

Лекция 2

Тема: Прикладные области искусственного интеллекта.

Распознавание изображений.

Рождение *робототехники* выдвинуло задачи машинного зрения и *распознавания изображений* в число первоочередных.

В традиционном *распознавании образов* появился хорошо разработанный математический аппарат, и для не очень сложных объектов оказалось возможным строить практически работающие *системы классификации* по признакам, по аналогии и т. д. В качестве признаков могут рассматриваться любые характеристики распознаваемых объектов. Признаки должны быть инвариантны к ориентации, размеру и вариациям формы объектов. Алфавит признаков придумывается разработчиком системы. Качество *распознавания* во многом зависит от того, насколько удачно придуман алфавит признаков. *Распознавание* состоит в априорном получении вектора признаков для выделенного на изображении отдельного распознаваемого объекта, и лишь затем в определении того, какому из эталонов этот вектор соответствует.

П.Уинстон в начале 80-х годов обратил внимание на необходимость реализации целенаправленного процесса машинного восприятия. Цель должна управлять работой всех процедур, в том числе и процедур нижнего уровня, т. е. процедур предварительной обработки и выделения признаков. Должна иметься возможность на любой стадии процесса в зависимости от получаемого результата возвращаться к его началу для уточнения результатов работы процедур предшествующих уровней. У П.Уинстона, так же как и у других исследователей, до решения практических задач дело не дошло, хотя в 80-е годы вычислительные мощности больших машин позволяли начать решение подобных задач. Таким образом, ранние традиционные системы *распознавания*, основывающиеся на последовательной организации процесса распознавания и классификации объектов, эффективно решать задачи восприятия сложной зрительной информации не могли.

Экспертные системы.

Методы *ИИ* нашли применение при создании автоматических консультирующих систем. До 1968 года исследователи в области *ИИ* работали на основе общего подхода - упрощения *комбинаторики*, базирующегося на уменьшении перебора альтернатив исходя из *здравого смысла*, применения *числовых функций оценивания* и различных *эвристик*.

В начале 70-х годов произошел качественный скачок и пришло понимание, что необходимы глубокие *знания* в соответствующей области и выделение *знаний* из данных, получаемых от эксперта. Появляются *экспертные системы* (ЭС), или системы, основанные на *знаниях*.

ЭС DENDRAL (середина 60-х годов, Стэнфордский университет) расшифровывала данные масс-спектрографического анализа.

ЭС MYCIN (середина 70-х годов, Стэнфордский университет) ставила диагноз при инфекционных заболеваниях крови.

ЭС PROSPECTOR (1974-1983 годы, Стэнфордский университет) обнаруживала полезные ископаемые.

ЭС SOPHIE обучала диагностированию неисправностей в электрических цепях. ЭС XCON помогала конфигурировать оборудование для систем VAX фирмы DEC, ЭС PALLADIO помогала проектировать и тестировать СБИС-схемы.

ЭС JUDITH помогает специалистам по гражданским делам и вместе с юристом и с его слов усваивает фактические и юридические предпосылки дела, а затем предлагает рассмотреть различные варианты подходов к разрешению дела.

ЭС LRS оказывает помощь в подборе и анализе информации о судебных решениях и правовых актах в области кредитно-денежного законодательства, связанного с использованием векселей и чеков.

ЭС "Ущерб" на основе российского трудового законодательства обеспечивает юридический анализ ситуации привлечения рабочих и служащих к материальной ответственности при нанесении предприятию материального ущерба действием или бездействием.

Список созданных ЭС можно перечислять очень долго. Были разработаны и внедрены тысячи реально работающих экспертных систем. Об этом мы будем говорить подробнее в 6 и 7 лекциях.

Разработка инструментальных средств для создания ЭС ведется постоянно. Появляются *экспертные системы* оболочки, совершенствуются технологии создания ЭС. Язык Пролог (1975-79 годы) становится одним из основных инструментов создания ЭС. Язык *CLIPS* (C Language Integrated Production System) начал разрабатываться в космическом центре Джонсона NASA в 1984 году. Язык *CLIPS* свободен от недостатков предыдущих инструментальных средств для создания ЭС, основанных на языке *LISP*. Появляется инструментарий EXSYS, ставший в начале 90-х годов одним из лидеров по созданию ЭС. В начале XXI века появляется теория интеллектуальных агентов и экспертных систем на их основе. Web-ориентированный инструментарий JESS (Java Expert System Shell), использующий язык представления *знаний CLIPS*, приобрел достаточную известность в настоящее время. Среди отечественных инструментальных средств следует отметить веб-ориентированную версию комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, разработанного на кафедре Кибернетики МИФИ. В этом комплексе вся прикладная логика как комплекса в целом, так и разработанных в нем веб-интегрированных ЭС, сосредоточена на стороне сервера.

