

اصول علم ربات – جلسه دوم

Fundamentals of Robotics

دکتر جوانمردی

زمستان ۹۹



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)





یونیمیت، نخستین ربات صنعتی

Unimate

The Unimate was the first industrial robot ever built. It was a hydraulic manipulator arm that could perform repetitive tasks. It was used by car makers to automate metalworking and welding processes.

CREATOR

Unimation 

COUNTRY

United States us



JOSEPH F.
ENGELBERGER

YEAR

1961

امسال در واقع ۶۰ امین سالگرد تجاری سازی ربات است!

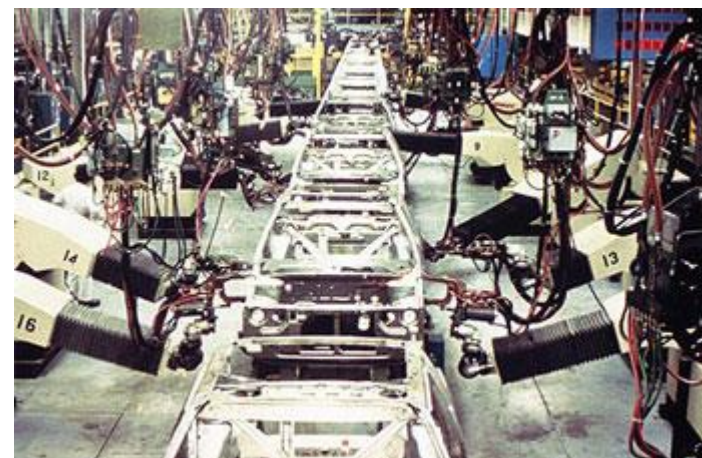
TYPE

Industrial

آیا می‌توان گفت یونیمیت یک ربات خودران بود؟



یونیمیت در The Tonight Show در سال ۱۹۶۶



یونیمیت در خط تولید جنرال موتورز آمریکا (GM)
تولید ۱۱۰ خودرو در یک ساعت

منشاء لغت ربات یا Robot



Figure 2-14 Robots are made for the drudgery of everyday work. In Czech, Slovak, and Polish languages, the word *robota* (from which *robot* is derived) means “work.” (Rendering courtesy Christopher Schantz.)

انواع ربات‌ها: ثابت و متحرک

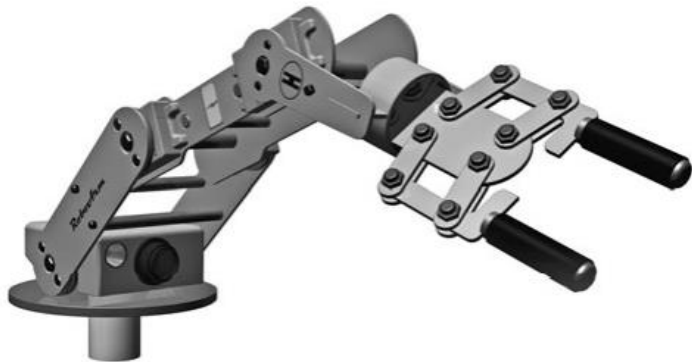


Figure 2-1 Stationary robots don't move. They sit on a tabletop or (for industrial applications) bolt into the ground.

ربات‌های ثابت
Stationary robots

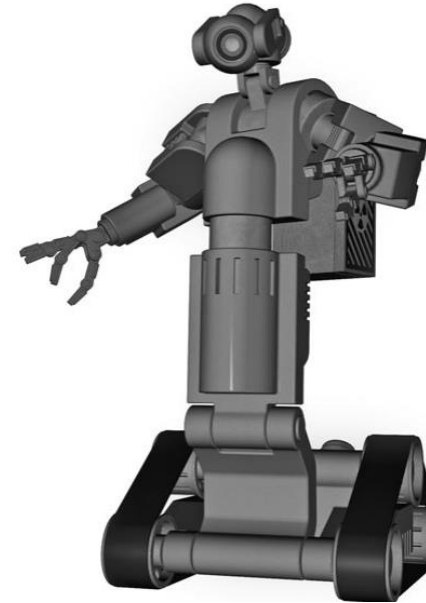


Figure 2-2 Mobile robots move, typically using wheels or tracks but also legs and other forms of propulsion.

ربات‌های متحرک
Mobile robots

جابجایی: چرخ، چرخ زنجیری یا چرخ ممتد، پا، پره و ...

انواع ربات‌ها: برنامه‌ریزی شده، کنترل از راه دور و خودران



برنامه‌ریزی شده از قبل
preprogrammed



کنترل از راه دور
teleoperated



خودگردان
Autonomous

ربات خودگردان – Autonomous Robot

Robots are *autonomous* when they make decisions in response to their environment vs. simply following a pre-programmed set of motions.

نرم signal processing, control theory, and intelligence

coupled with

سخت the **mechanics**, the **sensors**, and the **actuators** of the robot

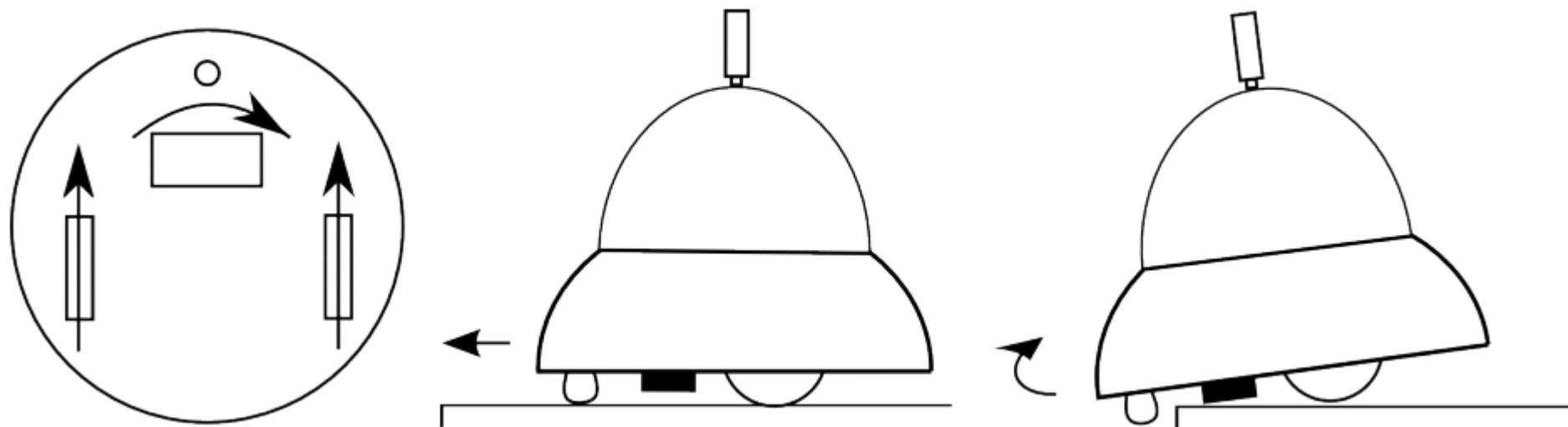
Designing a robot requires:

Understanding of both **algorithms** and its **interfaces to the physical world**

هوشمندی و راهکارهای متفاوت برای یک هدف ثابت – ۱

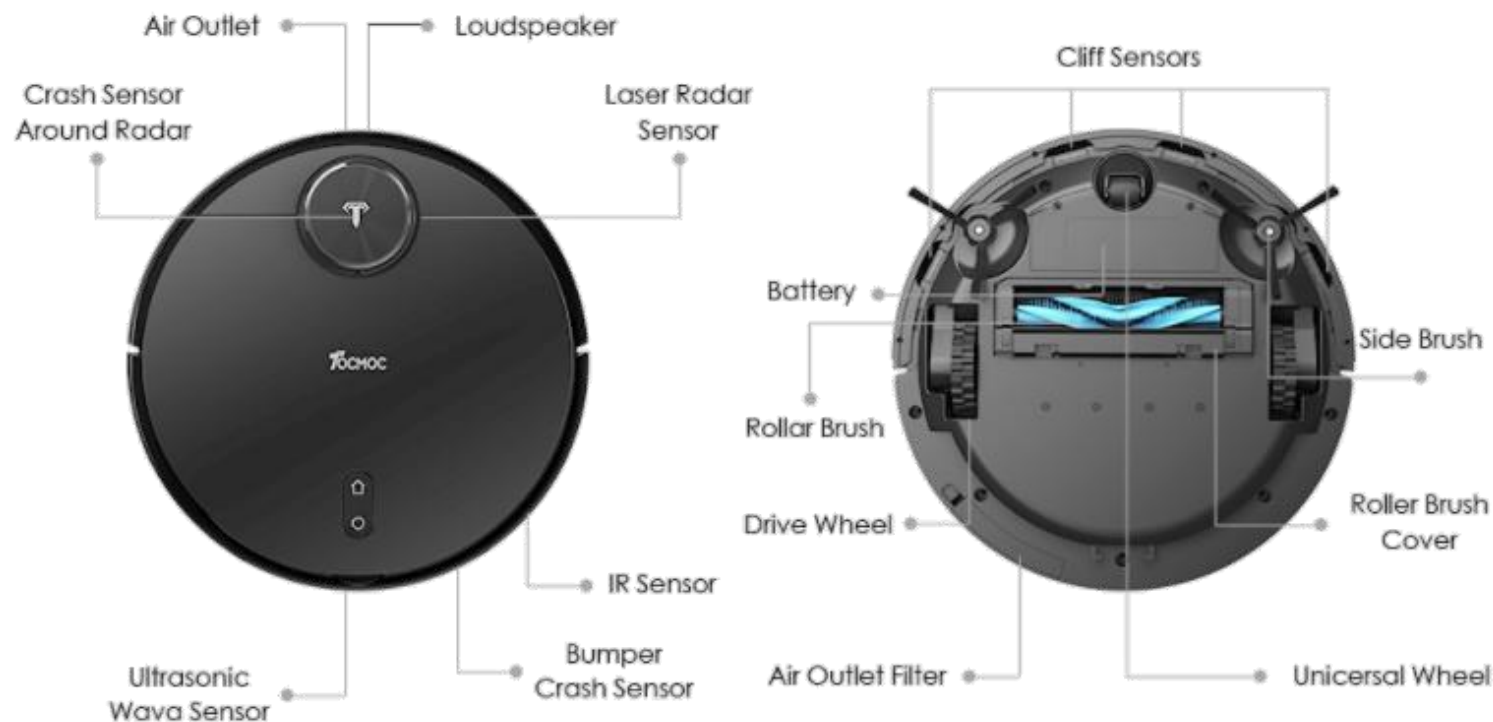
Our notion of “intelligent behavior” is strongly biased by our understanding of the brain and how computers work: intelligence is located in our heads. In fact, however, a lot of behavior that looks intelligent can be achieved by very simple means.

