейтлин, Варшавский (СССР)

Особенности: бум логического подхода к ИИ, в частности, в разработке экспертных систем, нейронные сети почти не развиваются

# Мобильный робот ТАИР, управляемый нейронной сетью



Робот демонстрирует целенаправленное движение в естественном окружении, обход препятствий и подобные действия. ТАИР имел платформу на 3-х колесах, оснащенную системой сенсоров (дистанционных и тактильных). Управлялся нейронной сетью, реализованной аппаратно.

Гаврилов А.В.  
НГТУ, кафедра АППМ

# История ИИ

80-е годы 20 века:

1982 – первая популярная версия языка PROLOG (Edinburg University)

1982 – опубликование японской программы создания ЭВМ 5-го поколения, основанного на ИИ

Начало программы США “Strategic Computer Initiative” (использование ИИ в военной области)

Развитие методологии и технологий экспертных систем

Первые автоматические заводы и сборочные промышленные роботы

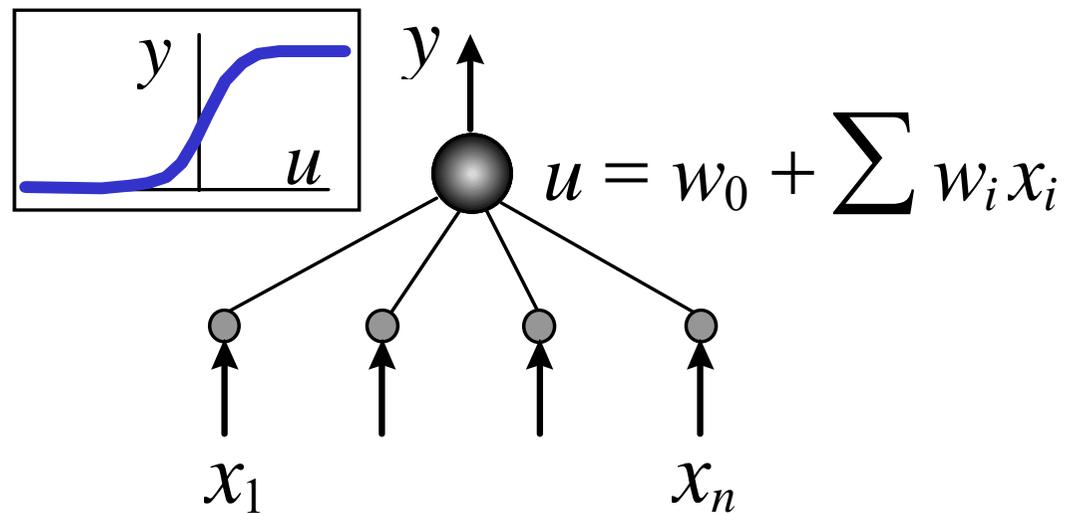
1982 – сеть Хопфилда (Hopfield) – начало нового бума в развитии нейронных сетей

Идея развития ИИ в мобильных роботах или аниматах (Brooks, MIT)

Использование языка LISP как языка машинного уровня в графических станциях и Autodesk AutoCAD

Особенности: развитие различных подходов к ИИ, в частности, появление гибридного подхода, ИИ становится индустрией

# Модель нейрона



При обучении нейрона меняются веса связей  $w_i$

# Виды сигмоидальной активационной функции

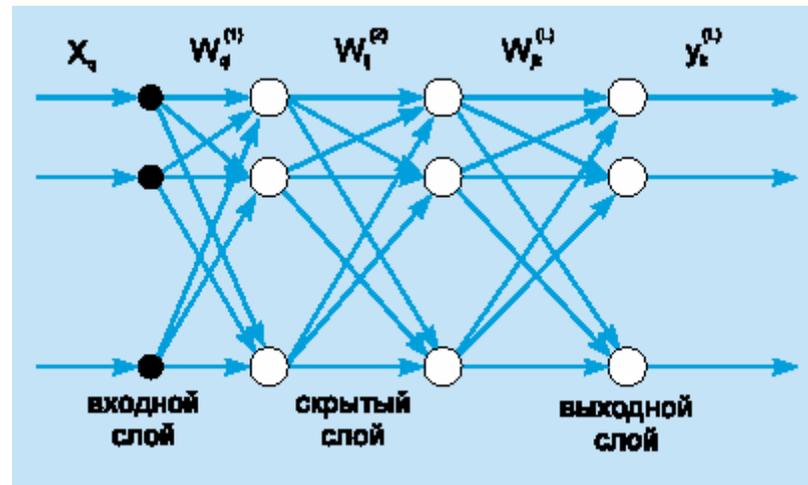
- Рациональная сигмоида
- Экспоненциальная сигмоида
- Гиперболический тангенс

