

Modelarea si simularea robotilor

Curs 1. Introducere in robotica

Cuprins

- ▶ Prezentarea cursului
- ▶ Bibliografie selectiva
- ▶ Concepte de baza in robotica
- ▶ Roboti paraleli
 - Definitie
 - Proprietati
 - Exemple
- ▶ Analiza comparativa intre robotii seriali si cei paraleli

Bibliografie selectiva

- ▶ Angeles, J., Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods, and Algorithms, Second Edition, Springer, 2003
- ▶ Asada, H., Slotine, J.J., Robot Analysis and Control, John Wiley, 1986.
- ▶ Ceccarelli, M., Fundamental of Mechanics of Robotic Manipulation, Kluwer, 2004.
- ▶ Craig, J., Introduction to Robotics, Addison-Wesley, Amsterdam, 1989.
- ▶ Handra-Luca, V., Mătieș, V., Brișan, C., Roboți, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1996.
- ▶ Handra-Luca, V., Brișan, C., Bara, M., Brad, S., Introducere în modelarea roboților cu topologie specială, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 2003.
- ▶ Kurfess, T. (ed), Robotics and Automation Handbook, CRC Press, 2005
- ▶ Lewis, F.L., Abdallah, C.T., Dawson, D.M., Control of Robot Manipulators, Mac Millan Publishing Company, New-York, 1993.
- ▶ Merlet, J.-P., Parallel robots, Kluwer Academic Publisher, Second Edition, 2006.
- ▶ Negrean, I., Cinematica și Dinamica Roboților • Modelare • Experiment • Precizie, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1999.

Bibliografie selectiva

- ▶ Pîslă, Doina, Simularea grafică a roboților industriali, Editura TODESCO, 184 pg., 2001.
- ▶ Pîslă, Doina, Modelarea cinematică și dinamică a roboților paraleli, Editura DACIA, 2005.
- ▶ Tsai, L.-W., Robot Analysis, The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- ▶ Mark W. Spong, Seth Hutchinson, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, First Edition, JOHN WILEY & SONS, INC., 2005.
- ▶ *** *www.parallemic.org*
- ▶ *** *www.lynxmotion.com*
- ▶ *** Matlab, Mathworks Inc., *www.matlab.com*
- ▶ *** Solid Edge, NX in Siemens PLM,
http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/plm/index.shtml
- ▶ *** Roboworks, www.newtonium.com.

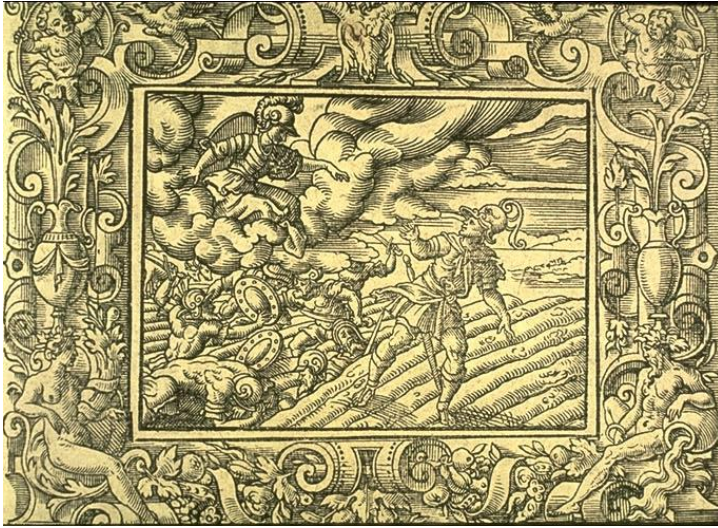
Robotica – scurt istoric

Istoria roboticii este începe dintr-o lume fantastică care reprezentat inspirația pentru a transforma fantastical în realitate. Istoria este presărată cu creativitate cinematică, ingenuitate științifică și viziune antreprenorială. Într-un mod surprinzător, însăși definiția robotului reprezintă o controversă în lumea roboticienilor. La unul din capetele spectrului se află versiunea science fiction a robotului, cea a unui model uman – android sau humanoid – cu caracteristici antropomorfe. În celălalt capăt al spectrului se află robotul repetitiv și eficient întâlnit în automatizările industriale. În standardul ISO 8373, robotul este definit ca fiind **„un manipulator universal, reprogramabil, având control automat și trei sau mai multe axe”**. Institutul de robotică din SUA definește robotul astfel: **„un manipulator universal, reprogramabil, conceput să deplaseze materiale, componente, scule sau sisteme specializate, prin diferite mișcări programate, pentru a îndeplini diferite sarcini ”**. O definiție care folosește o abordare total diferită este cea dată de Merriam-Webster, care vede robotul ca **„o mașină care arată ca și un om, și care realizează sarcini complexe (cum ar fi mersul sau vorbirea) caracteristice omului”**.