مکانیزم جلوگیری از سقوط



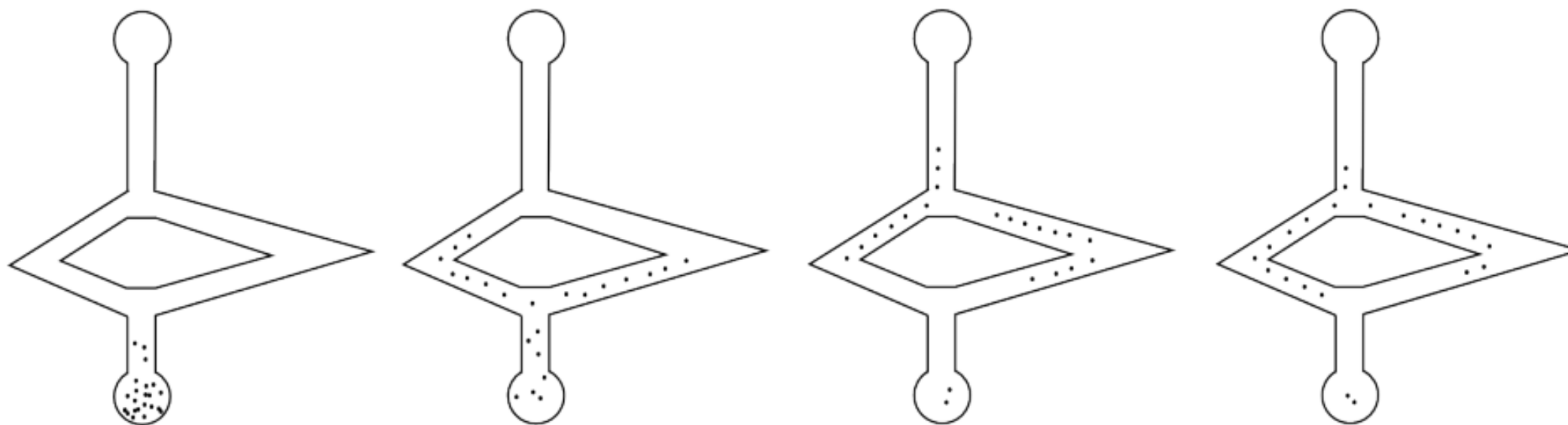
هوشمندی و راهکارهای متفاوت برای یک هدف ثابت - ۱