$$f(S) = S / (|S| + a)$$

$$f(S) = 1 / (1 + \exp(-aS))$$

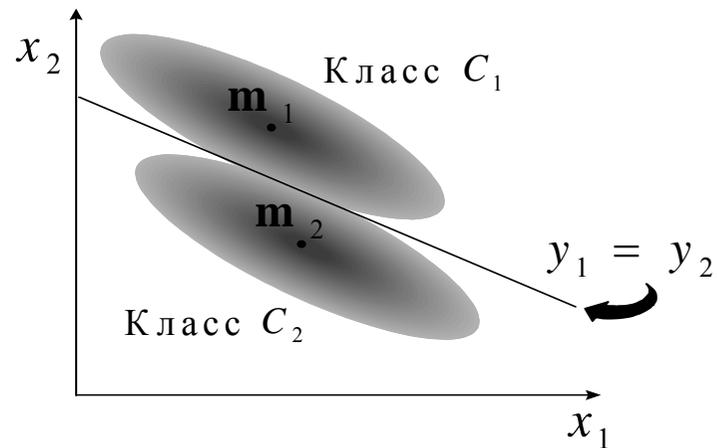
$$f(s) = \operatorname{th} \frac{s}{\alpha} = \frac{e^{-\frac{s}{\alpha}} - e^{\frac{s}{\alpha}}}{e^{-\frac{s}{\alpha}} + e^{\frac{s}{\alpha}}}$$

# Многослойный персептрон (нейронная сеть прямого распространения)

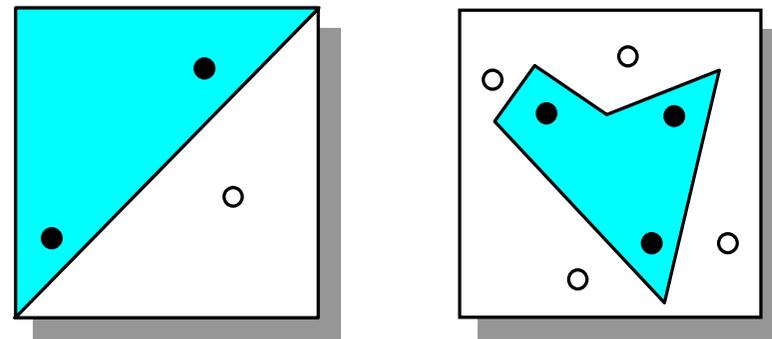


- **Классификация** (дискретный набор выходных значений)
- **Регрессия** (непрерывные выходные значения)