Практика внедрения ЭС показала, что нет чудодейственных рецептов - нужна кропотливая работа по вводу в ЭВМ опыта и *знаний* специалистов всех областей науки.

Машинный перевод и понимание текстов на естественном языке.

Началом работ по *машинному переводу* следует считать 1954 год, когда в США с помощью ЭВМ было переведено шестьдесят фраз. Этот известный "Джорджтаунский эксперимент" произвел неизгладимое впечатление на специалистов. Тогда казалось, что достаточно создать большие хранилища словарей для перевода с одного языка на другой, разработать правила перевода - и проблема будет решена. Когда выяснилось, что проблема не так проста, был создан язык-посредник, облегчающий сопоставление фраз на разных языках. Во второй половине семидесятых годов этот язык-посредник превратился в семантическую модель представления смысла переводимых текстов. Таким образом, достижения в области *машинного перевода* оказались очень полезными для *ИИ*, так как они показали, что анализ естественно-языковых конструкций невозможен без создания *семантической модели*, в которой интерпретируется смысл слов. Создание *семантической модели* привело к пониманию необходимости создания языка для внутреннего представления *знаний*. И, наконец, важным достижением явилось понимание того, что анализ текстов на естественном языке (ЕЯ) состоит из четырех основных этапов: *морфологический анализ, синтаксический анализ, семантический анализ, прагматический анализ*.

Задача разбора предложения на естественном языке даже с ограниченным словарем в сотню слов является типичной задачей *ИИ*. Для достаточно формальных предметных областей и конкретных наборов предметов, обладающих однозначными, недвусмысленными характеристиками и названиями, такая система была создана Т. Виноградом в 1971 году. Его знаменитая программа SHRDLU работает в абстрактном мире, состоящем из разноцветных кубиков и пирамид. В этом мире функционирует "однорукий" робот Робби, способный общаться с человеком на естественном (английском) языке и совершать манипуляции с объектами этого мира. Этот робот также способен понимать достаточно сложные выражения и самостоятельно планировать свою деятельность и объяснять мотивы тех или иных действий.

Вот небольшой пример - фрагмент реального диалога с этой системой:

- Найди блок, который выше, чем тот, что в твоей руке, и положи его в коробку.
- ОК.
- Поставь, пожалуйста, один из красных блоков на другой, а сверху либо зеленый блок, либо *пирамиду*.
- ОК.
- Служит ли самая короткая вещь, которая опирается на опору самой высокой *пирамиды*, опорой для чего-то еще?
- Да, для зеленой *пирамиды*.
- Когда ты брался за зеленую *пирамиду*?
- В то время, когда я строил башенку из красного куба, большого красного блока и большого зеленого куба.
- Почему?
- Чтобы от нее избавиться.
- Почему?
- Чтобы освободить красный куб.

Многочисленное повторение вопроса "Почему?" в итоге приведет к ответу: "Потому что вы меня об этом попросили". Самым интересным здесь является то, что программа не отвечает на заранее заданные типовые фразы. SHRDLU, можно сказать, "понимает", о чем ее спрашивают, и отвечает достаточно разумно. Сам алгоритм Винограда настолько элегантен, что занимает всего несколько сотен строк кода на языке *LISP*, любимом языке разработчиков *ИИ*, занимающихся анализом ЕЯ.

Надо отметить, что даже для английского языка, который служит основой для всех современных языков программирования в силу своей лаконичности и достаточно формальной семантики, до сего дня не удалось создать более-менее эффективную программную систему, способную адекватно понимать СМЫСЛ фраз из достаточно больших областей *знаний*, например, нашего обыденного мира.

В разборе и *понимании естественного русского языка* массу проблем создает сложная падежная система, склонения, времена, отсутствие формального порядка следования членов предложения. Тем не менее российскими учеными созданы эффективные системы разбора фраз ограниченного естественного языка (ОЕЯ).