مکانیزم جلوگیری از سقوط

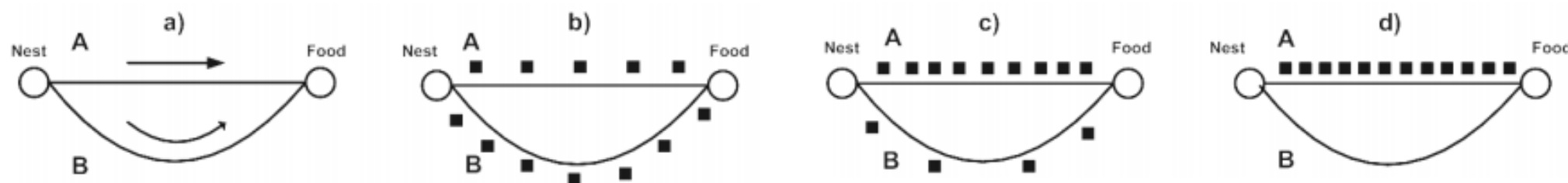


هوشمندی و راهکارهای متفاوت برای یک هدف ثابت - ۲

پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر به روش مورچه‌ها

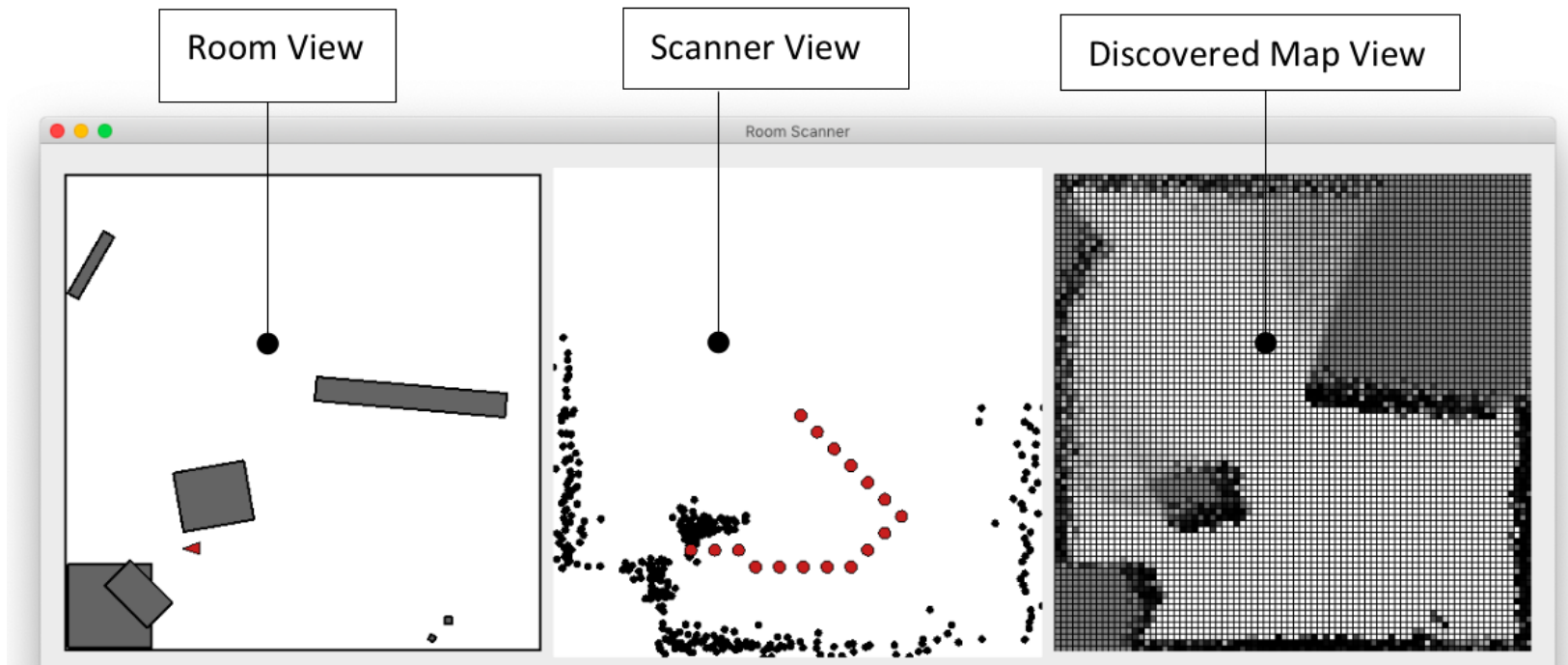


فرمون - pheromones



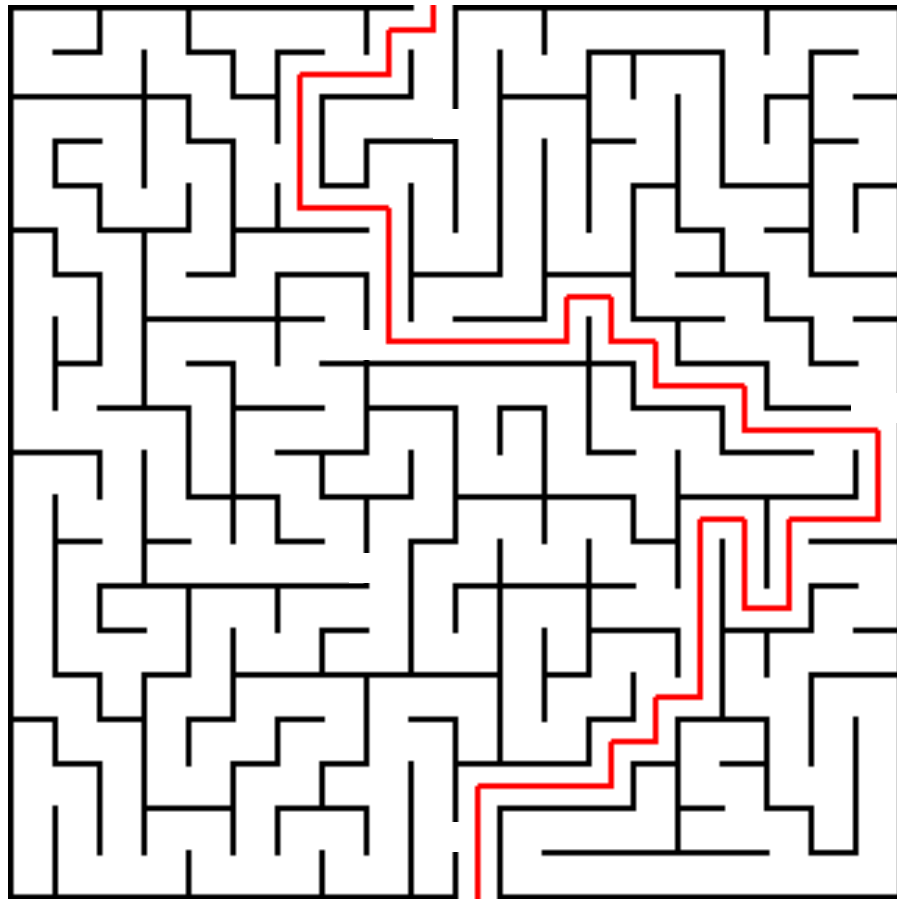
هوشمندی و راهکارهای متفاوت برای یک هدف ثابت – ۲


پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر به روش ربات‌های مدرن



اینکه کدام راه حل برای دستیابی به رفتار مورد نظر بهترین انتخاب است بستگی به به منابعی که در اختیار طراح است دارد!

حل یک مسئله رباتیکی...



شما یک  هستید در یک اتاق شبیه به هزارتو.

و یک جعبه پر از سکه‌های طلا در این اتاق پنهان شده.

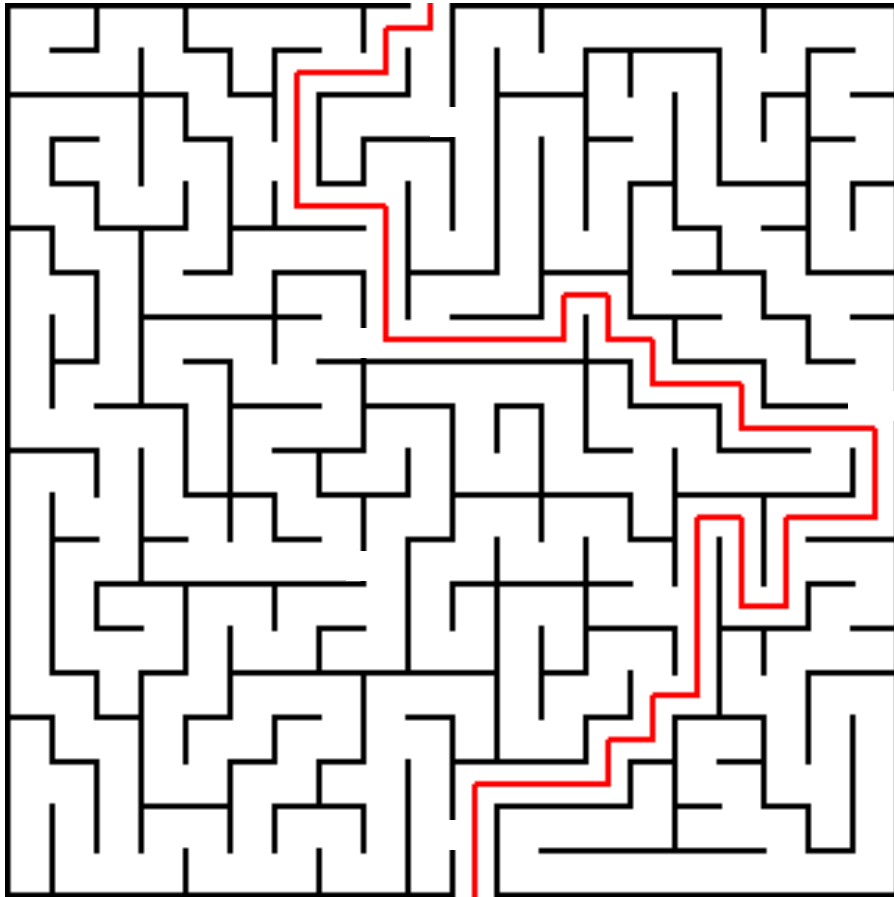
ولی شما به نقشه اتاق دسترسی ندارید!


هر موقع به جعبه طلا دست یافتید فقط میتونید چند سکه بردارید و

برگردید آن را در ماشین بگذارید و اینکار را تکرار کنید.

چه استراتژی ای به شما کمک میکند تا بیشترین تعداد سکه را
در کمترین زمان جمع‌آوری کنید؟
در این راستا از چه توانایی‌های ادراکی استفاده می‌کنید؟

حل یک مسئله رباتیکی...



شما یک  هستید در یک اتاق شبیه به هزارتو.