Robotica – *Influențe din mitologie*

Mitologia este presărată cu ființe supranaturale în toate culturile lumii. Conform unei legende din Grecia Antică, după ce a creat orașul Teba, **Cadmus a ucis un dragon** care îi omorâse mai mulți prieteni; după aceea, **Cadmus a plantat dinții dragonului în pământ**, iar din acel loc a apărut **o temută armată**. Un alt exemplu al mitologiei grecești este povestea lui **Pygmalion, un sculptor, care crează statuia unei femei din fildeș**; rugându-se zeiței Afrodita, dorința lui Pygmalion se îndeplinește **și statuia prinde viață**. Mitologia ebraică descrie **un golem, statuie din argilă sau piatră**, despre care se spunea că posedă un pergament cu puteri religioase și magice, care îi dă viață: golemul **efectua mișcări simple, repetitive însă era greu de oprit**. Epoca modernă îl prezintă, în cartea scrisă în 1818 de Mary Wollstonecraft Shelley, pe **Frankenstein**, o creatură pe care Victor Frankenstein o realizează din diverse materiale, inclusiv cadavre.

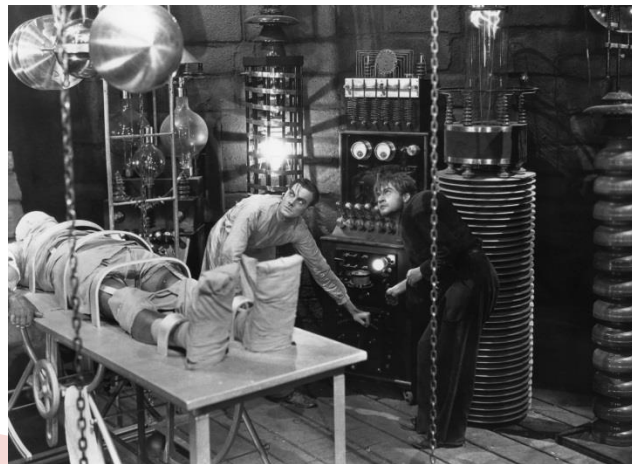
Robotica – Influențe din mitologie



Legenda lui Cadmus



Legenda lui Pygmalion



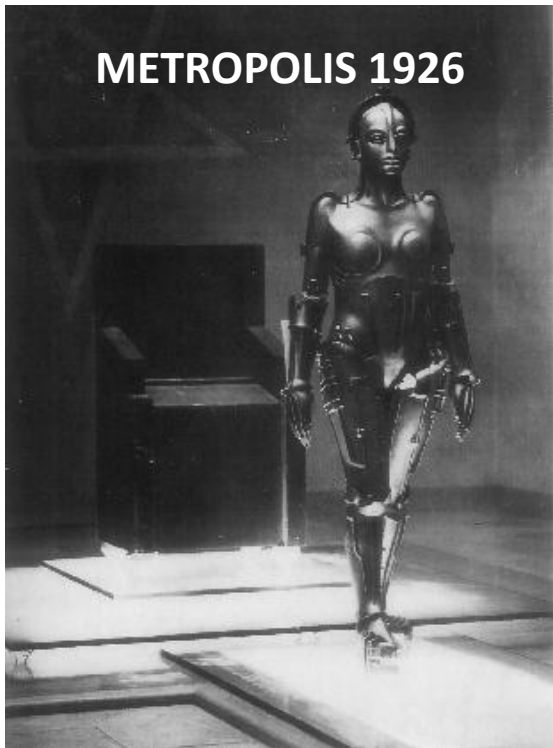
Frankenstein, 1931

Robotica - *Influențe din cinematografie*

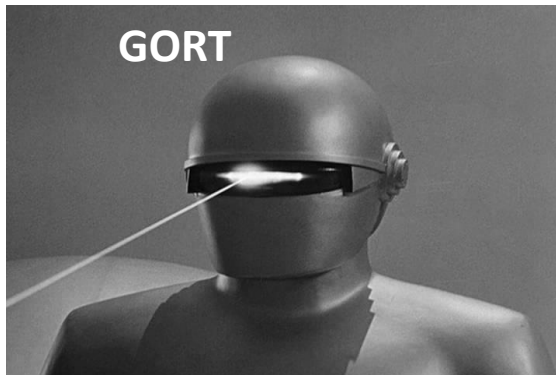
Cinematografia a dat viață, pe micul ecran, multor creaturi mitologice cu puteri supranaturale, și în plus a unui număr fără limită de noi creaturi artificiale. În **1926, în filmul „Metropolis”** regizat de Fritz Lang apare **primul robot din cinematografie**. Filmul din 1951 „The Day the Earth Stood Still” introduce **robotul Gort** și extraterestrul Klaatu, care ajunge în Washington în farfuria sa zburătoare. În 1956, în filmul „Forbidden Planet” îl introduce pe **robotul Robby**, unul dintre cele mai influente caractere în istoria cinematografeiei. În 1977, „Star Wars” dă viață celor mai cunoscuți roboți ai marelui ecran: **R2-D2 și C3PO**. Filmele și televiziune au dat viață acestor roboți care au avut atât roluri pozitive cât și negative. Chiar dacă într-o măsură mică, aceștia ilustrează fascinația și fantezia umană referitor la creaturi mecanice care posedă inteligență.