Игровые программы.

К числу первых *игровых программ* можно отнести программу Артура Самуэля по игре в чекерс (американские шашки), написанную в 1947 году, причем в ней использовался ряд основополагающих идей *ИИ*, таких, как перебор вариантов и самообучение.

Научить компьютер играть в шахматы - одна из интереснейших задач в сфере *игровых программ*, использующих методы *ИИ*. Она была поставлена уже на заре вычислительной техники, в конце 50-х годов. В шахматах существуют определенные уровни мастерства, степени качества игры, которые могут дать четкие критерии интеллектуального роста машины. Поэтому компьютерными шахматами активно занимались ученые умы во всем мире. Но шахматы - игра, соревнование, и чтобы продемонстрировать свои логические способности, компьютеру необходим непосредственный противник. В 1974 году впервые прошел чемпионат мира среди шахматных программ в рамках очередного конгресса *IFIP* (International Federation of Information Processing) в Стокгольме. Победителем этого состязания стала советская шахматная программа "Каисса" (Каисса - богиня, покровительница шахмат). Эта программа была создана в Москве, в Институте проблем управления Академии наук в команде разработчиков программы-чемпиона, лидерами которой были Владимир Арлазаров, Михаил Донской и Георгий Адельсон-Вельский. "Каисса" показала всему миру способности русских специалистов в области *эвристического программирования*.

Машинное творчество.

В 1957 году американские исследователи М. Мэтьюз и Н. Гутман посетили концерт одного малоизвестного пианиста. Концерт им обоим не понравился, и, придя домой, М. Мэтьюз тут же стал писать программу, играющую музыку. Идея Мэтьюза, развиваясь, породила целый класс музыкальных языков программирования, которые вначале назывались MUSIC с номером версии. Язык *C-Sound* произошел как раз из этих программ. А отделение Стэнфордского института исследований, где работал тогда М. Мэтьюз, выросло в музыкальный исследовательский центр под названием CCRMA.

В 1959 году советский математик Рудольф Зарипов начал "сочинять" одноголосные музыкальные пьесы на машине "Урал". Они назывались "Уральские напевы" и носили характер эксперимента. При их сочинении использовались случайные процессы для различных элементов музыкальной фактуры (форма, ритм, звуковысотность и т. д.). С тех пор появилось очень много программ для алгоритмической композиции. Для различных музыкальных задач было создано специальное программное обеспечение: системы многоканального сведения; системы обработки звука; системы синтеза звука; системы интерактивной композиции; программы алгоритмической композиции и др.

В 1975-1976 годах были проведены эксперименты по сравнению машинной и "человеческой" музыки. Для эксперимента были выбраны мелодии песен известных советских композиторов, опубликованные в сборниках избранных песен, и мелодии, сочиненные на вычислительной машине "Урал-2" по программе Р. Зарипова. Результаты экспериментов таковы: машинные сочинения жюри признало в большинстве случаев наиболее интересными и, "без сомнения, написанными человеком". Таким образом, деятельность машины удовлетворяла критерию Тьюринга - слушатели-эксперты не узнали ее.

Не будем требовать от *интеллектуальных систем* гениальности. *ИС* уже сейчас способны делать много полезной и разумной работы, которая требует какой-то доли интеллекта.

Среди направлений работ в области *ИИ* следует также выделить **нейрокибернетику**, или иначе говоря, подход к разработке машин, демонстрирующих "разумное" поведение, на основе архитектур, напоминающих устройство мозга и называемых **нейронными сетями** (НС). В 1942 году, когда Н. Винер определил концепции кибернетики, В. Мак-Каллок и В. Питс опубликовали первый фундаментальный труд по НС, где говорилось о том, что любое хорошо заданное отношение вход-выход может быть представлено в виде формальной НС. Одна из ключевых особенностей нейронных сетей состоит в том, что они способны обучаться на основе опыта, полученного в обучающей среде. В 1957 году Ф. Розенблат изобрел устройство для распознавания на основе НС - *перцептрон*, который успешно различал буквы алфавита, хотя и отличался высокой чувствительностью к их написанию.

Читателю, возможно, интересно узнать, что у рядовых муравьев и пчел примерно 80 нейронов на особь (у царицы - 200-300 нейронов), у тараканов - 300 нейронов и эти существа показывают отличные адаптационные свойства в процессе эволюции. У человека число нейронов более 10^{10} .