و یک جعبه پر از سکه‌های طلا در این اتاق پنهان شده.

ولی شما به نقشه اتاق دسترسی ندارید!

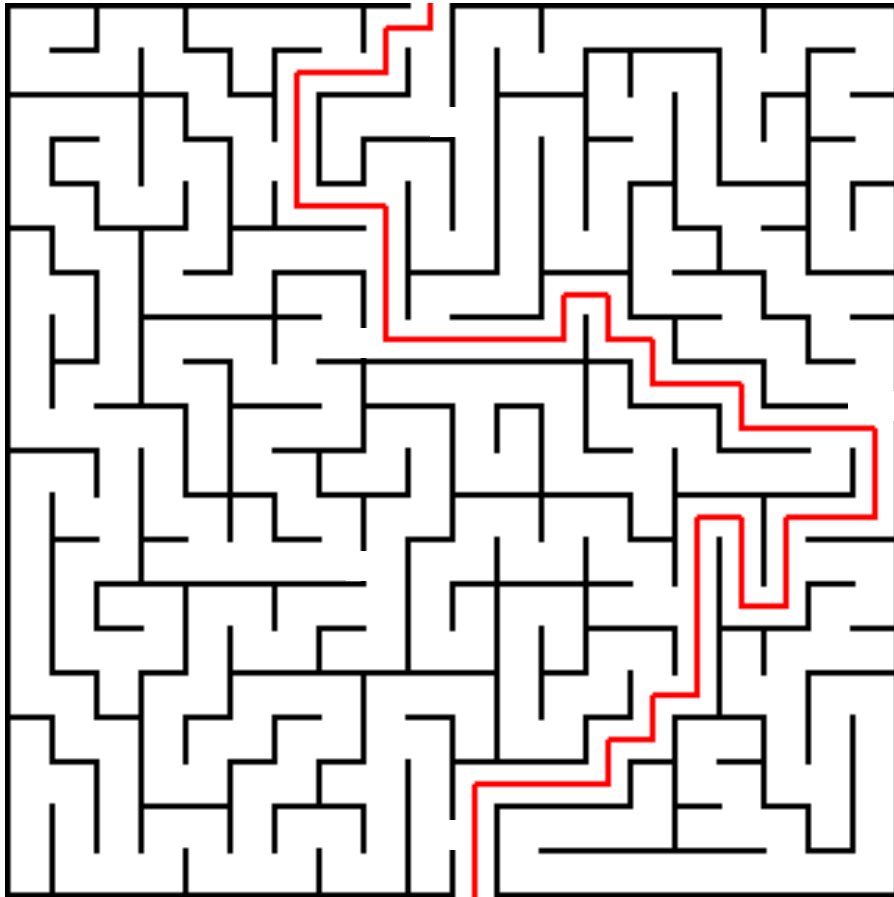
هر موقع به جعبه طلا دست یافتید فقط میتونید چند سکه بردارید و

برگردید آن را در ماشین بگذارید و اینکار را تکرار کنید.

چه استراتژی ای به شما کمک میکند تا بیشترین تعداد سکه را
در کمترین زمان جمع‌آوری کنید؟
در این راستا از چه توانایی‌های ادراکی استفاده می‌کنید؟

اگر **کور** باشید و یا **حافظه** نداشته باشید
استراتژی شما چه تغییری میکند؟

حل یک مسئله رباتیکی...



- این مسئله شبیه به آن چیزی است که یک ربات با آن روبرو است
- ربات یک ماشین متحرک است که با سنسور و توانایی محاسبه که با آن می‌تواند محیط اطرافش را تحلیل و استدلال کند
- توانایی ربات‌های امروزی با توانایی انسان فاصله زیادی دارد
- در نتیجه، تعیین استراتژی مورد نیاز با فرض عدم وجود برخی توانایی‌های ادراکی و یا محاسباتی اهمیت دارد!

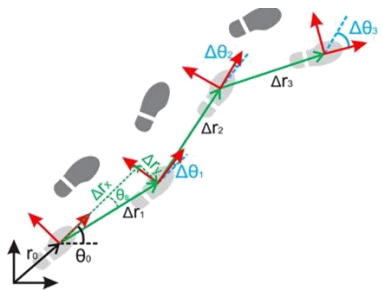
یک راه حل بهینه برای مسئله...

شما باید تمام انشعاب‌های اتاق را کاوش کنید، بدون ورود تکراری به هیچ یک از انشعاب‌ها

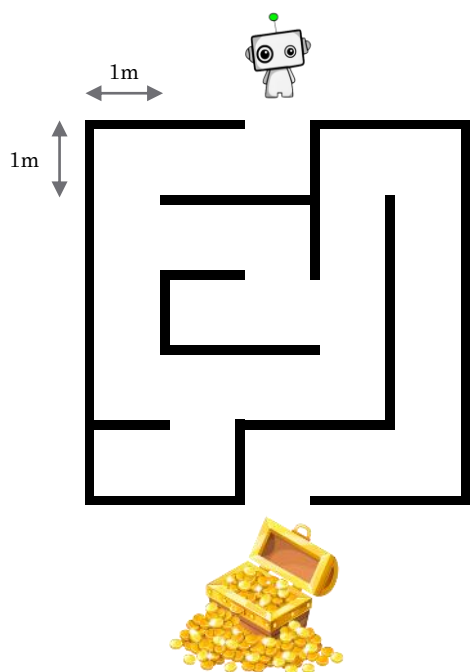
depth-first search (DFS)

اما برای اینکار نه تنها نیاز به تهیه **نقشه** محوطه را دارید، بلکه نیاز به **مکان‌یابی** خودتان دارید

