

Интеллектуальная роботроника

Курс лекций, семинаров и лабораторных работ
“Сенсорные и управляющие системы роботов”

МГТУ “СТАНКИН”, кафедра «Сенсорные и
управляющие системы» (СиУС) при Институте
прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН

Андреев Виктор Павлович, профессор, д.т.н.

Москва, 2022г.

«Интеллектуальная роботроника»

Наука и практика разработки, производства и применения человеко-машинных, робототехнических систем (промышленных и сервисных), функционирование которых базируется на сенсорных и управляющих системах с элементами искусственного интеллекта и на распределённых микроэлектронных программно-аппаратных средствах

Участники:

Российская Инженерная Академия

Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН

Московский государственный технологический университет «Станкин»

(кафедра «Сенсорные и управляющие системы» при ИПМ им.Келдыша РАН)

Международная лаборатория «Сенсорика»

Международный институт новых образовательных технологий РГГУ

“ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ РОБОТРОНИКА”

Сенсорные и управляющие системы роботов

Тема 1а.

Роботы от Леонардо да Винчи до современности

(Понятия, определения, история)

Лекция 1

Что такое РОБОТ ?

Чешский писатель

Карел Чапек

(1890 – 1938гг.)

Пьеса “R.U.R.”

*Rossumovi Univerzální
Roboti, 1920г.*



Термин **РОБОТ** является производным от словацкого слова **robota** – тяжёлый принудительный труд, каторга, барщина

Роботы и Леонардо да Винчи

(1452 – 1519гг.)



Что такое РОБОТ ?

В общем понимании РОБОТ — это машина с антропоморфным, или иначе, человекоподобным поведением. То есть машина, которая частично или полностью выполняет функции человека или животного при взаимодействии с окружающим миром.

Роботы и Леонардо да Винчи (1452 – 1519гг.)

Механическая тележка



(1478г.)

Была предназначена
для вывоза декораций
на театральную сцену

Роботы – андроиды

Андрóид (от греч. корня *άνδρ* – слова *άνήρ* «человек, мужчина» и суффикса - *οιδ* от греч. слова *εἶδος* - «подобие») - человекоподобный

Рыцарь Леонардо



(1495г.)

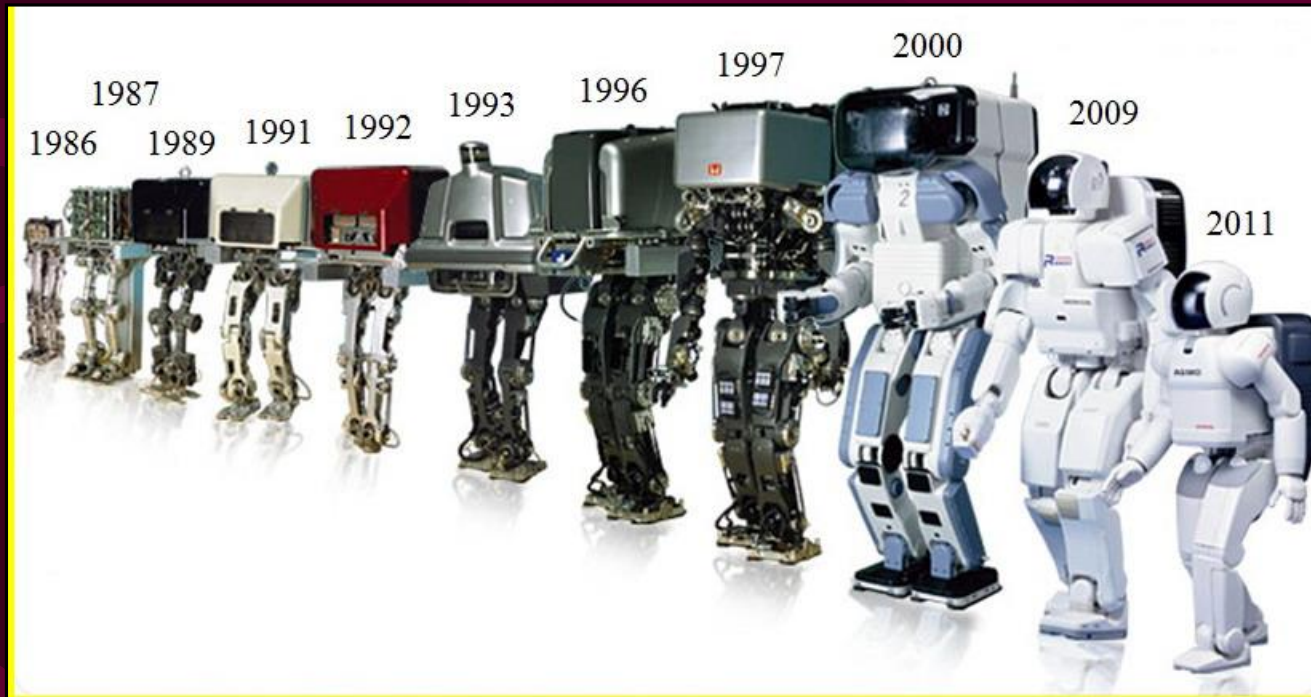
Чертежи робота были найдены в 50-х годах XX века в документах Леонардо. Неизвестно, была ли разработка осуществлена.