Пик интереса к НС приходится на 60-е и 70-е годы, но в последние десять лет наблюдается резко возросший объем исследований и разработок НС. Это стало возможным в связи с появлением нового аппаратного обеспечения, повысившего производительность вычислений в НС (нейропроцессоры, *транспьютеры* и т. п.). НС хорошо подходят для *распознавания образов* и решения задач классификации, оптимизации и прогнозирования. Поэтому основными областями применения НС являются:

1. промышленное производство и *робототехника*;
2. военная промышленность и авионавтика;
3. банки и страховые компании;
4. службы безопасности;

5. биомедицинская промышленность;
6. телевидение и связь; и другие области.

Заканчивая *исторический обзор* работ в области *III*, следует вернуться в 1981 год. В это время японские специалисты, объединившие свои усилия под эгидой научно-исследовательского центра по обработке информации JRPDEC, опубликовали программу *НИОКР* с целью создания к 1991 году прототипа ЭВМ нового поколения. Эта программа, получившая на Западе название "японский вызов", была представлена как попытка построить интеллектуальный компьютер, к которому можно было бы обращаться на естественном языке и вести беседу.

Серьезность, с которой основные конкуренты Японии откликнулись на брошенный им вызов, объясняется тем, что прежде переход от одного поколения к другому характеризовался изменением элементной базы, ростом производительности и расширением сервисных возможностей для пользователей, владеющих в той или иной мере профессиональными навыками программирования. Переход к ЭВМ пятого поколения означал резкий рост "интеллектуальных" способностей компьютера и возможность диалога между компьютером и непрофессиональным пользователем на естественном языке, в том числе в речевой форме или путем обмена графической информацией - с помощью чертежей, схем, графиков, рисунков. В состав ЭВМ пятого поколения также должна войти система решения задач и логического мышления, обеспечивающая способность машины к *самообучению*, ассоциативной обработке информации и получению *логических выводов*. Уровень "дружелюбия" ЭВМ по отношению к пользователю повысится настолько, что специалист из любой предметной области, не имеющий навыков работы с компьютером, сможет пользоваться ЭВМ при помощи естественных для человека средств общения - речи, рукописного текста, изображений и образов.

В литературе того времени достаточно подробно описываются все эти вопросы. Здесь отметим только основные компоненты программного обеспечения (ПО), планируемые для систем пятого поколения:

- базовая программная система, включающая систему управления базой *знаний* (СУБЗ), систему приобретения и представления *знаний*, систему решения задач и получения выводов, систему обучения и объяснения решений;
- базовая прикладная система, включающая *интеллектуальную систему* автоматизированного проектирования (САПР) сверхбольших *интегральных схем* (СБИС) и архитектур ЭВМ, *интеллектуальную систему* программирования, систему *машинного перевода* и понимания ЕЯ, систему *распознавания образов* и обработки изображений (не менее 100 000 единиц информации в виде изображений), систему распознавания речи (не менее 10 000 слов), базы *знаний* (БЗ) о предметных областях, а также утилитные системы для ввода программ и данных, обеспечивающие диагностику и обслуживание.

Теперь с позиции нашего времени можно сказать, что фирма Microsoft постаралась частично ответить на "японский вызов" в своих версиях операционной системы Windows для персональных компьютеров серии IBM PC AT/486 и выше. Уровень "дружелюбия" ЭВМ пятого поколения по отношению к пользователю действительно значительно повысился по сравнению с другими поколениями ЭВМ. В эти же годы стремительное развитие Internet стало мощным шагом по пути создания распределенных баз *знаний*.

Кратко о развитии робототехники.

Развитие *робототехники* относится к глубокой древности человеческой деятельности. Еще во времена Гомера люди мечтали создать механических помощников человека, выполняющих его трудовую *деятельность*. Гомер пишет в своем известном произведении "Илиада"

...Навстречу ему золотые служанки вмиг подбежали,
Подобные девам живым, у которых
Разум в груди заключен, и голос, и сила,

Которых самым различным трудам обучили
Бессмертные боги...

