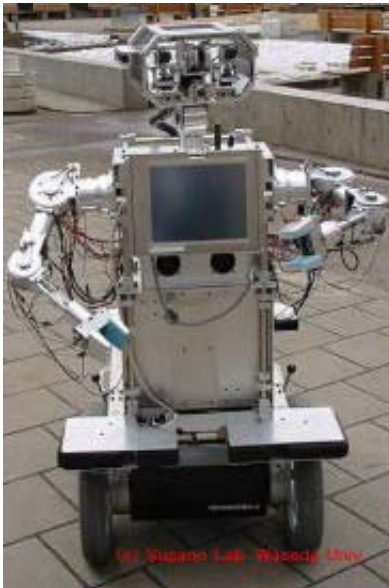


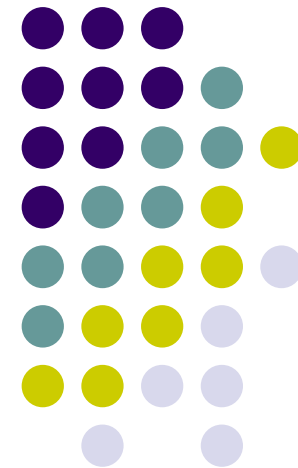
# Lekcija 1: *Uvod u mobilnu robotiku*



Prof.dr.sc. Jasmin Velagić  
Elektrotehnički fakultet Sarajevo

Kolegij: Mobilna robotika

2012/2013



# Kolegij: Mobilna robotika

**Predmetni nastavnik:** Prof.dr.sc. Jasmin Velagić, dipl.inž.el.

e-mail: [jasmin.velagic@etf.unsa.ba](mailto:jasmin.velagic@etf.unsa.ba)

tel.: 033 25 07 65

**Saradnici:**

**Mr.sc. Nedim Osmić**

**Mr.ing. Dinko Osmanković**

e-mail: [nedim.osmic@etf.unsa.ba](mailto:nedim.osmic@etf.unsa.ba)

tel.: 033 25 07 47

**Konzultacije:**

ponedjeljkom i četvrtkom 12-13, ili po dogovoru

**Načini provjere  
znanja:**

sudjelovanje u nastavi	(10%)
kolokvij laboratorijskih vježbi	(20%)
domaće zadaće	(10%)
seminarski rad	(30%)
završni ispit	(30%)



# Kolegij: Mobilna robotika

## Nastavne jedinice:

1. Uvod u mobilnu robotiku
2. Lokomocija mobilnih robota
3. Lokomocija nožnih robota
4. Nevizualni senzori
5. Vizualni senzori
6. Navigacija mobilnog robota
7. Odometrijska lokalizacija
8. Prikaz odometrijskih pogreški pomoću slučajnih varijabli
9. Lokalizacija korištenjem orijentira i EKF filtra
10. Gradnja mape
11. Upravljanje kretanjem mobilnog robota
12. Planiranje kretanja mobilnog robota
13. Algoritmi izbjegavanja prepreka i pretraživanja grafova
14. Planiranje kretanja zasnovano na uzorkovanju konfiguracijskog prostora
15. Višerobotski sistemi



# Kolegij: Mobilna robotika



4/53

## Preporučena literatura:

1. Jasmin Velagić, *Zabilješke s predavanja*, Elektrotehnički fakultet, Sarajevo, 2011, URL: <http://people.etf.unsa.ba/~jvelagic/laras/lectures.htm>
2. Velagić, J. (2012). *Mobilna robotika*, Sarajevo.
3. Dudek, G. & Jenkin, M. (2010). *Computational Principles of Mobile Robotics*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
4. Siegwart, R. & Nourbakhsh, I. (2011). *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

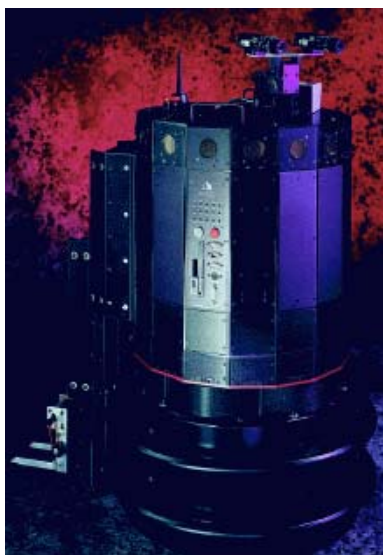
## Dodatna literatura:

1. Murphy, R. (2000). *Introduction to AI Robotics*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
2. Nehmzow, U. (2006). *Mobile Robotics: A Practical Introduction*, Springer Verlag, Heidelberg, Germany.



## 1.1. Definicija mobilnog robota

- **Mobilni robot:** “Robot koji posjeduje mobilnost s obzirom na svoju okolinu“.
- Mobilni roboti posjeduju sljedeća svojstva:
  - **mobilnost** – sistem se kreće kroz okolinu,
  - **određenu autonomnost** – ograničenu ljudskom interakcijom,
  - **inteligenciju** – opaža i reagira na svoju okolinu.



# Definicija mobilnog robota

- Sa stajališta sklopovske organizacije, roboti se mogu dekomponirati u sljedeće cjeline:
  1. **Mehanizam koji omogućuje kretanje robota kroz njegovu okolinu**, odnosno motori, prijenosnici i zupčanici neophodni za kretanje robota.
  2. **Računar ili skupina računara** za upravljanje robota.
  3. **Skupina senzora** od kojih robot dobiva informacije o svojoj okolini.
  4. **Komunikacijski sklopovi** koji omogućuju robotu komunikaciju sa operatorom i bilo kojim drugim vanjskim računarom.



# Definicija mobilnog robota

- Mobilna robotika je interdisciplinarno područje koje uključuje sljedeća znanstvena područja:
- *Strojarstvo* – dizajn vozila i mehanizama kretanja.
- *Elektroenergetika* – sistem napajanja, energetske pretvarači, pogonski motori.
- *Računarske znanosti* – predstavljanje znanja, obrada slike, obrada govora i algoritmi planiranja.
- *Elektronika* – upravljačka i komunikacijska elektronika.
- *Automatika* – integracija sistema, planiranje i upravljanje kretanjem mobilnih robota, senzori i komunikacije.
- *Psihologija, percepcija i znanost o neuronima* – razumijevanje kako biološki organizmi rješavaju slične probleme.