На каркас робота была надета германо-итальянская рыцарская броня. Он должен был имитировать человеческие движения: двигать руками и шеей, приподниматься и садиться. Робот имел анатомически правильное строение челюсти. Технология частично основывалась на исследованиях Леонардо в анатомии.

Антропоморфные роботы

Антропоморфизм (греч. *ανθρωπος* человек, *μορφή* вид) — наделение человеческими качествами животных, предметов, явлений, мифологических созданий

Робот ASIMO, Япония



(1986 – 2011г.)

Роботы и Леонардо да Винчи (1452 – 1519гг.)

Лев Леонардо



(1515г.)

Собака



(2016г.)

От работа – автоматона до работа – мехатронного устройства

Что такое РОБОТ ?

В современном понимании робот — это мехатронное устройство

Мехатроника — это область науки и техники, основанная на *синергетическом* объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами и Программное Обеспечение (ПО).

Термин состоит из двух частей — «**меха-**», от слова **механика**, и «**-троника**», от слова **электроника**

Синергия — суммирующий эффект взаимодействия двух или более факторов, характеризующийся тем, что их действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента в виде их простой суммы.

Что такое РОБОТ ?

Робот (*robot*): Исполнительный механизм, программируемый по двум или более степеням подвижности, обладающий определённой степенью автономности и способный перемещаться во внешней среде с целью выполнения задач по назначению. [ГОСТ Р 60.0.0.4-2019, 2.6]

Примечания:

1. В состав робота входит система управления и интерфейс системы управления.
2. Классификация роботов на промышленные роботы или сервисные роботы осуществляется в соответствии с их назначением.

Робототехнический комплекс (*robot system*): Комплекс, состоящий из одного или нескольких роботов, их рабочих органов и любых механизмов, оборудования, приборов или датчиков, обеспечивающих выполнение роботом функционального назначения (задания). [ГОСТ Р 60.0.0.4-2019, 2.14]

Робототехническое устройство (*robotic device*): Исполнительный механизм, обладающий характеристиками промышленного робота или сервисного робота, но не имеющий либо необходимого числа программируемых степеней подвижности, либо некоторой степени автономности. [ГОСТ Р 60.0.0.4-2020, 2.8]

Пример: Устройство оказания физической помощи; телеуправляемое устройство; двухосный промышленный манипулятор.

Что такое РОБОТ ?

Промышленный робот (*industrial robot*): Автоматически управляемый, перепрограммируемый, реконфигурируемый манипулятор, программируемый по трём или более степеням подвижности, который может быть либо установлен стационарно, либо перемещаться для применения в целях промышленной автоматизации.

[ГОСТ Р 60.0.0.4-2019, 2.9]

Примечания:

1. В состав промышленного робота входят: манипулятор, включая приводы; контроллер, включая пульт обучения и любой коммуникационный интерфейс (аппаратный и программный).
2. В состав промышленного робота входят любые интегрированные дополнительные степени подвижности.

Мобильный робот (*mobile robot*): Робот, способный передвигаться под своим собственным управлением. [ГОСТ Р 60.0.0.4-2019, 2.13]

Примечание: Мобильный робот может быть мобильной платформой с манипуляторами или без них.

Что такое РОБОТ ?

Мобильная платформа (*mobile platform*): Совокупность всех компонентов мобильного робота, обеспечивающих его передвижение.

[ГОСТ Р 60.0.0.4-2019, 3.18]

Примечания:

1. Мобильная платформа может включать шасси, которое может быть использовано для поддержки нагрузки.
2. Из-за возможной путаницы с термином "основание" не рекомендуется использовать термин "мобильное основание" для обозначения мобильной платформы.

Система управления (*control system*): Совокупность управляющей логики и силовых функций, позволяющих контролировать и управлять механической конструкцией робота, а также осуществлять взаимосвязь с внешней средой (оборудованием и пользователями).

[ГОСТ Р 60.0.0.4-2019, 2.7]

Этапы развития исследований

С чего всё началось
(краткий обзор)

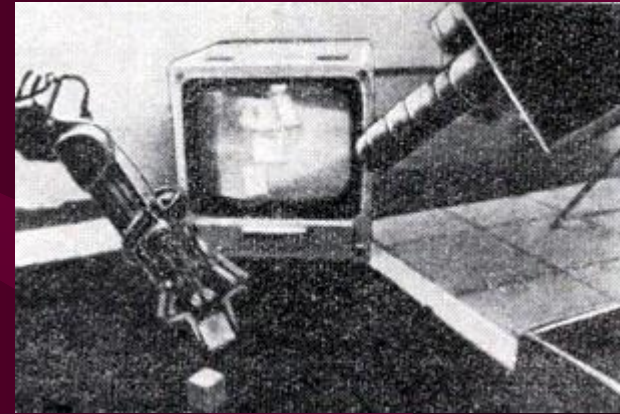
Этапы развития исследований в области робототехники