Первыми помощниками человека были *механизмы*, позволяющие увеличить его силу и скорость перемещения. Даже первые счетные машины строились на механическом принципе. Однако впервые слово "робот" было введено Карелом Чапеком в 1920 г. в фантастической пьесе "РУР" ("Рассумские универсальные роботы"). Областью применения роботов стали области деятельности человека, опасные для его жизнедеятельности. Как правило, это были дистанционно управляемые манипуляторы для работы в атомных реакторах, в подводных аппаратах и космических кораблях. В 1947 году в Арагонской национальной лаборатории были впервые разработаны механические руки для работы с радиоактивными материалами. Уже в 1948 году данные роботы были оснащены системой отражения усилия, чтобы оператор имел возможность ощущать усилие, развиваемое исполнительным органом. Первые *луноходы* и *марсоходы* были оснащены манипуляторами для сбора грунта. *Управление* данными манипуляторами осуществлялось с земли *по* командам оператора. В 1963 году уже была исследована проблема распознавания многогранных объектов, а в 1968 году уже были созданы программные устройства, позволяющие с применением телевизионной камеры находить предметы, которые должен был взять робот своим захватным устройством.

Таким образом, теоретические основы современной *робототехники* были заложены еще в 60-е годы, но их реализация сдерживалась отсутствием соответствующих технологий, материалов, ресурсов вычислительных систем. В это же время писатель-фантаст Айзек Азимов придумывает слово "роботикс" (*робототехника*) и впервые формулирует три закона *робототехники*:

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.
2. Робот должен подчиняться командам человека, если эти команды не противоречат первому закону.
3. Робот должен заботиться о своей безопасности, пока это не противоречит первому и второму законам.

Эти три закона Айзека Азимова до сегодняшнего дня остаются стандартами при проектировании и разработке роботов.

Робототехника XX века характеризуется выдающимися практическими достижениями.



Рис. 1. Луноход1

1. **Советские луноходы покорили Луну.** 17 ноября 1970 года *Луноход -1* (аппарат 8ЕЛ, вес 756 кг, длина с открытой крышкой солнечной батареи 4,42 м, ширина 2,15 м, высота 1,92 м) съехал с посадочной ступени на лунный грунт в Море Дождей (рис. 1). Он стал пятым подвижным образованием на Луне после Армстронга, Олдрина, Конрада и Бина. *Луноход -1* активно функционировал 301 сутки 06 час 37 мин, прошел расстояние 10 540 м, обследовал площадь в 80 000 м², с помощью телесистем передал свыше 20 000 снимков поверхности и более 200 панорам, более чем в 500 точках поверхности определил физико-механические свойства поверхностного слоя лунного грунта, а в 25 точках провел его химический анализ. *Луноход -2* в составе станции Е-8 № 204 (Еуна-21) был запущен 8 января 1973 года. Последнее сообщение ТАСС о движении аппарата было датировано 9

мая. Говорилось, что *Луноход* начал движение от разлома Прямой на восток к мысу Дальний. Судя по всему, в этот день было пройдено лишь 800 м. Там *Луноход* и остался. Погубил его кратер. *Луноход-2* смог превысить отпущенные ему ресурсом три месяца.

2. **Два витка вокруг Земли и автоматическая посадка беспилотного орбитального корабля "Буран"**, выведенного в конце 1988 года на околоземную орбиту с помощью самой мощной в мире ракеты-носителя "Энергия" - это "заключительный аккорд" российской космонавтики на финише советской эпохи. Больше всего восторгов вызвало приземление "Бурана" в конце полета на посадочной полосе, выполненное с ювелирной точностью.

3. **Промышленные роботы.** Широкое внедрение роботов в производственной сфере началось в семидесятые годы прошлого столетия. В сфере производства применялись *промышленные роботы*, управляемые автоматически от систем числового программного управления. Выполнение транспортных операций при штамповке, точечная и дуговая сварка выполнялись с помощью роботов с позиционной и контурной системами управления. Уже на операциях дуговой сварки нашли применение датчики слежения за свариваемым стыком. Применение элементов адаптации позволило расширить возможности *промышленных роботов*. Особое место занимают *промышленные роботы* на сборочных операциях, особенно, при сборке элементов электронной промышленности. Оптические датчики контроля позволили выполнять сортировку изделий по этикеткам либо особым меткам. С помощью силовой обратной связи Г. Иноу удалось создать систему управления *промышленного робота*, способного вставлять вал в отверстие по информации о развиваемом усилии при касании.