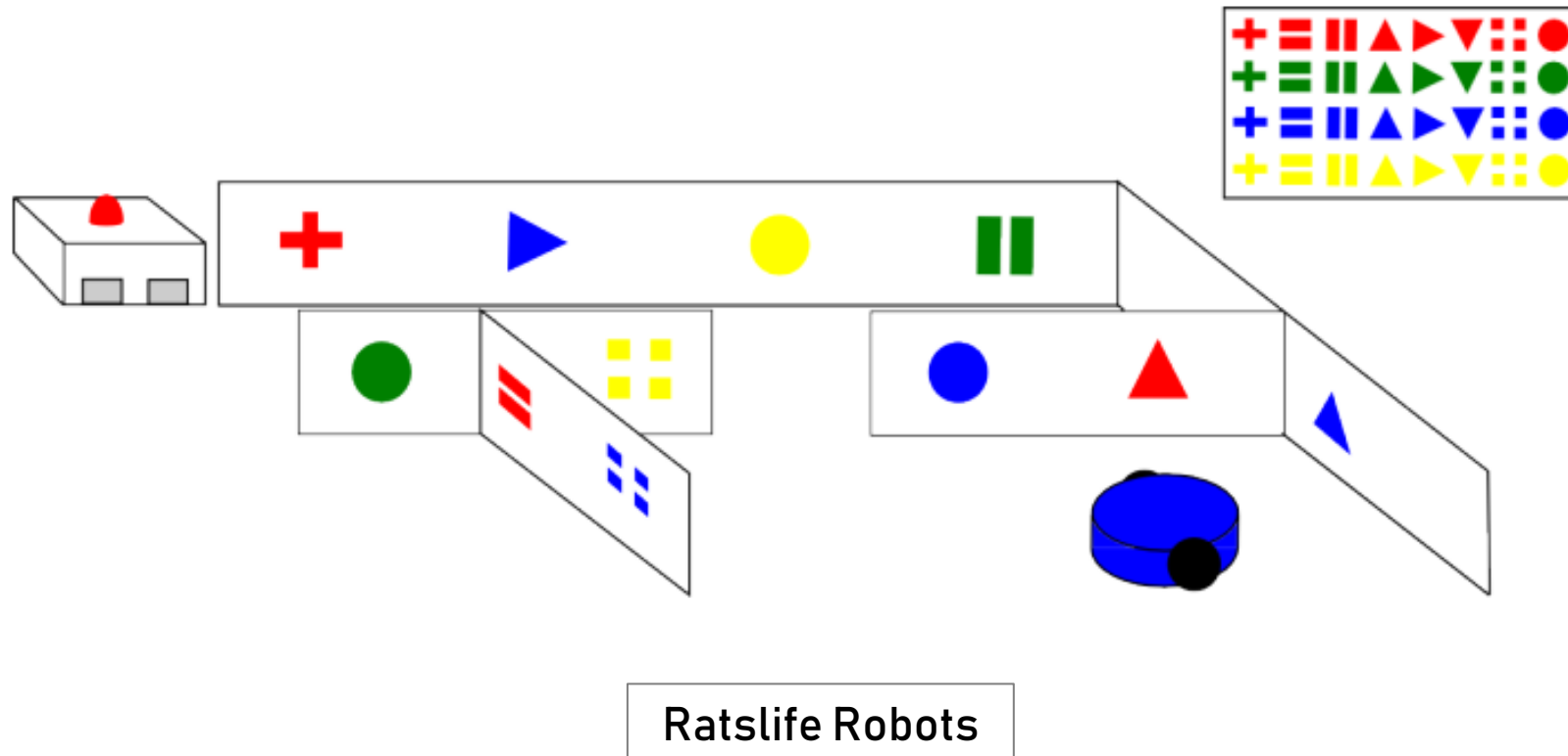
برای مثال از طریق شناسایی مکان‌ها و ناوبری کور (dead reckoning)



یک راه حل بهینه برای مسئله...



تغییر صورت مسئله...

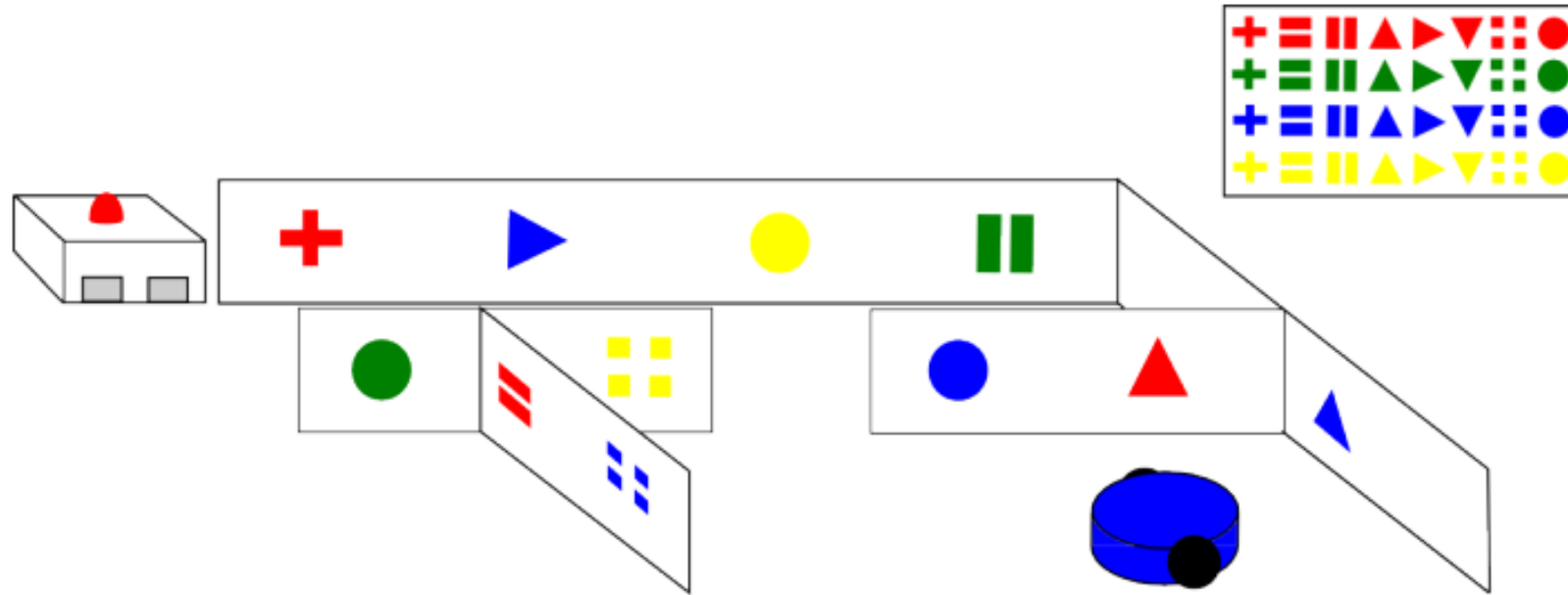


Ratslife Robots

۱. حرکت کاملا تصادفی: در صورت داشتن صرفا سنسور برخورد با دیوار

۲. دنبال کردن دیوار راست: در صورت داشتن سنسور فاصله‌یاب از دیوار

تغییر صورت مسئله...