# Definicija mobilnog robota

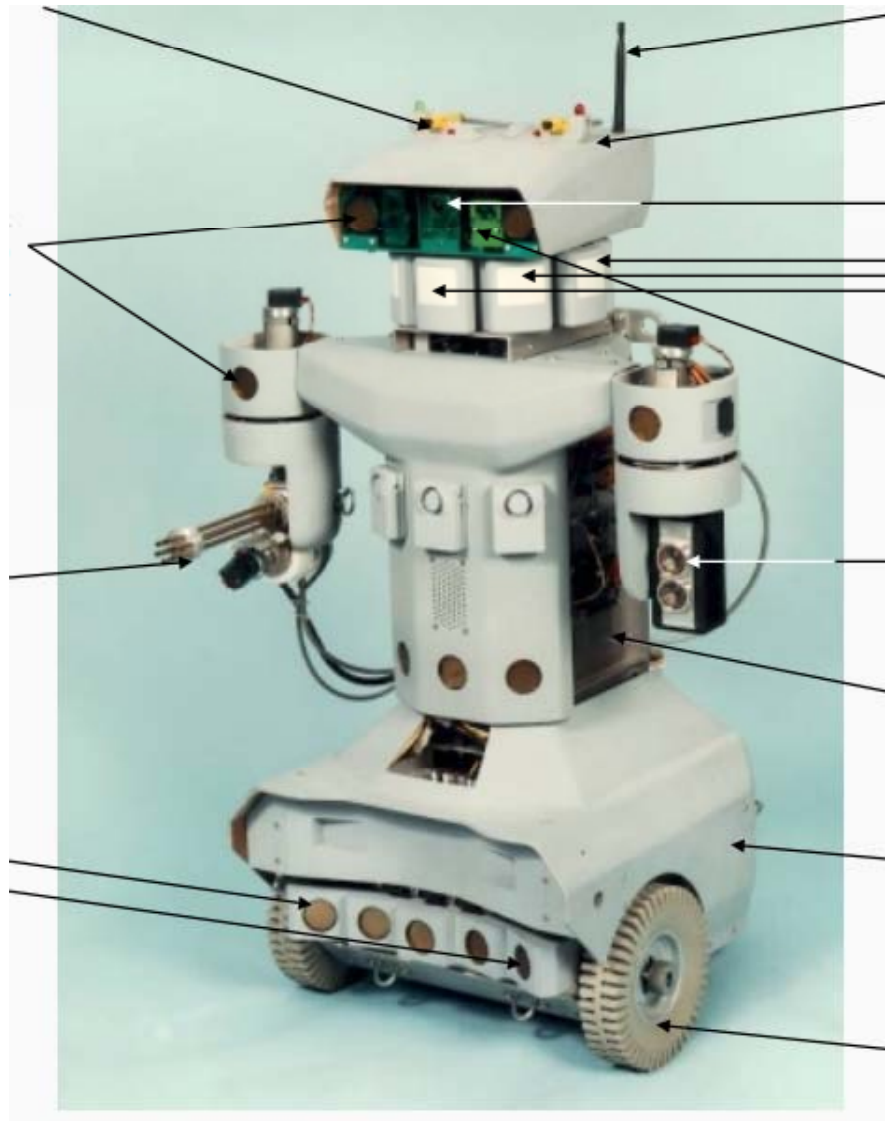
- Komponente mobilnog robota

Senzor blizine

Sonarni senzori

Pneumatska hvataljka

Niz sonarnih senzora



RF antena

Mikrofon

Video kamera

Prsten IR senzora

Mikrovalni detektor kretanja

Daljinomjer (range-finder)

Računar (upravljački sisetm), magnetski kompas, temperaturni davač

Izvor napajanja (12 V)

Kotač sa motorom i enkoderom





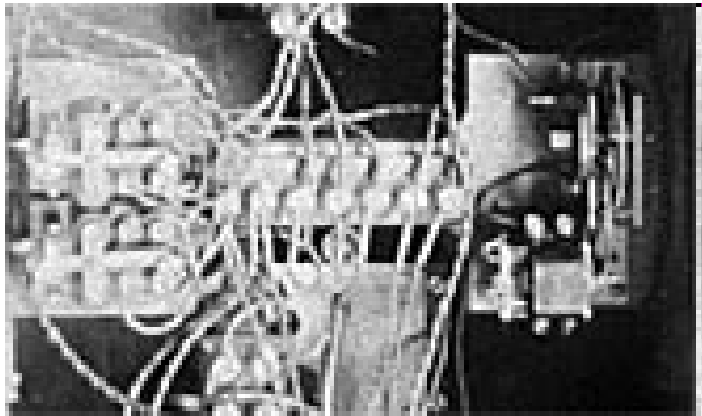
# Definicija mobilnog robota

- **Zahtjevi na mobilnog robota:**
  - Mora se ponašati na delibrativan način.
  - Mora reagirati na odgovarajući način na svoju okolinu.
  - Mora predosjetiti i moći rukovati neizvjesnim informacijama.
  - Mora biti robusan i tolerantan na kvarove.
  - Arhitektura mora biti inkrementalna i fleksibilna.



## 1.2. Historijski razvoj mobilnih robota

- Smatra se da je Nikola Tesla prvi razvio nekoliko različitih autonomnih mobilnih vozila.
- Nikola Tesla je 1890. godine razvio mobilnog robota koji je bežično upravlján preko radio valova.
- On je također izgradio i daljinski upravljano podvodno vozilo. Ovi roboti su imali elemente autonomnih mobilnih robota.



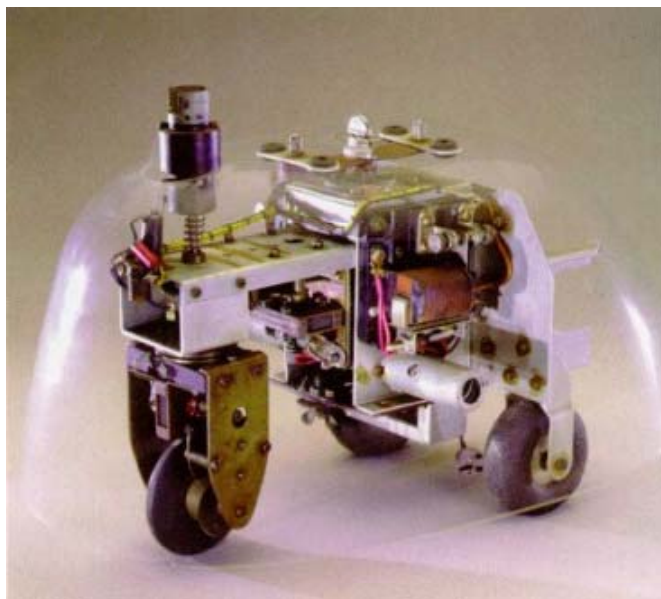
Unutrašnjost daljinski upravljánog Teslinog robota



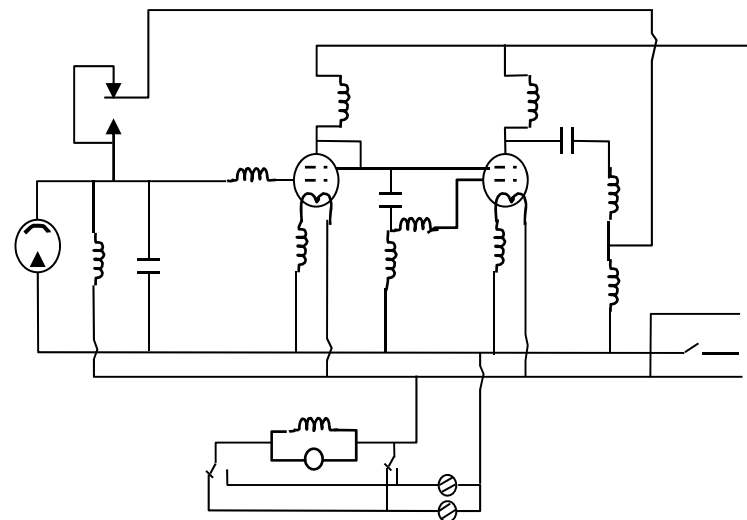
Teslin daljinsko upravljáni podvodni mobilni robot

# Historijski razvoj mobilnih robota

- Proces razvoja mobilnih robota koji posjeduju elemente inteligentnog ponašanja počinje od 1950. godine kada W. GRAY WALTER razvija robota kornjaču (*SPEKULATRIKS*).
- Mobilni roboti sa elektronskim cijevima (kornjača).