В настоящее время существует множество работающих *промышленных роботов*. Фирмы ABB, STAUBLI, REIS, MOTOMAN, ADEPT и другие производят *промышленных роботов* для манипулирования, сварки, покраски, упаковки, шлифовки, полировки и т. д. с большим спектром применения и по точности, и по характеру выполняемых операций.

В области *робототехники* также происходит смена поколений. В книге И. М. Макарова и Ю. И. Топчиева выделяются 4 поколения *промышленных роботов*:

1. Роботы с циклическим управлением без обратной связи, выполняющие неоднократно одинаковые операции.

2. Роботы с обратной связью, выполняющие разные операции.

3. Обучаемые роботы. Обучение таких роботов движению по разным траекториям и различным захватам осуществляет оператор.

4. Интеллектуальные роботы. Такие роботы могут находить нужные детали, оценивать обстановку и принимать наилучшие решения.

4. **Достижения среди роботов в общепринятом понимании**, подразумеваемом: "Машина с антропоморфным (человекоподобным) поведением", которая частично или полностью выполняет функции человека при взаимодействии с окружающим миром.

В 1977 году фирмой Quasar Industries создан робот, умеющий подметать пол, стричь траву на лужайках и готовить простую пищу. Корпорация Object Recognition Systems объявила в 1982 году о создании системы зрения для роботов, которая позволяет им вынимать детали, произвольно расположенные в ящиках или других емкостях. В 1982 году фирма Mitsubishi объявила о роботе, который был настолько ловок, что прикуривал сигарету и снимал телефонную трубку. Самым замечательным в 1982 году был признан американский робот Cubot, собирающий с помощью своих механических пальцев, камеры-глаза и компьютера-мозга кубик Рубика менее чем за четыре минуты.

Появление первых роботов дало мощный толчок к развитию таких направлений, как машинное зрение и *распознавание изображений*, построение методов моделирования **состояний мира**, построение **планов** для последовательности действий и управление выполнением этих планов, управление работой роботов в трехмерном пространстве. *Интеллект* роботов постоянно повышается с созданием более совершенных человеко-машинных интерфейсов. Существенно расширяется *диапазон* их применения.

Японская корпорация Sony объявила в 2000 году о создании нового поколения роботов-собак, которые понимают на слух около 50 команд и даже могут фотографировать то, что видят своими глазами-камерами. Новый робот получил то же ласковое имя "Айбо", что и первое поколение умных электронных собачек, появившихся на рынке годом раньше. К умению прыгать, бегать, вилять хвостиком, катать мячик и демонстрировать различные чувства - от страха до щенячьей радости, четвероногий робот нового поколения добавил способность реагировать на кличку, которую присваивает ему хозяин, подавать лапу, садиться и бежать вперед. По особому указанию он фотографирует глазами-камерами и полученную картинку потом можно посмотреть на экране компьютера. Новый "Айбо", больше похожий на львенка, чем на щенка, стоит 150 тысяч иен (около 1,4 тыс. долл.).

В апреле 2003 года в Японии, в городе Йокогаме, прошла четвертая по счету выставка роботов "Robodex" (рис. 2). Как заведено, выставляются на ней так называемые персональные железяки: роботы-домохозяйки, роботы-клоуны и роботы-охранники. Аббревиатура в названии мероприятия расшифровывается ни много ни мало как "робот твоей мечты" (Robot Dream Exposition). Гвоздем выставки стал робот SDR-4X фирмы Sony. Создатели стараются сохранить за ним репутацию массовика-затейника: в новую модель заложены 10 песен, 1000 телодвижений и 200 интерактивных диалогов. Неясным остается вопрос: кто будет платить за него баснословную цену "машины класса люкс".