Robotica - *Influențe din cinematografie*

METROPOLIS 1926



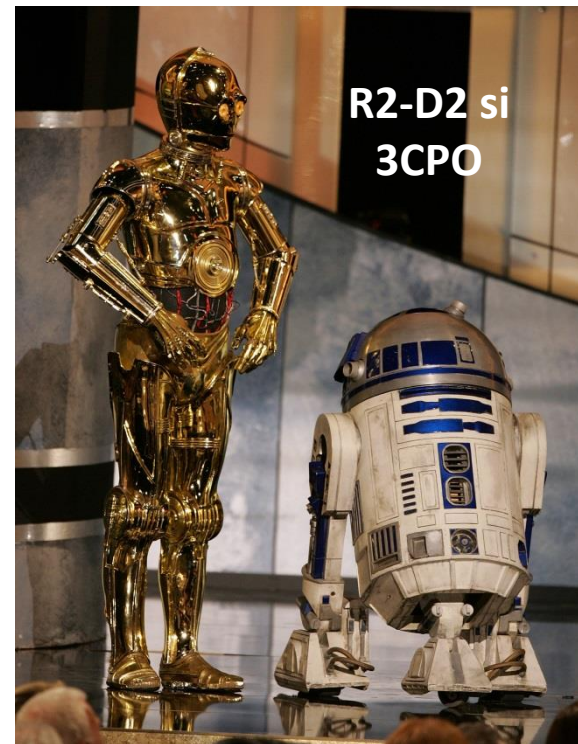
GORT



ROBBY

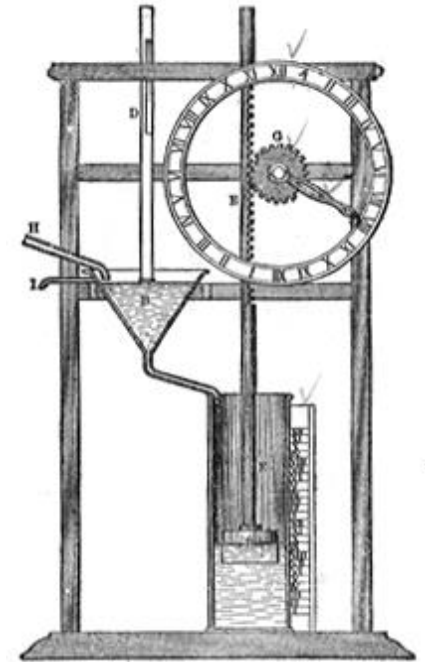


**R2-D2 si
3CPO**



Robotica – *Inventii din trecut*

Domeniul roboticii a evoluat de-a lungul mai multor milenii, fără a se face însă referire la cuvântul „robot” decât la începutul secolului XX. În anul 270 Î.C. fizicianul și inventatorul grec Ctesibus din Alexandria creează un ceas de apă, numit clepsidră, sau, așa cum a numit-o chiar autorul „hoțul apelor”. Antrenată de apă, clepsidra acționa un cilindru așezat pe un burduf și atașat unei roți dințate marcând astfel trecerea timpului. Întrucât mulți vizitatori pierdeau noțiunea timpului urmărind funcționarea acestui dispozitiv, inventatorul a făcut o paralelă afirmând că această invenție fura timpul oamenilor, de unde îi provine și al doilea nume.



Robotica – *Inventii din trecut*

Joseph Jacquard (1752-1834) este inventatorul primului sistem de automatizare. Acesta moștenește de la tatăl său o mică țesătorie, însă, în scurt timp fabrica dă faliment. J. Jacquard se dedică din acel moment încercării de a mecaniza procesul de țesătorie. Astfel, în 1801 acesta inventează un război de țesut care folosea un set de carduri găurite pentru a controla repetarea unor tipare în țesutul hainelor și al covoarelor. Acest sistem a fost preluat, un secol mai târziu, de Charles Babbage, care a inventat un calculator automat, al cărui principii au pus mai târziu bazele dezvoltării calculatoarelor și al limbajelor de programare.