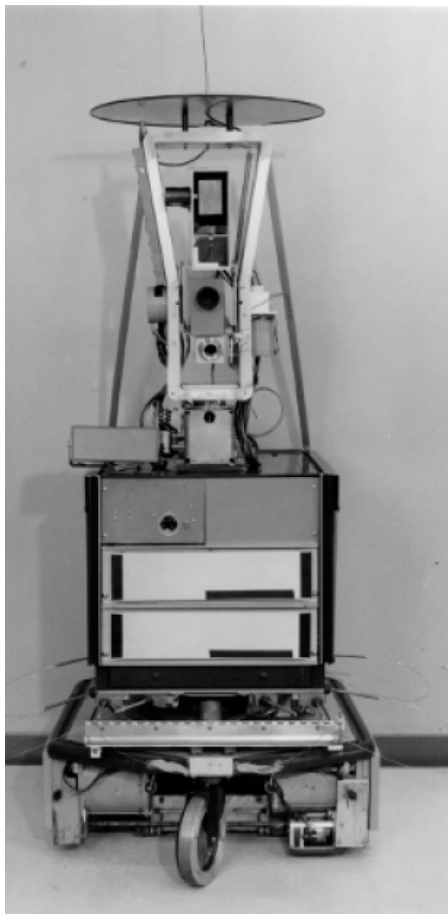
**Braitenbergerova kornjača**



Elektronsko upravljanje kornjače sa elektronskim cijevima, bilo je u mogućnosti generirati složena i nepredvidiva ponašanja prema interakciji njegovih senzora sa okolinom.

# Historijski razvoj mobilnih robota

- Do značajnijeg napretka razvoja mobilne robotike došlo je sa razvojem digitalnih računara.



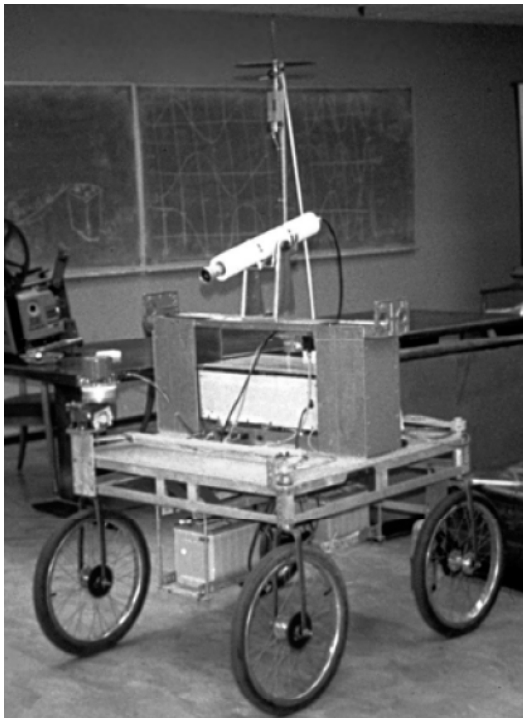
**Shakey**

**Shakey** (razvijen na Stanford University, SRI, 1966-1972) - Nils Nilssen et al.:

- Prvi mobilni robot koji je obavljao operacije zasnovane na tehnikama umjetne inteligencije.
- Koristio je dva koračna motora u diferencijalnom pogonu za lokomociju i bio opremljen senzorima osjetljivim na dodir.
- Također je posjedovao i optički daljinomjer za skeniranje područja i televizijsku kameru sa upravljivim fokusom.
- Komunikacija je omogućena sa dva radio kanala, jedan za video i drugi za prijenos komande i upravljanje.

# Historijski razvoj mobilnih robota

- Daljnji napredak u razvoju mobilne robotike na SRI-u u periodu između 1973. i 1979. godine, pod rukovodstvom Hansa Moraveca, je rezultirao u razvoju "Stanford card" mobilnog robota.



**Stanford card** (razvijen na Stanford University, SRI, 1973-1979) – Hans Moravec:

- Za lociranje objekata u okolini i planiranje kretanja uz istovremeno izbjegavanje opaženih prepreka, ovaj robot je koristio stereoviziju, odnosno sistem dviju kamera.

**Stanford card**

# Historijski razvoj mobilnih robota

- U to vrijeme je u Francuskoj razvijen dobro poznati mobilni robot HILARE (Briot, Talou i Bauzil, 1979) sa diferencijalnim pogonom za navigaciju u zatvorenim prostorijama.



**HILARE**

**Hilare** (1979) - Briot, Talou i Bauzil:

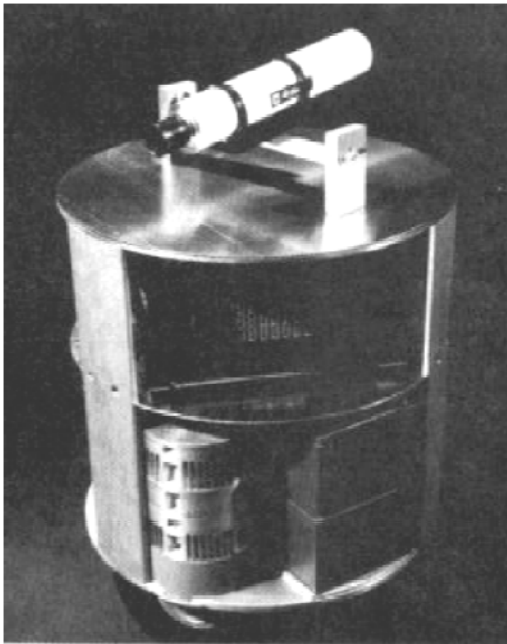
- HILARE mobilni robot je bio opremljen sonarnim senzorima, video kamerom i laserskim sistemom za skeniranje područja.



**Hilare II** (1990)

# Historijski razvoj mobilnih robota

- Na Carnegie Mellon univerzitetu je 1980 godine započeo projekat razvoja mobilnog robota Rover sa sinhronim pogonom (Moravec, 1983).