Стэнфордский исследовательский институт

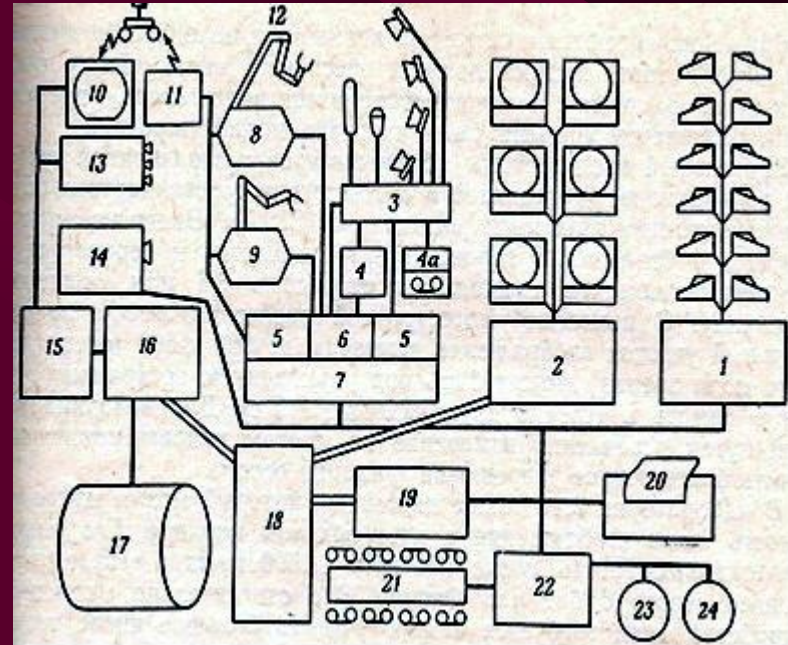
1. Стэнфордский проект-1 (1968г.)

[Computer with Hands, Eyes and Ears / McCarty J., Earnest L.D., Reddy D.R., Vicens P.J. // Proc. Fall Joint Computer Conf., vol.33, Pt.1, 1968. – P.329 - 338]

Прототип современного робота-манипулятора, снабжённого СТЗ и системой распознавания речи.



1 — телетайп; 2 — блок управления дисплеем;
3 — звуковая система; 4 — блок обработки речи;
5 — ЦАП; 6 — АЦП; 7 — управление «ввод-вывод»; 8 — гидравлическое управление руки;
9 — электрическое управление руки;
10 — ТВ-монитор; 11 — трансмиттер;
12 — рука; 13 — ТВ-камера; 14 — диссектор (105 бит/с); 15 — быстрый АЦП;
16 — быстрый канал данных; 17 — внешнее ЗУ;
18 — ОЗУ; 19 — PDP-6; 20 — печатающее устройство; 21 — перфолента; 22 — контроль данных; 23 — магнитофоны; 24 — накопитель



Этапы развития исследований в области робототехники

Стэнфордский исследовательский институт

2. Стэнфордский проект-2 (1969г.)

[Nilsson N.J. Mobile Automation: An Application of Artificial Intelligence Techniques / Proc. of the Intern. Joint Conf. on Artificial Intelligence, Washington, May 1969. – P.509 – 520].

Мобильный робот (МР) снабжён СТЗ. Её аппаратная часть располагалась на борту МР, а ПО реализовано на стационарной ЭВМ. Связь с ЭВМ – по двум радиоканалам, один из которых был предназначен для широкополосной телеметрической информации, другой – для передачи телевизионного сигнала от телекамеры.



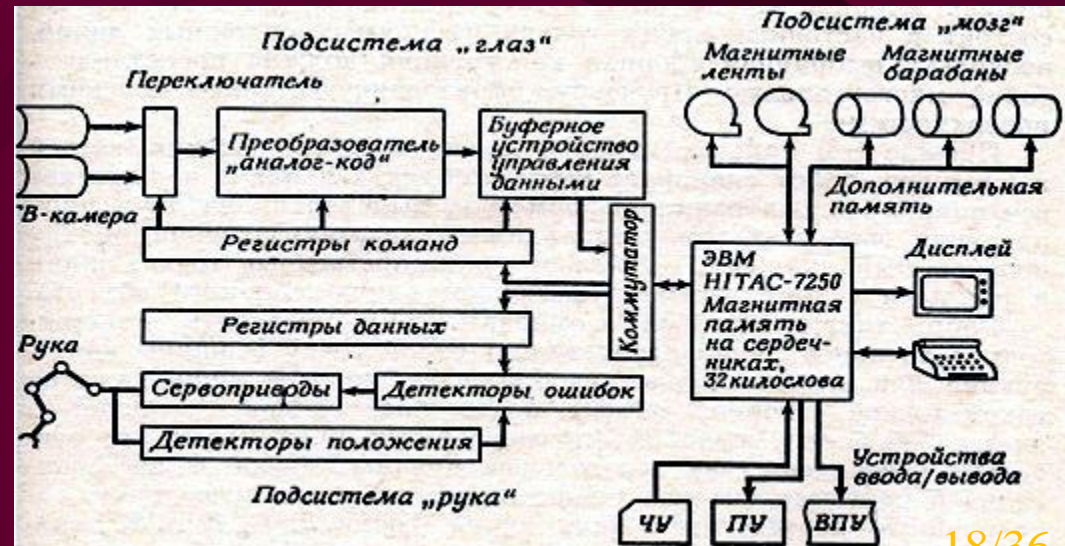
Этапы развития исследований в области робототехники