# Задачи, решаемая НС - 1) классификация образов

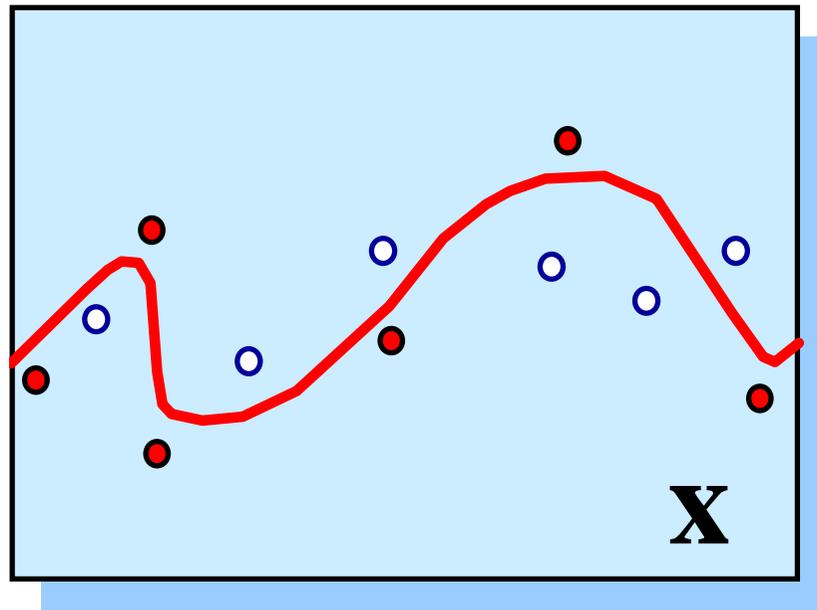


Двухслойный персептрон



# Задачи, решаемые НС -

## 2) аппроксимация функции (регрессия)



# Обучение сети

- Обучить нейронную сеть это значит, сообщить ей, чего от нее добиваются.
- Показав ребенку изображение буквы и получив неверный ответ, ему сообщается тот, который хотят получить. Ребенок запоминает этот пример с верным ответом и в его памяти происходят изменения в нужном направлении.
- При обучении НС ей предъявляются примеры (входной вектор – выходной вектор). По определенному алгоритму обучения меняются веса связей между нейронами. При этом минимизируется ошибка – разница между тем, что должно быть на выходе и тем, что вычисляет НС

# Типы обучения НС

| <i>Вид обучения:</i>                       | <i>С "учителем"</i>  | <i>С "подкреплением"</i>                         | <i>Без "учителя"</i>  |
|--|--|--|---|
| Что подается в качестве обучающих примеров | Набор пар входов-выходов $\{x^\alpha, y^\alpha\}$  | Оценка выходов сети $\{x^\alpha, y(x^\alpha)\}$  | Только набор входных значений $\{x^\alpha\}$  |
| Что требуется от сети                      | Найти функцию, обобщающую примеры, в случае дискретных $y^\alpha$ - классифицировать входы. В целом - научиться реагировать схожим образом в схожих ситуациях. | Научиться заданной "правильной" линии поведения. | Найти закономерности в массиве данных, отыскать порождающую данные функцию распределения, найти более компактное описание данных. |

# История ИИ

90-е годы 20-го века:

Исследования гибридного ИИ

Бум в разработке интеллектуальных роботов (для военных целей, роботы-животные и гуманоидные роботы) (США, Япония)

Исследования в области распределенного ИИ (XML and Semantic WEB, мульти-агентные системы)

Исследования в области человеко-подобного ИИ (здравый смысл (common sense), эмоции, обучение подобное обучению ребенка, метафорическое мышление и т.д.)

Бум в нейронных сетях, в частности, использование для финансового анализа  
Использование естественного языка в информационных системах и ОС

Особенности: Использование методов ИИ в разных приложениях, исследования человеко-подобного ИИ в обучении, взаимодействии с системой и роботами на естественном языке, концепция интеллектуального агента и мульти-агентных систем (распределенного интеллекта)

# История ИИ

2000-е годы – настоящее время:

Бум в разработке интеллектуальных роботов (для военных целей, роботы-животные и гуманоидные роботы, роботы-игрушки) (США, Япония)