## CMU Rover (1983) - Moravec:

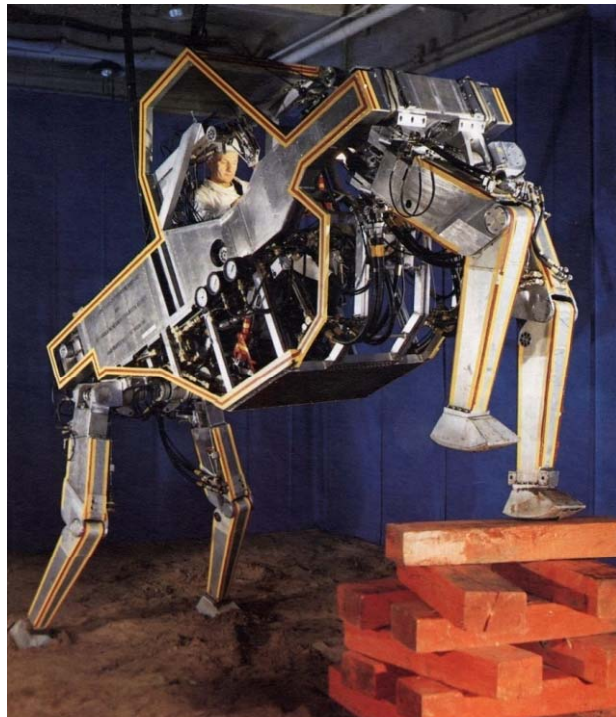
- Posjedovao je infracrvene, sonarne senzore i kameru i omogućavao je kretanja koja nije mogao ostvariti "Stanford cart" robot

CMU Rover



# Historijski razvoj mobilnih robota

- Paralelno sa razvojem navedenih robota sa kotačima razvijali su se i roboti sa nogama, odnosno nožni roboti. Njihov razvoj je počeo 1960.-tih godina.
- Među prvim razvijenim nožnim robotima najpoznatiji je General Electric Quadruped (Lithon i Mosher, 1968).
- Sve četiri noge ovog robota su se sastojale od po tri jednostavna zgloba, jedan za koljeno i dva za kuk.



**GE Quadruped**

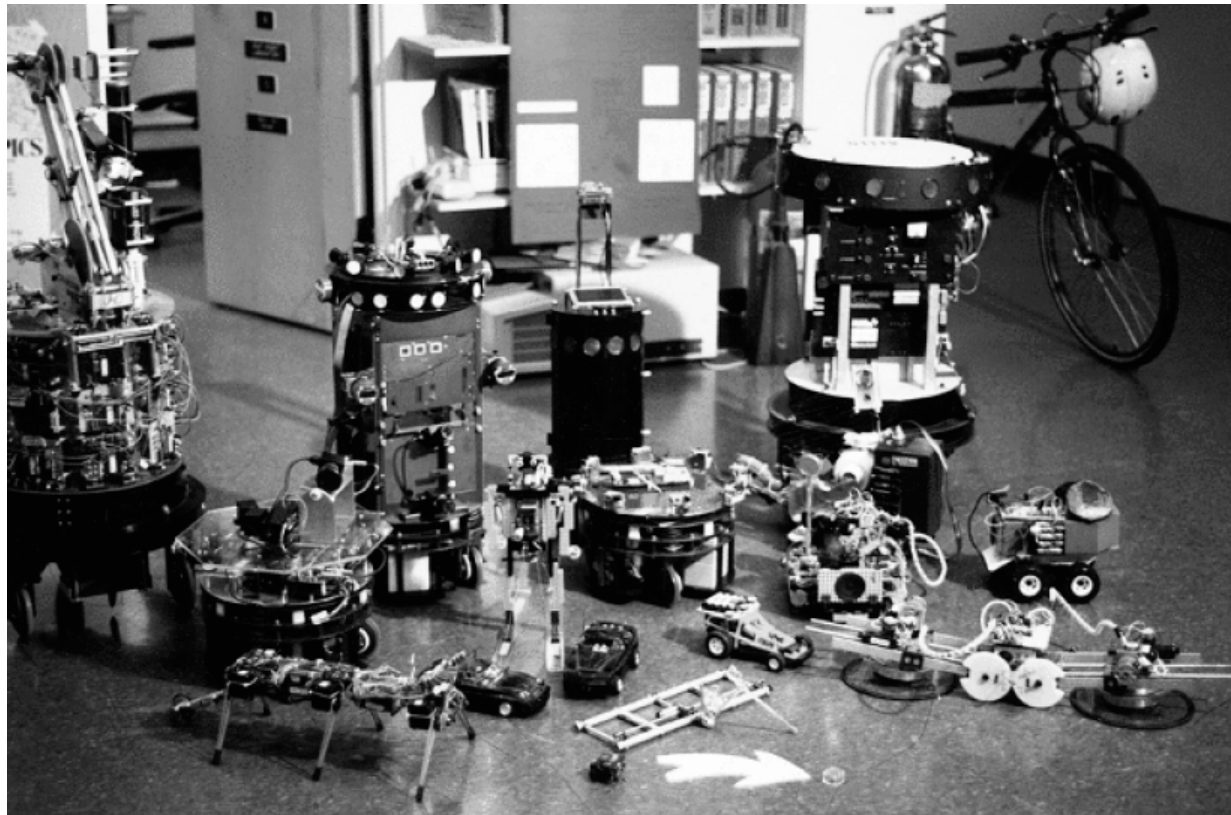


# Historijski razvoj mobilnih robota

- 1990.-tih godina dolazi do snažne ekspanzije u proizvodnji mobilnih robota.



17/53



Mobilni roboti razvijeni na MIT-u od 1985. do 2005. godine.

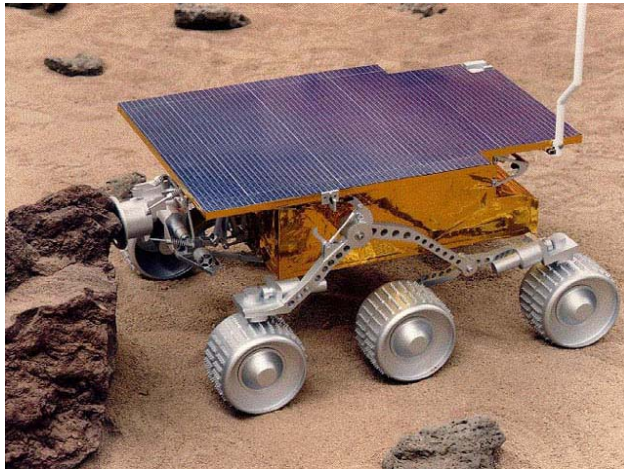
# Historijski razvoj mobilnih robota

- Razvoj komunikacijskih tehnologija, Interneta, bežičnih tehnologija i satelitskih veza, su otvorila nova područja razvoja mobilnih robota.
- S tim u vezi je posebno važan segment primjene robota u istraživanju udaljenih i neistraženih prostora, bilo u svemiru, bilo pod vodom.
- Prvi teleoperatorski upravljani mobilni robot korišten na Marsu je bio Sojourner.
- On je poslan na Mars u ljeto 1997. godine. Nakon toga je razvijen niz različitih robota koji su poslani na Mars.