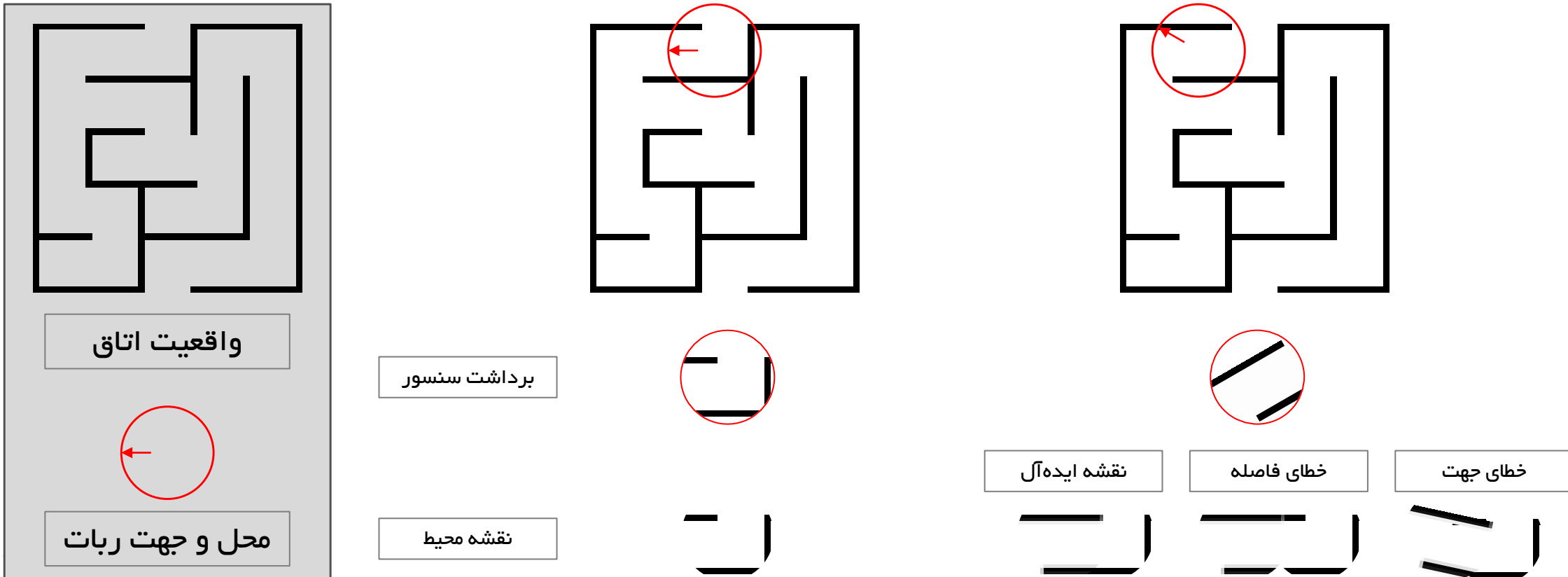


۳. در اختیار داشتن دوربین و تشخیص الگو، فاصله یاب و کیلومتر شمار یا ادومتر

مکان یابی شما در این صورت چه تغییری خواهد کرد؟

چالش‌های یک ربات خودگرا متحرک

- SLAM: مکان‌یابی و نقشه‌برداری همزمان
- ادغام اطلاعات سنسورها با شمارش قدم‌ها و جهت‌یابی خود با مشخصات متمایز محیطی



چالش‌های یک ربات خودگراان متحرک

برای پیاده‌سازی استراتژی‌های مورد نظر در واقعیت باید به سوالات زیر پاسخ داده شود:

- ربات چگونه حرکت میکند؟ چرخش چرخ‌ها چه تاثیری بر مکان و سرعت آن دارد؟
- برای دستیابی به مقصد مورد نظر چگونه باید سرعت چرخ را تعیین کرد؟
- چه سنسورهایی برای ادراک محیط اطراف توسط ربات وجود دارد؟
- چگونه می‌توان انبوه اطلاعات سنسورها اطلاعات ساختار یافته استخراج کرد؟
- چگونه می‌توان خود را در دنیا مکان‌یابی کرد؟
- خطا را چگونه می‌توان نمایش داد؟ و چگونه با وجود عدم قطعیت تصمیم‌گیری کرد؟

چالش‌های یک ربات خودگراان متحرک

برای پیاده‌سازی استراتژی‌های مورد نظر در واقعیت باید به سوالات زیر پاسخ داده شود:

- ربات چگونه حرکت میکند؟ چرخش چرخ‌ها چه تاثیری بر مکان و سرعت آن دارد؟
- برای دستیابی به مقصد مورد نظر چگونه باید سرعت چرخ را تعیین کرد؟
- چه سنسورهایی برای ادراک محیط اطراف توسط ربات وجود دارد؟
- چگونه می‌توان انبوه اطلاعات سنسورها اطلاعات ساختار یافته استخراج کرد؟
- چگونه می‌توان خود را در دنیا مکان‌یابی کرد؟
- خطا را چگونه می‌توان نمایش داد؟ و چگونه با وجود عدم قطعیت تصمیم‌گیری کرد؟