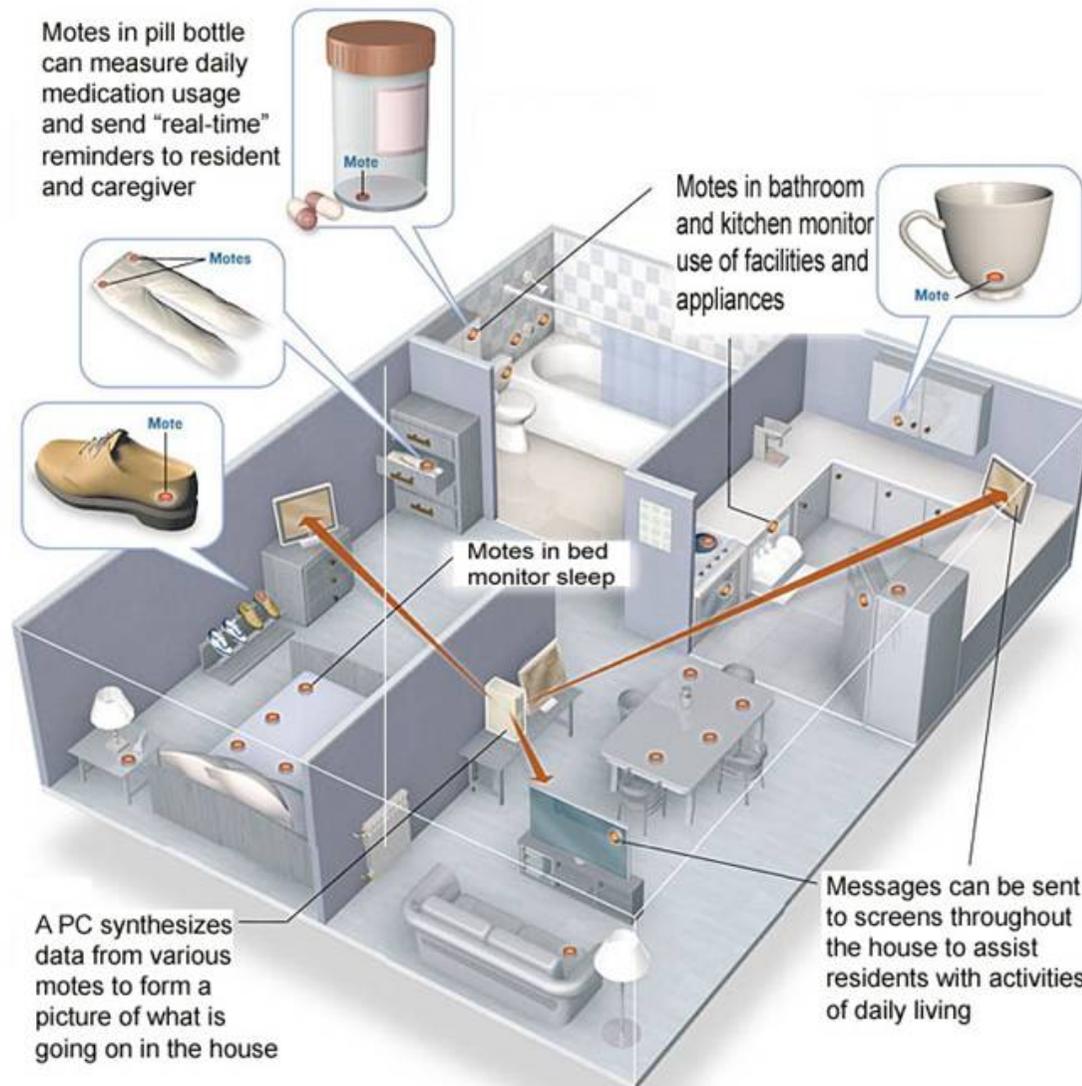
Исследования непосредственного интерфейса технических систем с мозгом

Появление умного окружения (ambient intelligence, smart environment), в частности, для помощи престарелым и больным, на основе беспроводных сенсорных сетей

Появление мобильного ИИ

Появление киборгов (искусственные конечности, электронные имплантанты)

# Smart Environment (smart home) для ухода за престарелыми



Motes gather information about activities of daily living for monitoring by a caregiver. This increases client independence and permits reduction of number of full-time caregiving staff.

(source: Ross, 2004, IEEE Spectrum online)

# Технологическая сингулярность

- Главный идеолог – Рэй Курзвейл  
– [www.kurzweilai.net](http://www.kurzweilai.net)
- «Бесчеловечное» производство на основе ИИ и автоматизации, потенциальное изобилие
- Усиление (за счет киборгизации и слияния с машинным окружением) физических и умственных возможностей человека вплоть до появления бессмертия
- Важная роль нанотехнологий. Сбор информации и усовершенствование (или лечение) человека изнутри.
- Появление нового разумного существа – трансчеловека (философское направление – трансгуманизм [www.transhumanism-russia.ru](http://www.transhumanism-russia.ru))

# Философия вокруг ИИ

- Место ИИ, роботов, киборгов в развитии цивилизации
- Можно ли «пересадить» сознание в машину ?
- Можно ли создать искусственный разум, равный человеческому или превышающий его?
- Если да, то как сложатся отношения между ним и человеком?
  - Партнерство ?,
  - Порабощение человека?,
  - Уничтожение человечества?,
  - Вымирание человечества ?
  - Следующий этап эволюции человечества ?