# Historijski razvoj mobilnih robota

- Mobilni roboti za svemirska istraživanje (Mars)



**Sojourner**, 1997.



**Ames K10**

Opremljen sa:

- Vizualnim sistemom (tri kamere: naprijed dvije B&W stereo, 1 kolor pozadi).
- Laserskim sistemom za detekciju opasnosti).
- Alpha Proton [X-ray Spectrometer](#) ([APXS](#))
- Akcelerometrima,
- Potenciometrima, itd..



**Mars Rover**





# Historijski razvoj mobilnih robota

- Nogometni robotski timovi



Roboti sa kotačima



Dvonožni roboti

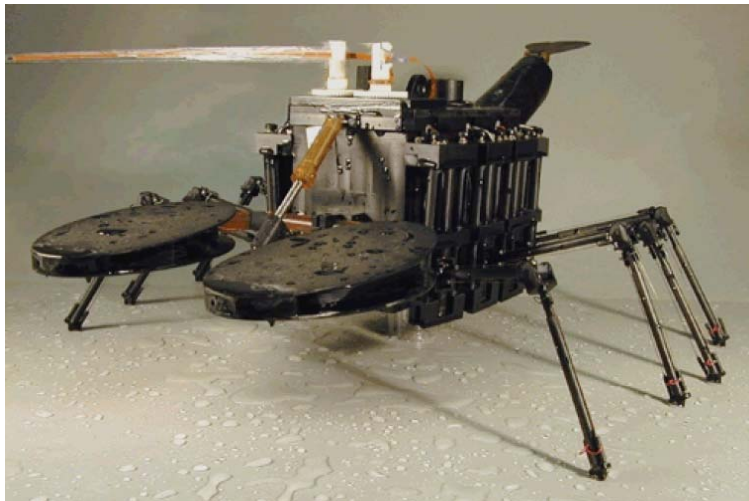


Četveronožni roboti



# Historijski razvoj mobilnih robota

- Biološki inspirirani roboti (biomimetic robots)



Autonomni podvodni robot



Par BiGDog mobilnih robota sposobnih da se kreću po ledu i nose velike terete do 154 kg.



Razvoj letjelica inspiriran određenom vrstom ptice.



# 1.3. Podjela mobilnih robota

## Podjela mobilnih robota

- Postoji više podjela mobilnih robota ovisno o vrsti pogona, lokomocije, terena, oblika, transportnom mediju, stupnju autonomnosti, itd.
- Ove značajke u velikoj mjeri određuju koji će se sistem upravljanja i navigacije primijeniti.
- Jedna od najvažnijih podjela mobilnih robota je s obzirom na *vrstu lokomocije* (kretanja):
  - **Roboti sa kotačima (engl. wheeled).**
  - **Roboti sa nogama (engl. legged).**
  - **Gusjeničari (engl. tracked).**
  - **Zmijoliki (pužuci) roboti (engl. serpentine).**

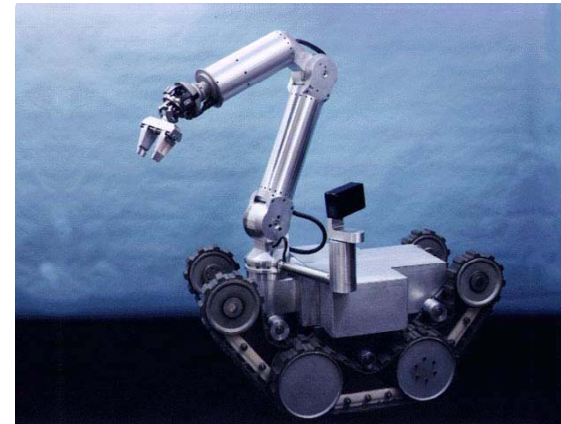




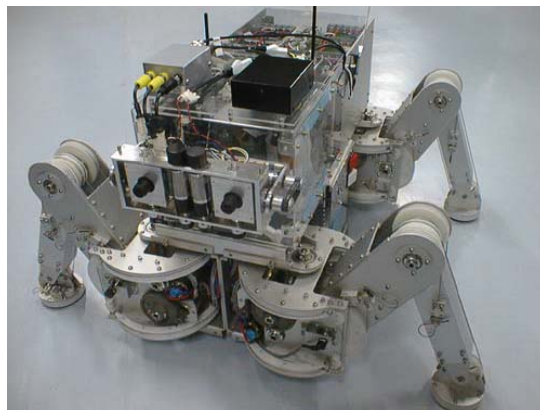
# Podjela mobilnih robota



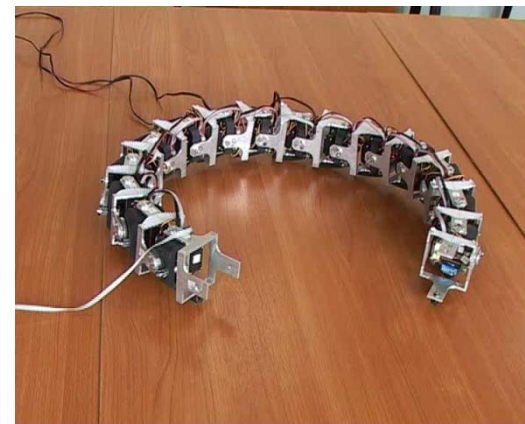
Robot na kotačima



Gusjeničari



Robot sa nogama (hodajući)



Pužuci (zmijoliki) roboti



## Podjela mobilnih robota

- Druga važna podjela mobilnih robota je prema *tipu pogona* koji koristi za kretanja:
  - **Diferencijalni pogon.**
  - **Sinhroni pogon.**
  - **Automobilski ili Ackermanov pogon.**
  - **Bicikl pogon,**
  - **Svesmjerni pogon (omnidirectional).**

} Neholonomske konfiguracije

} Holonomske konfiguracija.
- Treća važna podjela je s obzirom *na medij*:
  - **Zemlja.**
  - **Voda.**
  - **Gorivo.**
  - **Cijev.**
  - **Zrak.**
  - **Svemir.**
  - **Podvodno.**