Исследования в Японии

1. Центральная исследовательская лаборатория фирмы «Хитачи» (Япония, 1971г.) [An Intelligent Robot with Cognition and Decision-Making Ability /

Nasakazu Ejiri, Takeshi Uno, Haruo Yoda (et al.) // The 2nd Intern. Joint Conf. on Artificial Intelligence, L., 1971. – P.350 – 358.]

Интеллектуальный робот, способный «понимать» окружающую обстановку и принимать решения. Мог выполнять распознавание и сборку трёхмерных деталей. СТЗ состояла из двух телекамер: одна – для ввода в ЭВМ сборочного чертежа с изображёнными на нём тремя проекциями детали, а другая – для её поиска на сцене.



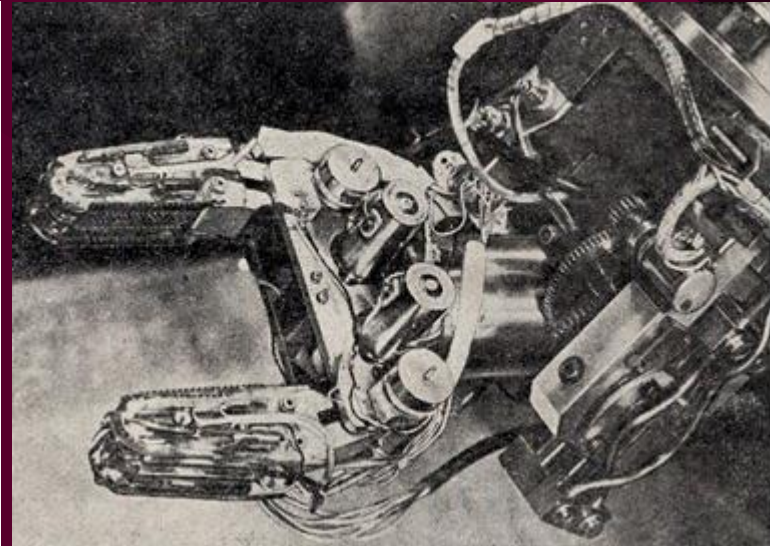
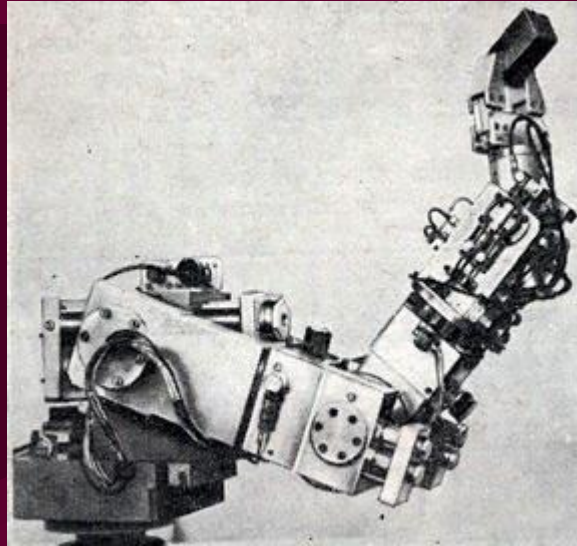
Этапы развития исследований в области робототехники

Исследования в Японии

2. Электротехническая лаборатория (ЭЛТ, 1971г.)

[Munetaka Joutaki ELT Robot-1: Artificial Intelligent Robot / Munetaka Joutaki, Kohei Sato, Tadashi Nagata // JEE (Japan Electronic Engineering) 76, 1971.—No51.— P.24-29.]

Комплекс «глаз — рука» (ЭЛТ-1), включающий в себя СТЗ и манипулятор, обладающий подвижностью кинематических звеньев (по три степени свободы при повороте и при сгибании). «Рука» заканчивалась схватом («пальцами») с тактильными чувствительными элементами.



Этапы развития исследований в области робототехники

Массачусетский технологический институт

В конце 60-х годов XX века в США в Массачусетском технологическом институте (MIT) была создана лаборатория искусственного интеллекта под руководством Патрика Уинстона (*Patrick Henry Winston, 1943-2019г.*). П.Уинстон – американский учёный, специалист в области информатики, руководил лабораторией с 1972 по 1997г. Работы этого коллектива, посвящённые вопросам машинного



зрения, были широко представлены на V Международной объединённой конференции по искусственному интеллекту, состоявшейся в США в августе 1977г. В переводном сборнике, вышедшем в СССР из печати в 1978 году, дано подробное изложение этих работ.