Robotica – *Inventii din trecut*



Război de țesut cu cartele perforate

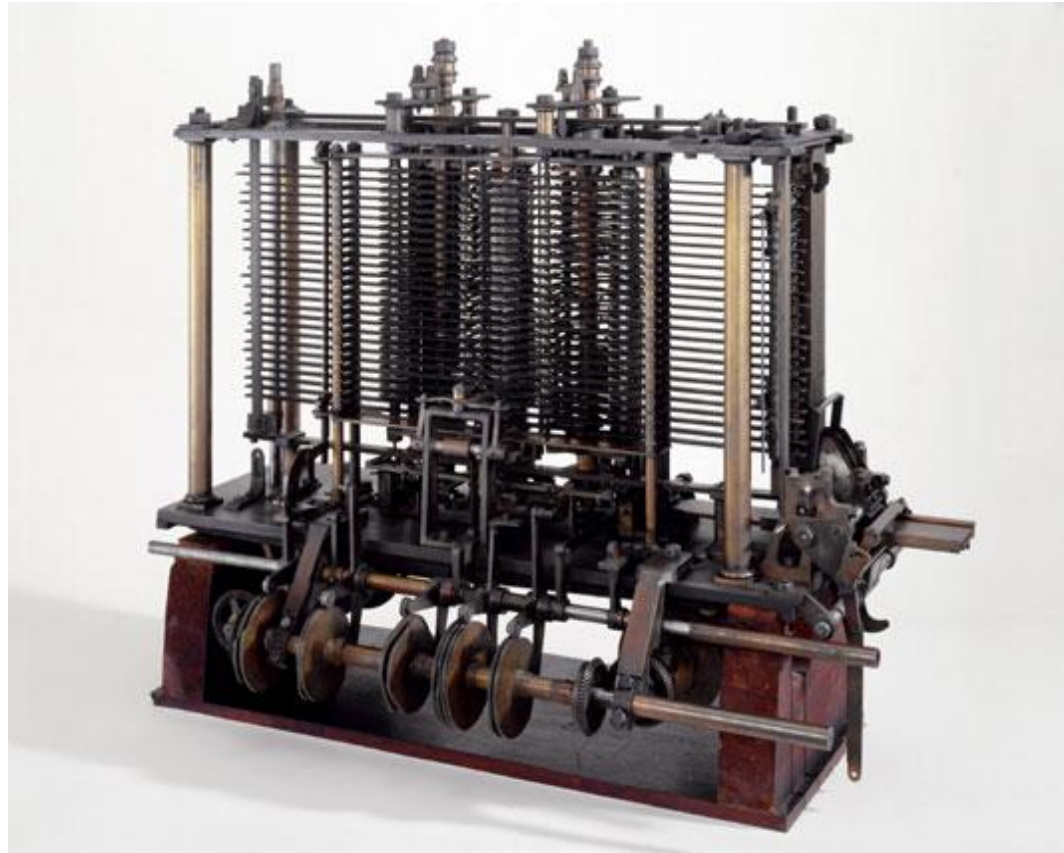


Portretul lui J.M. Jacquard,
brodat din mătase

Robotica – *Inventii din trecut*

Unul din portretele lui Jacquard a aparținut lui Charles Babbage, de a cărui nume este legat conceptul de calculator programabil. Considerat părintele calculatorului, Babbage a dezvoltat primul calculator mecanic, cunoscut sub numele „Difference Engine”, urmat de un al doilea model, „Analytical Engine” conceput ca un calculator mecanic de uz general. Acest al doilea model este expus în prezent în Muzeul de Știință din Londra (Marea Britanie).

Robotica – *Inventii din trecut*

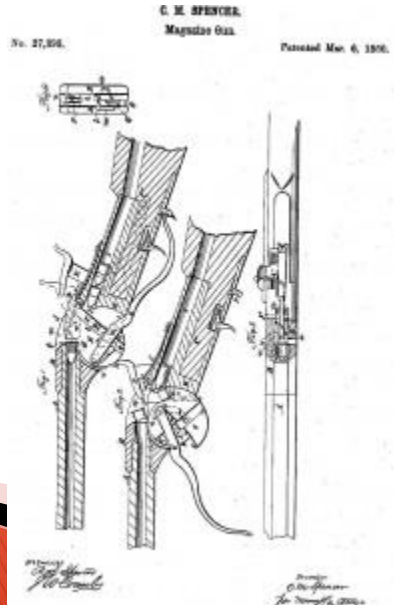
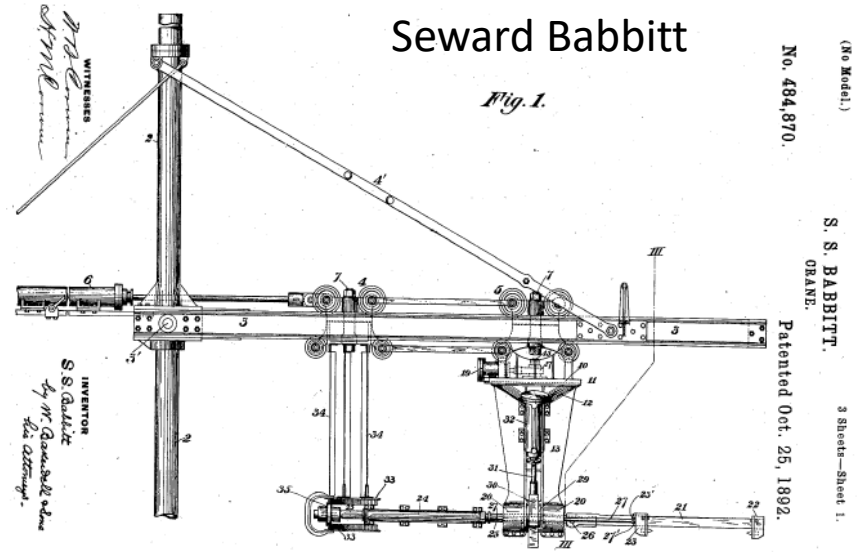