# Podjela mobilnih robota



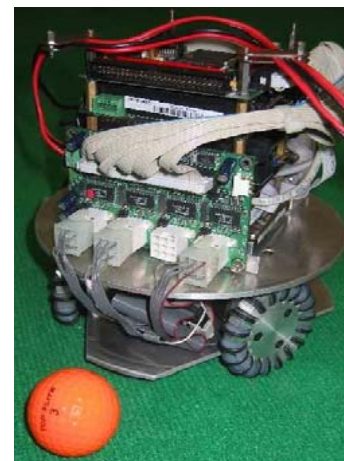
Robot s diferencijalnim pogonom



Robot s automobilskim pogonom



Robot sa sinhronim pogonom

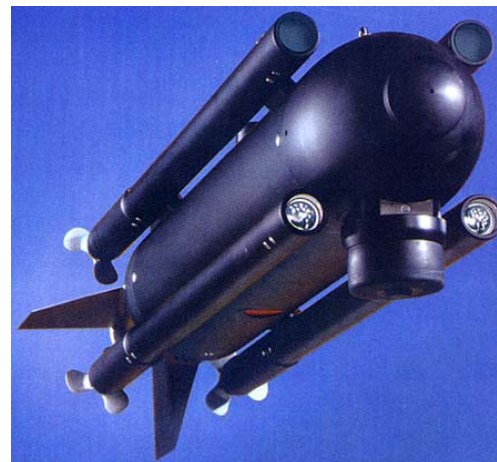


Svesmjerni pogon

# Mobilni roboti



Robot koji se kreće po zraku



Podvodni roboti



Roboti za svemirska istraživanja



Zemljani roboti (primjer čovjekolikog)

# Podjela mobilnih robota

- Postoje još i podjele s obzirom na:
  - *Vrstu terena koju savlađuju* (unutarnji ili vanjski prostori).
  - *Fleksibilnost tijela robota* (jedno i višetjelesni roboti, roboti s elastičnim ili krutim tijelom).
  - *Oblik tijela robota* (roboti s jednostavnom ili složenom strukturom, roboti u obliku insekata, itd.).
  - *Primjenu* (roboti za edukaciju, istraživački roboti, roboti za pružanje usluga, roboti za zabavu, itd.).
  - *Način nastanka* (modernizirana stara vozila, nova vozila)
  - *Razinu autonomije* (Kreću se od teleoperatora do robota sa punom autonomijom).

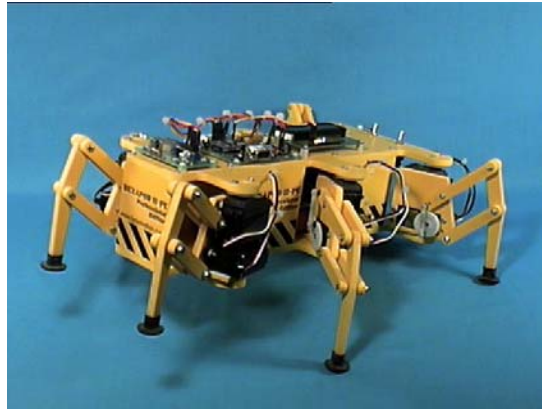




# Podjela mobilnih robota



28/53



Robot u obliku insekta



Robot za zabavu



Uslužni roboti



Istraživačke platforme (npr. turistički vodiči)

# Podjela mobilnih robota

## Autonomni mobilni roboti



Istraživanje i navigacija u unutarnjim prostorijama (PeopleBot robot)



Istraživanje i navigacija u vanjskim prostorima (Sekur robot)



## 1.4. Motivi razvoja i opravdanost korištenja

### Motivi razvoja i opravdanost korištenja mobilnih robota

- **Omogućuju pristup sredinama koje su:**
  - opasne za čovjeka, npr. eksplozivne i zapaljive sredine, minska polja,
  - bez zraka, sa prevelikim atmosferskim pritiskom, itd,
  - jako udaljene i zahtijevaju dosta vremena za savladavanje razdaljine (npr. Mars),
  - nedostupne, npr. mikroskopski prostori.
- **Smanjenje troškova:**
  - proizvodnje, zbog niske cijene zaposlenih robota,
  - općih, zbog smanjenja administracije, potrebnog prostora, itd.
  - održavanja, usljed jednoličnog i umjerenog tretmana opreme i samog robota.



# Mobilni roboti

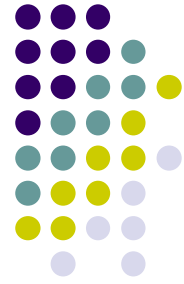
## Motivi razvoja i opravdanost korištenja mobilnih robota

- **Povećanje produktivnosti:**
  - veća raspoloživost robota, budući da nemaju propisano radno vrijeme,
  - manipuliranje većim teretima i brži rad u odnosu na čovjeka (rezanje, farbanje, brže kretanje),
  - smanjenje upotrebe skupih resursa.
- **Povećanje kvalitete proizvoda**
- **Obavljanje poslova koji su za čovjeka zamorni, dosadni, itd.**



## 1.5. Zadaci mobilnog robota - navigacija

- Sposobnost navigacije je jedan od najvažnijih zadataka koji se postavlja pred mobilne robote.
- Glavni problemi u navigaciji mobilnog robota proizlaze iz **složenosti robotske okoline**, **nepredviđenosti unutar okoline** i **neizvjesnosti uzrokovanih nepouzdanošću percepcije i nesavršene interakcije robota i okoline**.
- Uzroci ovih problema su **nekompletno znanje o okolini**, **neprediktivnost okoline**, **nesavršenost senzora**, **nesavršenost pogona** i **ograničenost vremena**.
- Najveći izazov u mobilnoj robotici je ostati operativan, uprkos nepredviđenim i opasnim situacijama.