[Психология машинного зрения: сб. под ред. П.Уинстона / Пер. с англ. – М.: «Мир», 1978. – 344с.]

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

Уже в начале 70-х годов возникли научные школы, связанные с робототехникой (мехатронные системы):

- **МГТУ им.Баумана** (Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана) – акад. **Е.П.Попов** (1914 – 1999).
- **ВНИИТМ** (Волгоградский научно-исследовательский институт технологии машиностроения) – проф. **А.Л.Кемурджиан** (1921 – 2003).
- **ИПМ РАН** (Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН), **МГУ** (Московский Государственный университет им. М.В.Ломоносова) – акад. **Д.Е.Охоцимский** (1921 – 2005).
- **МГТУ МИРЭА** (Московский технологический университет «Московский институт радиотехники, электроники и автоматики») – акад. **И.М.Макаров** (1927 – 2013).
- **ИМех МГУ** (Институт механики МГУ) – проф. **Е.А.Девянин** (1931 – 2002).
- **ИПМТ ДВО РАН** (Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения РАН) – акад. **М.Д.Агеев** (1931 – 2005).

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

Уже в начале 70-х годов возникли научные школы, связанные с робототехникой (мехатронные системы):

- **ИОРАН** (Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН) – проф. **В.С.Ястребов** (1932 – 2005).
- **МНПО «Спектр»** (Московское научно-производственное объединение «Спектр») – акад. **В.В.Клюев** (1937 г.р.).
- **ИПМех РАН** (Институт проблем механики им.А.Ю.Ишлинского РАН) – акад. **Ф.Л.Черноусько** (1938 г.р.).
- **ИПУ РАН** (Институт проблем управления РАН) научно-исследовательскую работу в области распознавания изображений вели: **Н.В.Завалишин, И.Б.Мучник, Р.Л.Шейнин, М.Г.Еги** и др.
- В Киеве в **Институте кибернетики АН УССР** работы в области робототехники возглавлял **В.И.Рыбак**.
- **МГТУ «СТАНКИН»**. Основателем научной школы кафедры РиМ является доктор технических наук, профессор **Владимир Сергеевич Кулешов** – первый заведующий кафедрой с 1981 по 2000 год.

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)



В Ленинграде (ныне Санкт-Петербург) в 1968г. был создан Центральный научно-исследовательский институт робототехники и кибернетики (ЦНИИ РТК), который возглавил проф. **Евгений Иванович Юревич** (1926-2020гг.).

Ещё в 80-х годах в ЦНИИ РТК был предложен и впервые реализован в Советском Союзе модульный принцип построения и проектирования робототехнических систем. Тогда было создано серийное производство унифицированных компонентов роботов – электромеханических модулей, модулей управления и модульная система ПО. К 90-м годам XX века, когда произошла авария на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986г.), в ЦНИИ РТК было подготовлено большое количество проектов различных модулей. Благодаря этому за 2,5 месяца были разработаны, изготовлены и введены в эксплуатацию 15 МР различного назначения. Эти роботы выполняли работы по обследованию радиационной обстановки и очистке здания электростанции и территории от радиационного мусора.

В результате наша страна далеко обогнала по парку роботов все страны Европы и США, не успев до распада СССР обойти только Японию [Е.И.Юревич].

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

«... номенклатура отечественных роботов была тогда на порядок шире, чем, например, в Японии. С развалом СССР, а затем и всей промышленности пропало и отечественное роботостроение».
[Юревич Е.И., 2004]



24 апреля 1986г.

«В ходе работ на ЧАЭС появилось новое направление в робототехнике – экстремальная робототехника, которая инициировала следующий этап развития модульного принципа в робототехнике – реконфигурируемых модульных роботов, т. е. роботов переменной структуры».

[Юревич Е.И., 2013]

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

«Именно в экстремальных ситуациях различных катастроф, аварий и активных противодействий имеет место предельная априорная неопределённость как условий предстоящих работ, так и самого их перечня. Что делает особо актуальной возможность компоновать состав роботов непосредственно на месте работы и корректировать его в ходе самих работ» [Лопота А.В., Юревич Е.И. (2013) Этапы и перспективы развития модульного принципа построения робототехнических систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. – 2013. – №1(164). – С.98-103]

В ЦНИИ РТК до настоящего времени ведутся работы в области экстремальной робототехники.

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)



Академик Дмитрий Евгеньевич Охоцимский (1921 – 2005)

В начале 70-х годов Д.Е.Охоцимский был уже известным учёным, член-корреспондентом АН СССР (1960г.).

Герой Социалистического труда (1961г.), лауреат Ленинской (1957г.) и Государственной (1970г.) премий, премии Чаплыгина (1957г.). Он возглавлял отдел в Институте прикладной математики им. Келдыша РАН (1953-2005) и кафедру теоретической механики в МГУ (1961-2005).