Calculatorul „Analytical Engine” dezvoltat de C.
Babbage

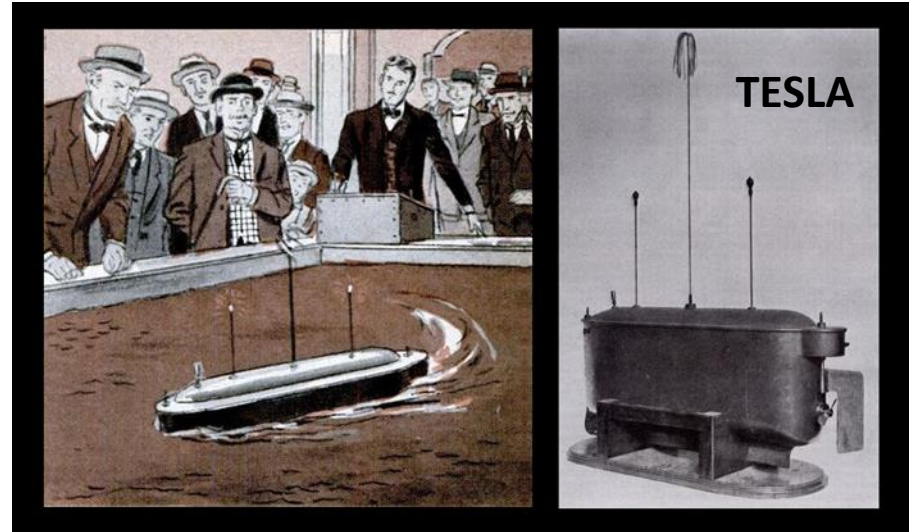
Robotica – *Inventii din trecut*

Inventatorul puștii automate, Christopher Miner Spencer (1833-1922) este creditat și cu punerea bazelor industriei mașinilor cu șurub. În 1873 Spencer patentează un strung care avea ca și componente un arbore cu came și un sistem de avans automat. În 1892, Seward Babbitt realizează o macara motorizată care folosea un gripper mecanic utilizat pentru extragerea lingourilor din furnal, sistem care este folosit cu 70 ani înainte ca General Motors să lanseze primul robot care îndeplinea aceeași sarcină. În 1890, marele inventator Nikola Tesla (1856-1943) realizează primul vehicul telecomandat, o barcă comandată prin radio.

Robotica – Inventii din trecut



**Christopher
Miner Spencer**



Prima utilizare a cuvântului robot

Cuvântul **robot** nu a existat în vocabularul industrial sau cel al scriitorilor, până în 1920 când Karel Capek (1890-1938), dramaturg ceh, a scris o piesă de teatru, *Rossum's Universal Robot*, care a avut premiera în Praga în 1921, fiind apoi jucată în Londra (1921), New York (1922) și publicată în limba engleză în 1923. În această piesă de teatru, tema dezvoltată de Capek este cea a unor muncitori creați de om, dezvoltați pentru a automatiza și ușura munca omului. În timp ce Capek scria piesa, i-a cerut sfatul fratelui său mai mare, legat de un nume pentru aceste creaturi. Acesta a răspuns sec: *robot*. În limba cehă, *robotnik* face referire la țărani, servitori în timp ce *robota* înseamnă supunere, servire.

Prima utilizare a cuvântului robotică

Isaac Asimov (1920-1992) s-a dovedit a fi unul dintre scriitorii de science fiction care a avut un impact deosebit asupra roboticii. Asimov realizează o serie de povestiri scurte în care apar diferite teme care implică roboți. Astfel, în lucrarea „Runabout” publicată în 1942 apar, într-o formă concisă și compactă renumitele „Trei Legi ale Roboticii” (la care în 1985 autorul adaugă și legea zero):

- ▶ *Legea Zero*: Un robot nu poate face rău umanității, și nu poate prin inactivitate să permită acțiuni distructive asupra umanității.
- ▶ *Prima Lege*: Un robot nu are voie să facă rău unui om, sau prin inactivitate să permită acțiuni distructive asupra unui om, doar dacă acesta a încălcat o lege superioară acesteia.
- ▶ *A Doua Lege*: Un robot trebuie să asculte de ordinele primite de la oameni, excepție făcând acele ordine care intră în conflict cu o lege superioară acesteia.
- ▶ *A Treia Lege*: Un robot trebuie să își protejeze existența, atâta timp cât această protecție nu intră în conflict cu legi superioare acesteia.

Începuturile roboticii industriale

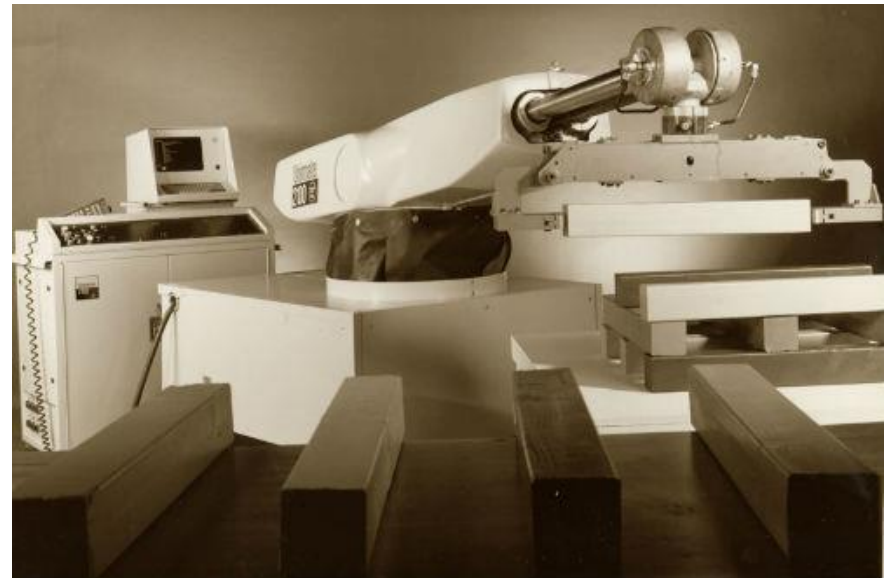
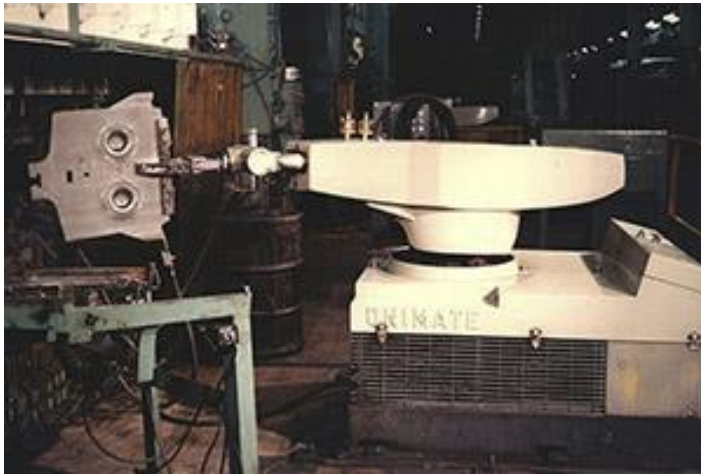
După Al Doilea Război Mondial, America a trecut printr-o puternică dezvoltare industrială și o creștere economică semnificativă. În dezvoltarea tehnologiei și a științei, un rol important a avut-o colaborarea dintre **Joseph F. Engelberger**, un pasionat de știință, absolvent al universității Columbia și activist în fizica nucleară, și **George C. Devol**, un om de știință cu importante invenții în automatizare. După ce s-au întâlnit la un cocktail, în 1956, s-au hotărât să colaboreze în **crearea unui robot industrial**.