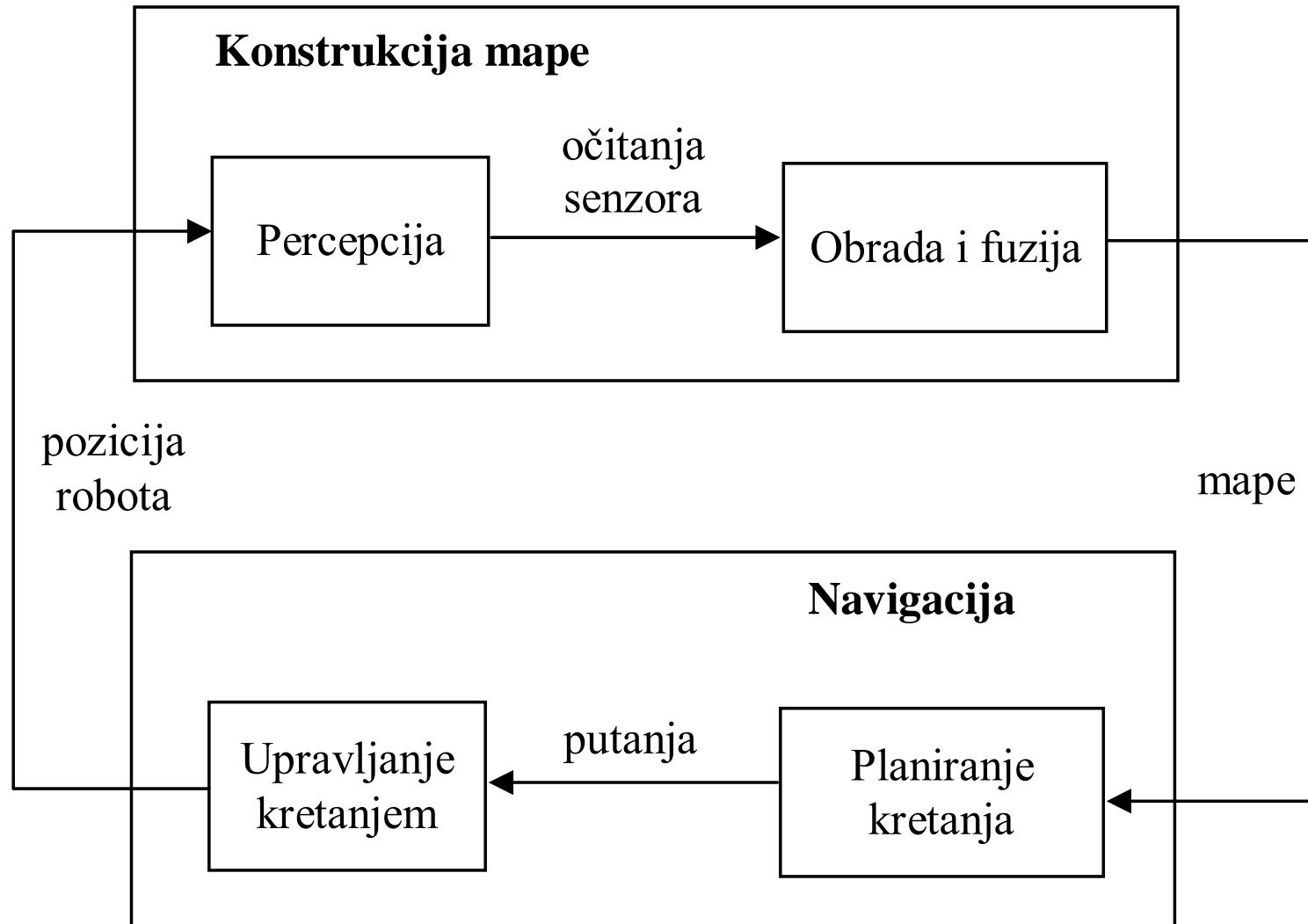


# Zadaci mobilnog robota - navigacija

- **Gradnja mape** je proces koji uključuje konstrukciju mape na temelju mjerenja senzora dobivenih sa različitih robotskih lokacija. Ispravan tretman senzorskih informacija i lokalizacija robota su ključne tačke u procesu gradnje mape.
- **Lokalizacija** je proces dobivanja znanja o stvarnoj poziciji robota ili lokaciji na temelju mjerenja senzora i trenutne mape. Tačna mapa i precizni senzori su bitni za postizanje dobre lokalizacije.
- **Planiranje kretanja** zahtijeva generiranje izvodivih i sigurnih trajektorija na temelju važeće trenutne mape iz trenutne u ciljnu lokaciju robota. Za ovo je potrebna precizna mapa i dobra lokalizacija.
- **Upravljanje kretanjem** generira upravljačke signale na aktuatoru koji omogućuju izvršavanje zahtijevanih kretanja (trajektorija).



# Zadaci mobilnog robota - navigacija



# Zadaci mobilnog robota - navigacija

- Robot rješava dva glavna problema: **izbjegavanje prepreka** i **kretanje ka cilju**.
- **Problem izbjegavanja prepreka** može se riješiti korištenjem lokalnih informacija.
- U slučaju neprediktabilnog okruženja ovaj problem se ne može unaprijed riješiti, budući da robot treba osjetiti (detektirati) prepreke prije njihovog obilaženja.
- Za razliku od izbjegavanja prepreka, **problem kretanja prema cilju** je globalni problem i ne može se riješiti samo na osnovu lokalnih informacija.
- Proces zaobilaženja prepreka u toku kretanja prema cilju može se tretirati i kao problem planiranja i rješava se na višoj upravljačkoj razini (high-level control) robotskog sistema.
- Algoritmi planiranja imaju za cilj omogućiti upravljanje na niskoj razini (low-level control) sa putanjom koja osigurava postizanje kretanja robota bez rizika od sudara sa okolnim objektima.



# Zadaci mobilnog robota - navigacija

- Zadaci mobilnih robota i njihova rješenja**



Mobilni roboti trebaju da	Rješenje
znaju gdje se nalaze	navigacija (estimacija pozicije)
znaju šta je oko njih	percepcija (opažanje)
modeliraju okolinu i svoj položaj u njoj	prikaz znanja
koriste prikaz trenutne situacije i ciljeva kretanja da bi zaključili šta je sljedeće što treba uraditi	planiranje
odluče o sljedećoj akciji čak i u slučajevima kada su prikazi nepotpuni i kada komande nisu uspješno izvedene	neizvjesnost
budu sposobni izvršiti i nadzirati tok odvijanja plana	upravljanje
posjeduju mogućnost ugradnje hardware-a	mehanizmi



# Zadaci mobilnog robota - navigacija

## Estimacija pozicije

- Primjeri potrebnih sposobnosti su:
  - mjerenja rotacije kotača,
  - mjerenja pozicije nožnih zglobova,
  - računanja pozicije  $(x, y)$  i orijentacije  $\theta$  u ravnini,
  - mjerenja brzine i napredovanja,
  - mjerenja brzine promjene položaja i linearnog ubrzanja,
  - računanja  $x, y, z, \varphi, \theta$  i  $\psi$  u 3d prostoru.



# Zadaci mobilnog robota - navigacija

## Upravljanje

- Primjeri potrebnih sposobnosti su:
  - upravljanja rotacijom kotača,
  - koordinacije svih kotača,
  - upravljanje brzinom,
  - upravljanja napredovanjem pokretne platforme,
  - koordinacije napredovanja i brzine,
  - slijeđenja prethodno definirane staze,
  - slijeđenja objekta,
  - pronalaženja objekta.



# Zadaci mobilnog robota - navigacija

## Percepcija (opažanja)

- Primjeri potrebnih sposobnosti su:
  - lociranja prepreka (detekcija prepreka),
  - klasificiranja terena,
  - mapiranja terena (gradnja mape),
  - identifikacije objekata (prepoznavanje objekata),
  - prikaz cijele okoline (modeliranje).



# Zadaci mobilnog robota - navigacija

## Planiranje

- Primjeri potrebnih sposobnosti su:
  - zaustavljanja ispred prepreke,
  - zaobilazanja prepreke (izbjegavanje prepreke),
  - planiranja kretanja do cilja (planiranje trajektorije),
  - planiranja sekvence trajektorija (planiranje rute),
  - replaniranja s obzirom na nove informacije,
  - prelaženja područja,
  - koordinacije više vozila (mobilnih robota).



# Zadaci mobilnog robota - navigacija

## Moguće komplikacije mobilnog robota koje otežavaju izvršenje zadatka:

- Prepreke mogu blokirati kretanje po zamišljenoj putanji.
- Mjerenja senzora mogu biti neprecizna ili pogrešna.
- Robot može ostati bez napajanja u toku kretanja.
- Kretanje može odstupati od predefiniране putanje.
- Robot se može susresti sa opasnim materijalima (voda).
- Nepredviđeni događaji uzrokuju neadekvatan odziv (djelovanje).