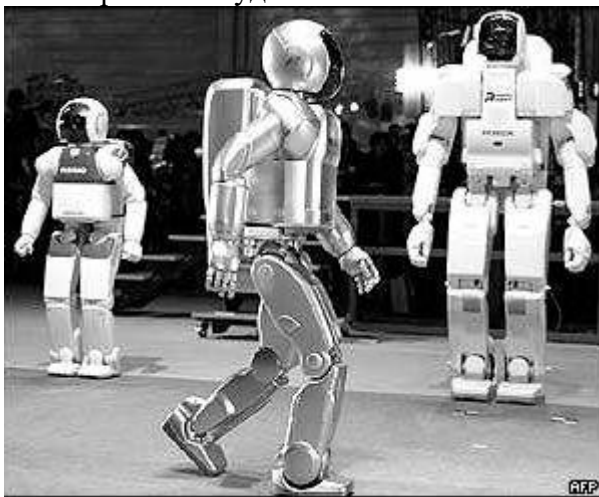


Рис. 2. На выставке "Robodex"

В Японии проводятся ежегодные чемпионаты мира по футболу среди роботов - RoboCup. Соревнования проводятся в нескольких лигах. В лиге малых роботов (small size) играют машины размером 15 x 18 сантиметров, которые управляются внешней компьютерной системой. В играх в лиге средних роботов (middle size) участвуют более мощные автономные роботы размером 50 x 50 сантиметров, оснащенные собственным мощным бортовым компьютером и системой технического зрения. С недавних пор введена еще одна лига, в ней играют робособаки, которых производит компания Sony. В 2002 году своеобразное соревнование проходило среди "андроидов". Правда, настоящего футбола в их исполнении увидеть не удалось: технология ходьбы проработана пока довольно слабо, так что "андроиды" соревновались в пробивании штрафных и умении ходить.

Международные соревнования мобильных роботов, в том числе по футболу, и Научно-технический Фестиваль молодежи "Мобильные роботы" имени профессора Е. А. Девянина проводятся в Москве на базе Института механики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, начиная с 1998 года (<http://www.robot.ru>). Молодежная команда Московского Государственного Университета участвует в международных соревнованиях робототехнических систем с 1995 года. Выступления команды МГУ во Франции в рамках международного Фестиваля "Наук и

технологий" были успешными: в 1996 и 1998 годах команда занимала первые места. В разработке роботов и подготовке молодежных команд с 1995 года участвовали Д. Е. Охоцимский, В. М. Буданов, Е. В. Гурфинкель, Е. А. Девянин, Д. Н. Жихарев, А. В. Ленский, с 1997 года - А. А. Голован и А. А. Гришин.

В 2004 году прошли гонки автомобилей без водителей *Grand Challenge* от Лос-Анджелеса до Лас-Вегаса - это одно из значительных событий в *робототехнике*. К участию в *соревновании* допускались только беспилотные роботы - на их борту не должно быть ни людей, ни животных. На участие в *соревнованиях* было заявлено около сотни команд, 25 из них были допущены к квалификационному отбору и 15 из них этот отбор прошли. Организаторы *соревнований* остались довольны результатами, несмотря на то, что ни один робот не прошел трассу. Следующая попытка назначена на 2006 год.

За последние несколько лет Пентагон значительно увеличил финансирование проектов *по* созданию боевых роботов. Деньги выделяются как крупным оборонным корпорациям, так и небольшим исследовательским группам в американских университетах. Причиной такой активности военного ведомства США является негативная *реакция* американского общества на большое количество жертв среди солдат во время военных операций Пентагона за рубежом.

В апреле 2004 года американский производитель роботов iRobot Corporation получил первую похоронку - во время боевых действий в Ираке был разрушен робот-сапер PackBot. Представители компании iRobot, базирующейся в городе Берлингтон, штат Массачусетс, получили от Пентагона официальное сообщение о том, что робот PackBot был уничтожен противником во время боевых действий (робот взорвался на mine, от которой мог пострадать человек). В настоящее время в Ираке и Афганистане находятся от 50 до 100 роботов-саперов типа PackBot. Их используют для рекогносцировки, ликвидации минных полей, уничтожения боеприпасов противника. Эта модель приспособлена к действиям в условиях сложного ландшафта. Каждый из этих роботов весит около 21 кг и стоит почти 50 тыс. долл.

Американские *марсоходы* Spirit и Opportunity провели в 2004 году научную миссию *по* исследованию Красной планеты. Оба аппарата исследовали метеоритные кратеры, вели *поиск* интересных объектов для подробного изучения, обнаружили свидетельства наличия воды на Марсе.

Перечень удивительных достижений в области *робототехники* можно продолжать очень долго. Появляется большое количество научно-технической литературы *по робототехнике* для специалистов и студентов, как построить робот, начиная от механики, датчиков и заканчивая радиоуправлением и программированием.