В отделе ИПМ основное внимание уделялось вопросам теоретической механики, системам управления, программированию, методам математического моделирования.

В 70-х годах Д.Е.Охоцимский перенёс своё основное внимание на робототехнику. Он организовал в своём отделе сектор, коллектив которого стал заниматься разработкой новых алгоритмов адаптивного и интеллектуального управления в мехатронных системах. Заведовать сектором стал д.ф.-м.н. профессор А.К.Платонов (1931–2017) – выдающийся учёный-механик, робототехник, лауреат премии имени А.А.Андропова, энциклопедически образованный человек. В секторе работали: В.Е.Пряничников, С.М.Соколов, В.Е.Павловский, В.Е.Кугушев и др.

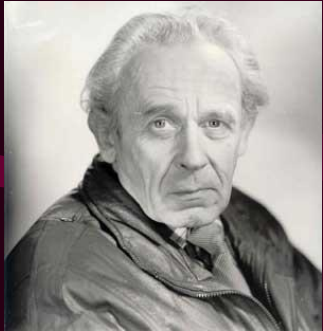
Этапы развития исследований в области робототехники (Россия)



Всероссийский научно-технический фестиваль молодёжи «Мобильные роботы».

Дмитрий Евгеньевич Охоцимский вместе с Евгением Андреевичем Девяниным (1931–2002) и Анатолием Викторовичем Ленским (1940-2008) основали Всероссийский научно-технический фестиваль молодёжи «Мобильные роботы».

Этапы развития исследований в области робототехники (Россия)



Евгений Андреевич Девянин (1931–2002) — советский и российский учёный-механик. Лауреат Государственной премии (1976г.) за работы в области механики по специальной тематике, действительный член Российской Академии Естественных наук. Награждён медалями имени П. Л. Капицы и имени Петра I РАЕН.

Начиная с 2003 года, фестиваль носит имя Е.А.Девянина.

Первые фестивали "Мобильные роботы" проходили во Франции и в них успешно выступали команды МГУ им.М.В.Ломоносова. Начиная с 1998 года, фестивали стали проводиться в Москве на базе Института механики МГУ.

В рамках фестиваля проходили соревнования мобильных роботов, изготовленных школьниками и студентами из различных городов России и других стран.

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

В 1973 году в Советском Союзе впервые были опубликованы переводные материалы зарубежных конференций, посвящённых созданию интегральных роботов, оснащённых СТЗ. [Интегральные роботы: Сб. статей / Пер. с англ. под ред. Г.Е.Поздняка. – М.:Мир, 1973. – 422с.]

К этому времени в СССР уже велись исследования в области систем технического зрения (СТЗ). Наиболее значимые результаты были получены в середине **70-х** годов в Институте проблем передачи информации АН СССР коллективом учёных под руководством к.т.н. Генриха Григорьевича Вайнштейна и к.т.н. Дмитрия Григорьевича Лебедева: В.П.Андреев, Н.С.Суровичева, Д.А.Белов, Е.А.Москвина, С.К.Ефимов [Эксперименты с машинным зрением: монография / Андреев В.П., Белов Д.А., Вайнштейн Г.Г., Москвина Е.А. – М.: Наука, 1987. – 128с.]

Уже в 1975 году на IV Международной объединённой конференции по искусственному интеллекту, проходившей в г. Тбилиси (СССР), было представлено большое количество работ отечественных учёных.

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

Институт проблем передачи информации АН СССР



1. Управляемая от ЭВМ телекамера (1975г.)

Разработанная и изготовленная Г.Г.Вайнштейном (1972г.) телекамера была закреплена на наклонно-поворотном устройстве, управляемом от ЭВМ. Управление фокусировкой объектива также выполнялось от ЭВМ. Телекамера позволяла вводить в ЭВМ изображение формата 128x128 пикселей при 64 уровнях серого. Были решены задачи: автоматический поиск кубика среди отдельно расположенных разнородных объектов, определение координат объектов в «механическом» поле зрения и дальности до них. Был разработан и экспериментально проверен алгоритм идентификации, использующий простой вид описания объекта – графический препарат, состоящий из случайных контурных сегментов. Реализован алгоритм разбора навала из кубиков с использованием СТЗ.