Începuturile roboticii industriale

Engelberger a cumpărat compania unde Devol era angajat redenumind-o „Consolidated Controls Corporations”. Primul robot industrial a fost creat în 1961 și se numea „the Unimate”, după tehnologia inventată de Devol numită „unimation”, și a fost cumpărat de General Motors. În 1962, cu sprijinul „Consolidated Diesel Electric Company”(Condec) și a „Pullman Corporation” , Engelberger a fondat compania „Unimate Inc.”, care a devenit lideră mondială în robotică. Datorită muncii sale, **Engelberger este considerat „tatăl roboticii industriale”**, iar în omagiul său, anual, se decernează premiul care îi poartă numele pentru cea mai de succes companie din domeniul roboticii.

Începuturile roboticii industriale

Citat din brevetul robotului **Unimate**: *“The present invention relates to the automatic operation of machinery, particularly the handling apparatus, and to automatic control apparatus suited for such machinery.”*

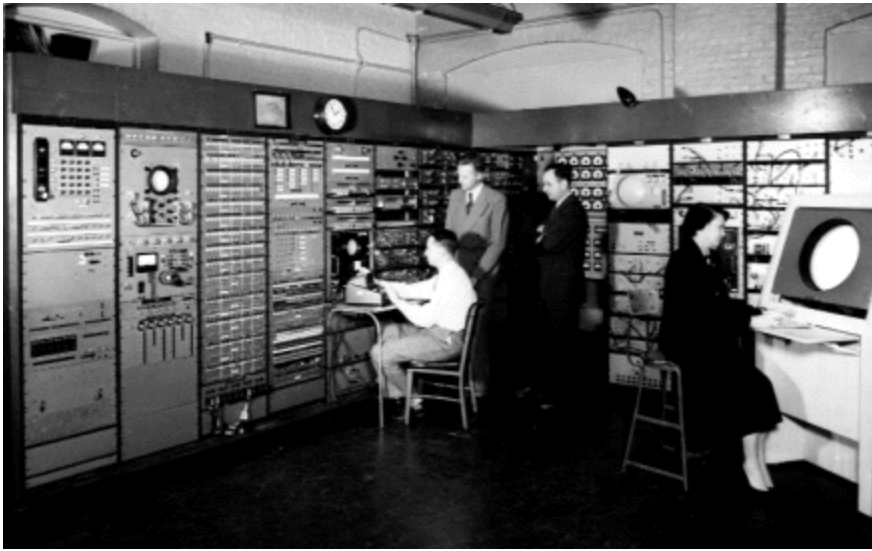


Începuturile roboticii industriale

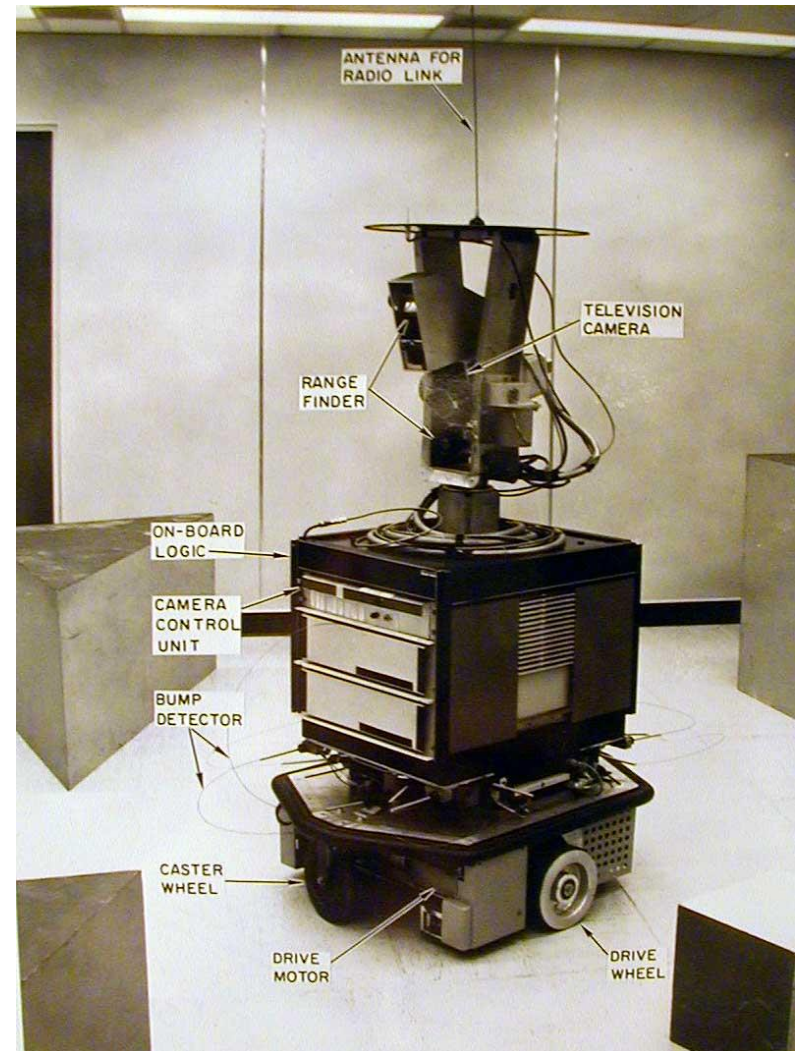
Perioada postbelică a fost gazda unei explozii tehnologice în America. În 1946, a fost creat ENIAC, primul calculator electronic digital, care cântărea 30 de tone. Pe lângă ENIAC, o altă creație a fost Whirlwind, adus pe lume de Jay Forrester și echipa sa de la MIT, care era capabil să realizeze în timp real operații și folosea un display video ca mecanism de output.