# Zadaci mobilnog robota - navigacija

## Najčešće softverske funkcije kod obavljanja zadataka navigacije:

- Prikupljanje i interpretacija mjerenja senzora (obrada senzorskih informacija, njihova fuzija i osvježavanje).
- Upravljanje kretanjem pokretnih dijelova mobilnog robota.
- Planiranje budućih aktivnosti (planiranje putanje, izbor sljedeće akcije,...).
- Reakcija na trenutne poteškoće (neizvjesnosti, nesigurnosti, pogreške,...).



## 1.6. Primjene mobilnih robota

- Mobilni roboti su prikladni za obavljanje zadataka koji u sebi uključuju jednu ili više sljedećih karakteristika:
  - Negostoljubivu okolinu koja je s ljudskog stajališta veoma opasna i veoma skupa.
  - Udaljenu okolinu u koju je slanje čovjeka-operatera preteško ili vremeniski predugo. Ekstremni primjer je područje nedostupno za čovjeka, kao što su mikroskopske sredine.
  - Zadaci sa veoma zahtjevnim ciklusima ili sa previše zamornim procedurama.
  - Zadaci koji su jako neprijatni za čovjeka.



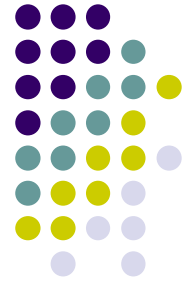
# Primjene mobilnih robota

## Medicinske usluge:

- pomoć bolesnicima: raznošenje (isporuka) hrane, vode, novina, rublja, itd.,
- pomoć ljekarima: dostava laboratorijskih uzoraka, lijekova, medicinskih dokumenata, specijalnih obroka, administrativnih izvještaja, opasnih materijala, bioloških otpadaka, itd.,
- pomoć apotekarima: farmacijska automatizacija u izdavanju lijekova.

## Komercijalno čišćenje aerodroma, supermarketa, šetališta, fabrika, itd.:

- tretman podova: pranje, metenje, brisanje, ribanje, poliranje, premazivanje, usisavanje, struganje, pranje šamponom, podizanje otpadaka, itd.,
- drugi neprijatni poslovi kao što su čišćenje kupatila, prozora, tapaciranje, itd.





# Primjene mobilnih robota

## Servisna industrija:

- prodaja u supermarketima
- usluživanje i naplaćivanje hrane u restoranima,
- punjenje rezervoara automobila.

## Poljoprivreda i šumarstvo:

- plijevljenje korova, rad na plantažama, primjene herbicida i insekticida, đubrenje, rezanje, košenje trave, sjetva i žetva, branje voća i povrća.
- njegovanje stabala (upotreba herbicida, insekticida, đubrenje),
- rezanje ili potkresivanje stabala,
- pošumljavanje.

## Održavanje nogometnih i golf terena



# Primjene mobilnih robota

## Opasni poslovi i dodir sa strujom:

- otkrivanje bombi i mina, njihovo vađenje i deaktiviranje,
- pregled nuklearnih centrala, parnih generatora,
- inspekcija uskladištenog opasnog otpada, rezervoara,
- pregled opasnih cijevi i cjevovoda,
- ispitivanje visokonaponskih vodova.

## Rudarstvo:

- eksploatacija površinskih kopova (bageri, utovarivači),
- prijevoz rude po zonama u rudnicima,
- automatizirano kopanje u rudnicima.

## Građevinski radovi:

- automatizirani kranovi,
- isporuka i ugradnja betona.



# Primjene mobilnih robota

## Svemir:

- kopneno ispitivanje svemirskih vozila,
- satelitsko ispitivanje preko orbita,
- planetarna istraživanja.

## Podvodni svijet:

- inspekcija bušenja platformi,
- prekookeansko postavljanje kablova i njihovo održavanje,
- istraživanja, npr. pronalaženja Titanica, ili recimo biljnog i životinjskog svijeta na velikim dubinama.

## Vojne svrhe:

- izviđanje,
- prevoz ranjenika,
- snadbijevanja trupa.





# Primjene mobilnih robota

## Prijevoz, skladištenje, rukovanje materijalima:

- utovar i istovar kamiona, vozova, brodova i aviona,
- održavanje skladišta u fabrikama.

## Osiguranje:

- prismotra velikih skladišta, zgrada, parkirnih garaža, itd.

## Civilni prijevoz:

- inspekcija aviona,
- upravljanje vozilima na autoputu.

## Pružanje pomoći hendikepiranim i starim osobama,

- osobna higijena, rad u kući, rekreacija,
- upravljanje i navigacija invalidskih kolica, gledanje pomoću robotskog vida.

## Zabava:

- robot-pas,
- robotski nogomet.

# Buduće primjene mobilnih robota

Mogu se očekivati u sljedećem:

- Prijevoz putnika (javni i privatni).
- Istraživanja neistraženih (ili dovoljno neistraženih) područja - okeani, svemir, pustinje,...
- Razminiravanje opasnih područja.
- Civilna zaštita (pronalaženje i spašavanje ljudi, izvlačenje iz požara,...).
- Sigurnost/prismotra (patrola, osmatranje i intervencija).
- Poslovi u domaćinstvu (čišćenje, peglanje,...).
- Zabava.
- Pomoćni poslovi (rukovanje i utovar krhkih (lomljivih) proizvoda, skupljanje i odlaganje smeća, ...).
- Oružja i strojevi za potrebe ratovanja.
- Naučna instrumentacija (hemijski skrining, sinhroton priprema,...).
- Edukacija (podučavanje ljudi,...).

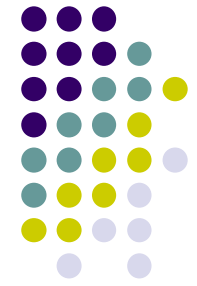


# Buduće primjene mobilnih robota

## Skupljanje i odlaganje smeća



## Podučavanje ljudi



## 1.7. Višerobotski sistemi

- **Višerobotski sistem** predstavlja skupinu dvaju ili više mobilnih robota koji zajednički obavljaju posao s namjerom postizanja željenog cilja.



# Višerobotski sistemi

- **"Zašto je skupina robota bolja od pojedinačnog robota?"**.
  - Pобољшanje performansi sistema (dekomponiranje zadatka + paralelno izvršavanje).
  - Izvršavanje zadataka koje pojedinačni robot ne može ostvariti.
  - Pобољшanje efektivnosti (brže izvršavanje posla).
  - Distribuirano djelovanje (veći broj lokacija).
  - Tolerancija na kvarove (robusnost).
  - Istraživanja u opasnim sredinama (zapaljive, eksplozivne, sredine bez zraka,...).
  - Troškovna efikasnost (veći broj manjih, jeftinijih robota).





# Višerobotski sistemi

- **Nogometni timovi robota**
  - RoboCup natjecanja.