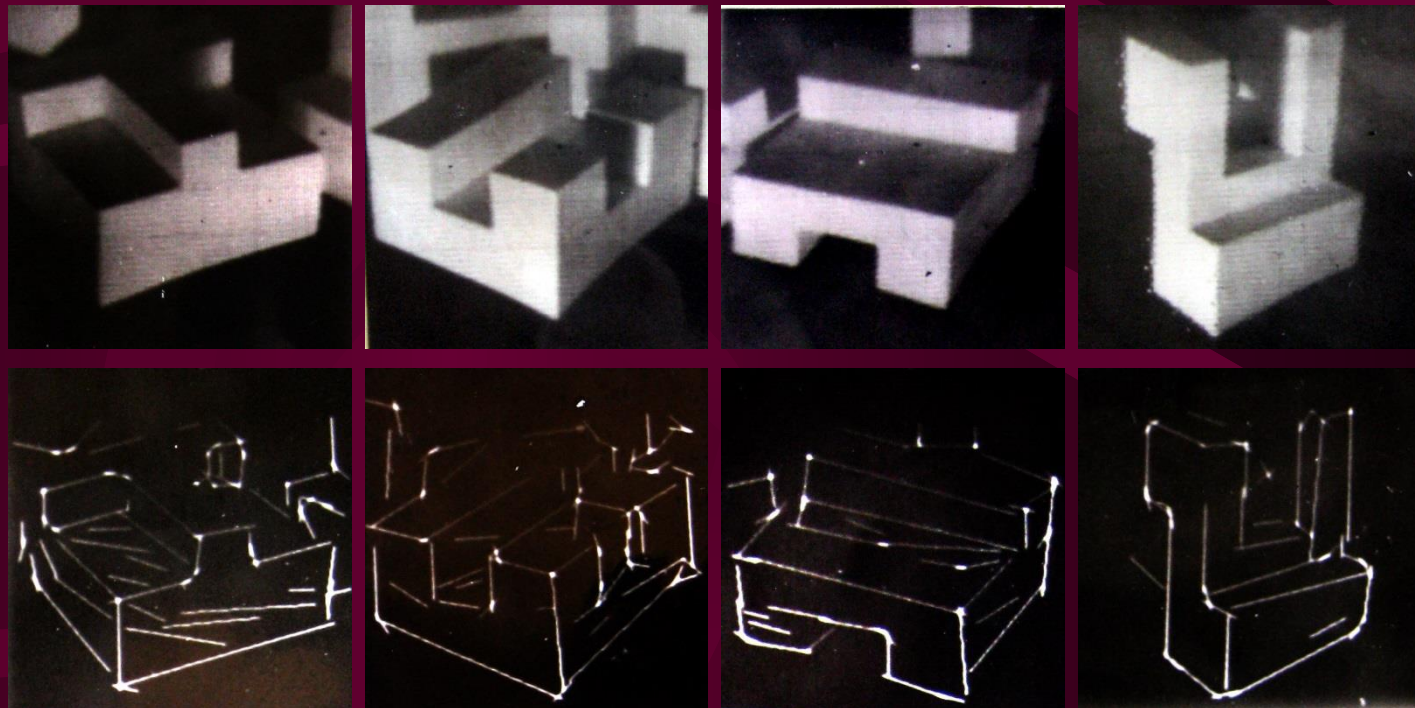
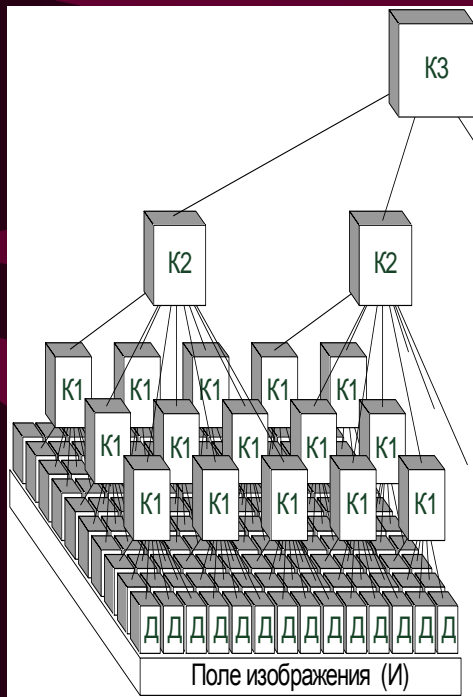
[Экспериментальное исследование некоторых элементов процесса анализа трехмерной сцены / Андреев В.П., Вайнштейн Г.Г., Москвина Е.А. // Труды IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту, т.8. Анализ визуальной информации. – М.: 1975. – С. 8.1 – 8.10]

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

Институт проблем передачи информации АН СССР

2. Сегментация изображений в пирамидальном процессоре и идентификация объектов сложной формы (1990г.)

[Андреев В.П. Система технического зрения для анализа сложных трехмерных сцен. Искусственный интеллект: Справочник: В 3 кн. Кн.1: Системы общения и экспертные системы: под ред. Э.В.Попова / Андреев В.П.–М.: Радио и связь, 1990.– Кн.1. – С. 184-190.]



Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

Институт проблем управления АН СССР

1. Сегментация изображений по текстурным признакам (1976г.)

[Анализ изображений трехмерных сцен по их текстурным свойствам / Андреев В.П., Вайнштейн Г.Г., Еги М.Г., Завалишин Н.В., Мучник И.Б., Шейнин Р.Л. // "Автоматика и телемеханика". – 1976. – №1. С.164 – 173.]