În 1946, a fost fondat institutul de cercetări de la Stanford (SRI), care în 1966, și-au dezvoltat secțiunea de inteligență artificială (AIC), reprezentând un pionierat în acest domeniu. Eforturile și munca lor au determinat apariția lui Shakey, primul robot mobil, care reacționa la informațiile primite din mediu. Era dotat cu cameră video, raza de căutare de tip triunghiular, senzori de atingere și era conectat la calculator. Reflexele sale de cel mai mic nivel erau mișcări, rotiri, iar cele de nivel maxim de dificultate constau în îndeplinirea misiunilor primite de către un utilizator.

Începuturile roboticii industriale



WHIRLWIND



SHAKY

Începuturile roboticii industriale

Fiind la început o organizație non-profit, SRI s-a despărțit de universitatea Stanford în 1977 și a devenit o companie internațională. Până în prezent, SRI au dezvoltat robotica în multe domenii, un exemplu fiind MAGPIE, un robot făcut să circule prin conducte înguste, putând astfel să fie verificate structura acestora.

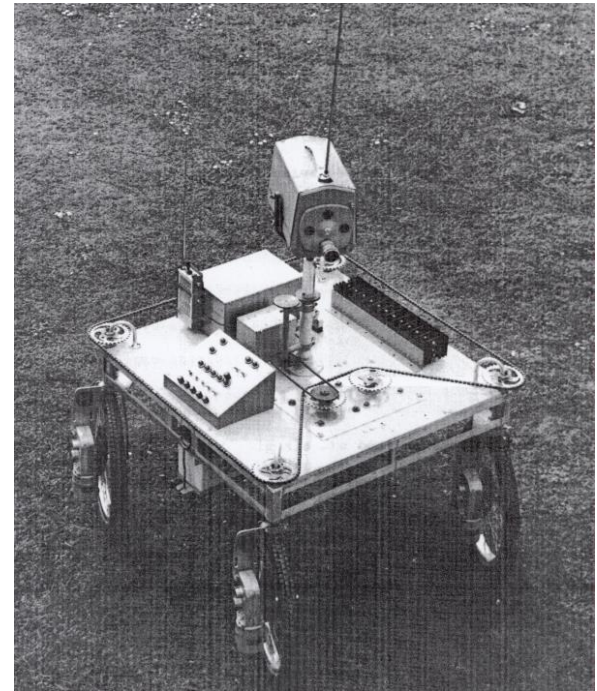
În 1969, un student de la Stanford, pe nume Victor Scheinmann a creat un braț robotic, care era conectat și controlat de la computer. Acest braț a servit cercetărilor în cadrul universității mai bine de 20 de ani.

Un alt proiect al celor de la Stanford a fost „The Stanford Cart”, un proiect susținut de NASA, NSF, DARPA, care consta într-un robot mobil, echipat video, care putea scana împrejurimile acestuia. Singura problemă era că se mișca încet, parcurgând cam un metru în 10-15 minute.