مثلات، جبر خطی و نظریه احتمالات

مثلات پایه، نمایش ماتریس، قضیه بیز، و مفهوم توزیع احتمالاتی

چالش‌های بکاربری ربات خودگران متحرک

- **مهارت...** بستن دکمه لباس، تایپ کردن با استفاده از کیبورد، نوشتن روی یک تکه کاغذ
- دستکاری اشیاء با دقت بالا
- طیف وسیعی از شدت زور
- طیف وسیعی از توانایی‌های حسی
- برخی اعمال خارج از توانایی: عبور نخ از حفره‌های پارچه، سفت کردن پیچ، فرو کردن میخ...
- با بکارگیری **ابزار درست** به راحتی ممکن می‌شود...
- مهارت **بازوی رباتیک** در مقایسه با **بازوی انسان**...
- با ابزار صحیح حتی بهتر از انسان... **تاثیرگذار نهایی** یا end-effector: سریع‌تر و دقیق‌تر
- کاهش **تطبیق‌پذیری** به دلیل استفاده از ابزار خاص

جمع‌بندی

- بهترین راه حل تابعی است از:
 - سنسورهای موجود
 - توانایی‌های محاسباتی
 - توانایی‌های ارتباطی ربات
- مصالحه بین کمینه کردن منابع مورد استفاده و کارایی مانند سرعت، دقت و اتکا پذیری
- تفاوت مسائل رباتیک و هوش مصنوعی خالص
 - سر و کار داشتن با سنسورها و عملگرهای غیر قابل اطمینان و دارای خطا
 - غیر قابل اطمینان بودن سنسور، عملگرها و لینک‌های ارتباطی
 - نیازمند نمایش احتمالاتی سیستم و استدلال عدم قطعیت

منابع درس (اختیاری)

• اسلایدهای درس

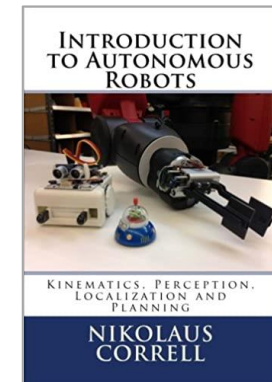
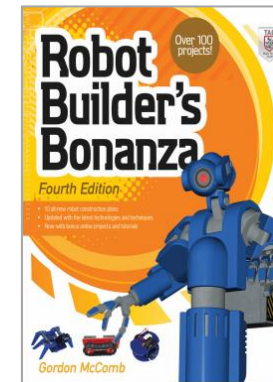
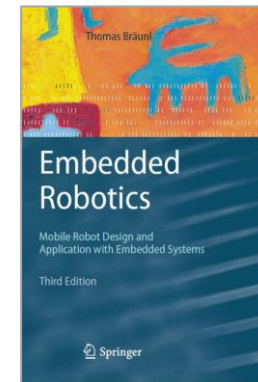
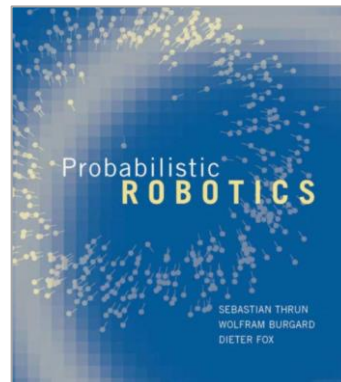
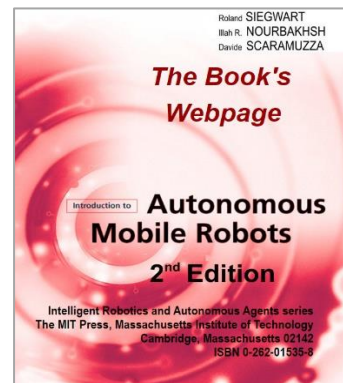
• *Introduction to Autonomous Mobile Robots, 2nd Edt.*, Roland Siegwart and Illah R. Nourbakhsh, MIT Press

• *Probabilistic Robotics*, Sebastian Thrun, Dieter Fox and Wolfram Burgard

• *Embedded Robotics: Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems, 3rd Edt.*, Bräunl, Thomas

• *Robot Builder's Bonanza, 4th Edt.*, Gordon McComb

• *Introduction to Autonomous Robots, v1.9*, Nikolaus Correll



مباحث و سرفصل مطالب

- مقدمه (بازوهای رباتیک ربات‌های سیار)
- طراحی ربات‌ها
- توصیف موقعیت و تبدیلات همگن
- سینماتیک ربات
- سنسورهای ربات (انواع سنسورها، اندازه‌گیری و کالیبراسیون)
- محرک‌ها، درایوها و موتورها
 - موتورهای DC
 - موتورهای پله‌ای
 - سرو موتورها
- چرخ دنده‌ها
- مدولاسیون PWM
- اصول و مبانی کنترل ربات، کنترل‌کننده‌های PID
- ادراک ربات
- مکان‌یابی و نقشه‌برداری
- برنامه‌ریزی حرکت و ناوبری ربات
- شبیه‌سازی و برنامه‌نویسی ربات

نحوه نمره دهی

- حضور در کلاس
- تعداد غیبت مجاز: سه جلسه
- تمرین‌ها ۸ نمره ----- ۴ سری تمرین شامل بخش تئوری (۲۰ درصد) و عملی (۸۰ درصد)
- کوئیز سر کلاس ۲ نمره ----- ۶ سری کوئیز سر کلاسی، نمره ۴ کوئیز بهتر (هر کدام ۰.۵ نمره)
- امتحان پایان ترم ۴ نمره ----- از مباحث تئوری، مفهومی و محاسباتی
- پروژه ۶ نمره ----- بصورت گروه دو نفره شامل پیاده‌سازی - گزارش - فیلم
- در صورت عدم وجود حل تمرین تالار گفتگو بین دانشجویان برای هم‌افزایی ایجاد میشود
- میزان مشارکت و آموزش به دیگر دانشجویان نمره مثبت خواهد داشت

حل تمرین و اطلاع رسانی

- حل تمرین در هفته‌های آینده تعیین خواهد شد - احتمال زیاد نخواهیم داشت

سوالات ضروری: mjavan@aut.ac.ir

کانال تلگرام برای اطلاع رسانی‌ها: t.me/aut_ce_robotics