Эту работу по тем временам можно считать пионерской. Она также была представлена на IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту. Были приведены результаты экспериментального исследования алгоритма выделения областей однородной текстуры на полутоновом изображении трёхмерной сцены. Исходным материалом служили изображения реальных объектов, автоматически полученные телекамерой, изготовленной Г.Г.Вайнштейном.

2. Выделение проекций отдельных тел на контурном изображении трёхмерной сцены, состоящей из выпуклых тел с плоскими гранями

[Выделение тел на контурном изображении трёхмерной сцены / Завалишин Н.В. // Труды IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту, т.8. Анализ визуальной информации. – М.: 1975. – С. 8.19 – 8.28.]

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

Проблемы технического обеспечения работ

В те годы наибольшая трудность при проведении научных работ в области СТЗ заключалась в отсутствии соответствующего технического обеспечения как в СССР, так и за рубежом. Исследователи из Стэнфордского университета отмечали, что «... основным препятствием в реализации этой идеи было отсутствие подходящих вычислительных машин и устройств ввода и вывода информации, а также непомерно большая стоимость создания подобных систем».

Сложность: согласовать относительно невысокую пропускную способность цифровых каналов обычных ЭВМ с высокой скоростью развёртки видеосигнала, формируемого стандартными промышленными телевизионными установками (ПТУ).

Одно из решений – использовать диссектор в качестве датчика изображения. Диссектор – это вакуумный датчик оптического излучения. Он безинерционен (работает без накопления сигнала) и позволяет электронными средствами выделять любой участок проецируемого на его мишень изображения. Однако видеосигнал на его выходе содержит высокий уровень шумов. Промышленность подобные телекамеры не выпускала, и их приходилось изготавливать самим.

Этапы развития исследований в области робототехники (СССР)

Проблемы технического обеспечения работ

Наиболее удобным было бы решение, основанное на использовании стандартных промышленных телевизионных установок (ПТУ). Перспективность такого решения впоследствии была подтверждена всем ходом технического развития. В 1978г. для ввода неподвижных изображений в ЭВМ в ИППИ АН СССР было разработано и изготовлено устройство сопряжения ПТУ-101 с ЭВМ Минск-22 – использован **эффект стробоскопирования**, что позволяло за несколько кадров вводить в ЭВМ чёрно-белое изображение формата 128x128 пикселей при 256 уровнях квантования видеосигнала [Андреев В.П., Вайнштейн Г.Г. Устройство для ввода телевизионного изображения в электронную вычислительную машину]. Время ввода ~15 сек.



В 1981 году на новой элементной базе было разработано и изготовлено несколько аналогичных устройств сопряжения малогабаритной ПТУ с ЭВМ. В МТУ-1п использовалась вакуумная трубка типа «видикон». Время ввода одного кадра составляло 2,6 сек.

Этапы развития исследований в области робототехники

Литература для самостоятельной работы:

1. Интегральные роботы: Сб. статей / Пер. с англ. под ред. Г.Е.Поздняка. – М.:Мир, 1973. – 422с.
2. Экспериментальное исследование некоторых элементов процесса анализа трехмерной сцены / Андреев В.П., Вайнштейн Г.Г., Москвина Е.А. // Труды IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту, т.8. Анализ визуальной информации. – М.: 1975. – С. 8.1 – 8.10.
3. Психология машинного зрения: сб. под ред. П.Уинстона / Пер. с англ. – М.: «Мир», 1978. – 344с.
4. Андреев В.П., Вайнштейн Г.Г. Устройство для ввода телевизионного изображения в электронную вычислительную машину // Приборы и техника эксперимента, 1979. – №5. – С.106 – 109.
5. Эксперименты с машинным зрением: монография / Андреев В.П., Белов Д.А., Вайнштейн Г.Г., Москвина Е.А. – М.: Наука, 1987. – 128с.
6. Мобильный робот "КРОНУС" / Безоян М.Г., Беляев А.С., Горбушина О.А., Соколова А.А., Андреев В.П., Буданов В.М., Девянин Е.А. // Мобильные роботы и мехатронные системы: Материалы научной школы-конференции (Москва, 5-6 декабря 2000г.). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. – С.68 – 88.
7. Лопота А.В., Юревич Е.И. Этапы и перспективы развития модульного принципа построения робототехнических систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. – 2013. – №1(164). – С.98-103.
8. Андреев В.П., Ким В.Л., Кувшинов С.В. и др. Интеллектуальная роботроника. Проектно-исследовательская деятельность учащихся и студентов с использованием модульных коллаборативных робототехнических систем // Учебно-методическое пособие для организации дополнительного образования. – М. : Изд-во «ОнтоПринт», 2020. – 424 с. (Библ. СТАНКИН) 35/36

“ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ РОБОТРОНИКА”

Сенсорные и управляющие системы роботов

Тема 1а.

Роботы от Леонардо да Винчи до современности

(Понятия, определения, история)

ВОПРОСЫ?

Андреев Виктор Павлович, профессор, д.т.н.
andreevvipa@yandex.ru

Москва, 2022г.