Începuturile roboticii industriale



Victor Scheinmann si bratul robotic dezvoltat de acesta



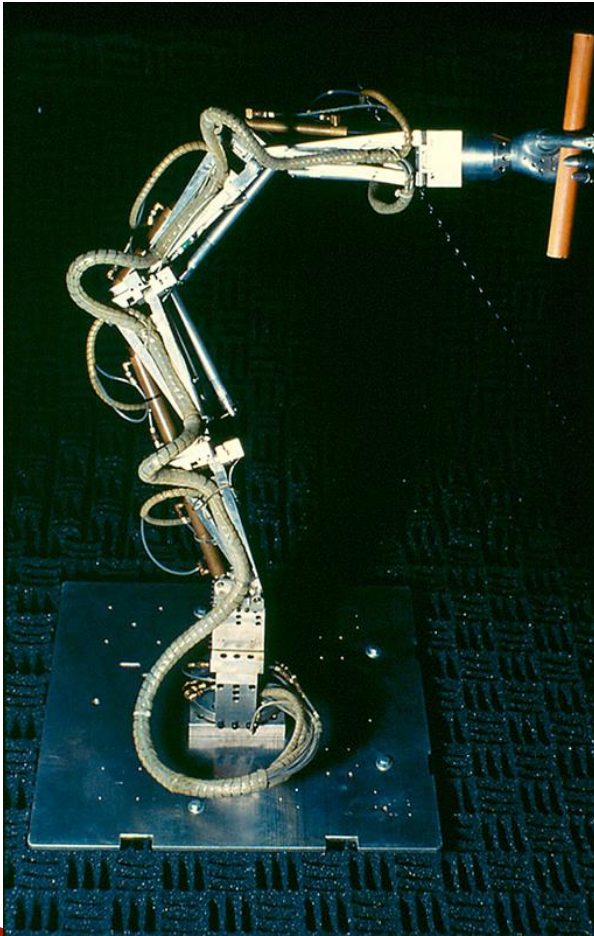
Stanford Cart

Începuturile roboticii industriale

Termenul de inteligență artificială, putem spune însă că a apărut cu puțin timp mai devreme, din colaborarea unor fizicieni și matematicieni, Claude Shannon, John McCarthy, Marvin Minsky și Nat Rochester de la MIT, care împreună, au prezentat la o conferință termenul de inteligență artificială. MIT a contribuit în robotică prin diferite brațe robotice create, printre care se numără și „the Tentacle Arm” , un braț robotic cu 12 degete.

Universitatea Carnegie Mellon (CMU) a contribuit și ea la tehnologia roboticii prin crearea a doi roboți mobili (DANTE și DANTE II) care au fost trimiși în interiorul a doi vulcani activi, pentru a colecta mostre și a examina un mediu posibil de întâlnit pe alte planete. Robotul trimis în prima misiune a eșuat, dar al doilea s-a întors victorios după 5 zile.

Începuturile roboticii industriale



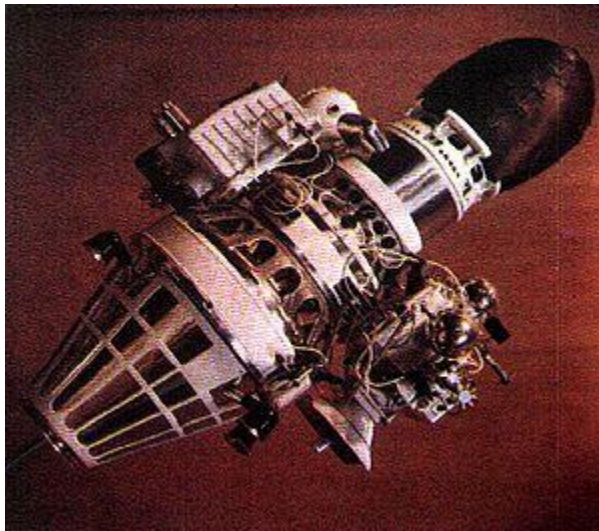
the Tentacle Arm



DANTE II

Explorarea spatiului

Misiuni robotice pe Luna



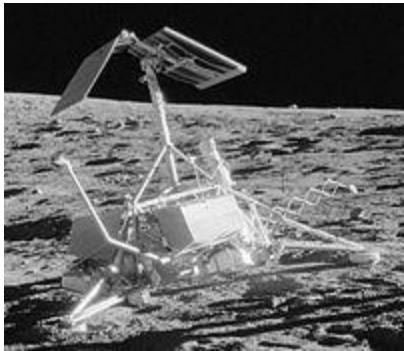
Luna 9 (1966), prima aterizare pe luna, numeroase fotografii



Luna 16 (1970) primul robot care aterizeaza pe luna, aduna probe de sol si se intoarce pe Pamant

Explorarea spatiului

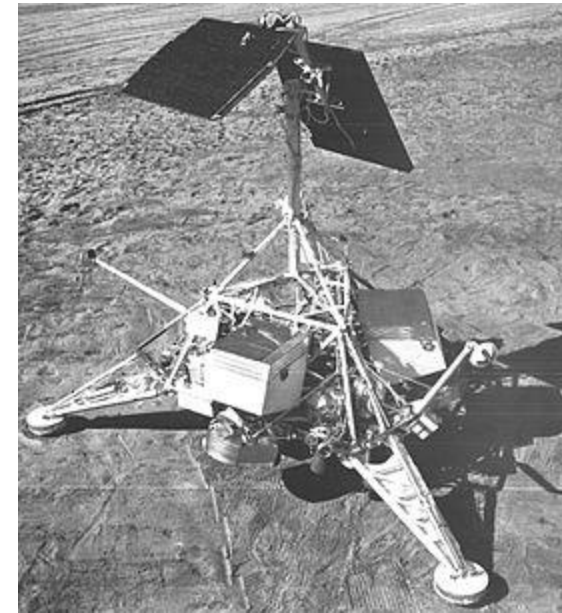
Misiuni robotice pe Luna



Sapaturi "Surveyor 3"

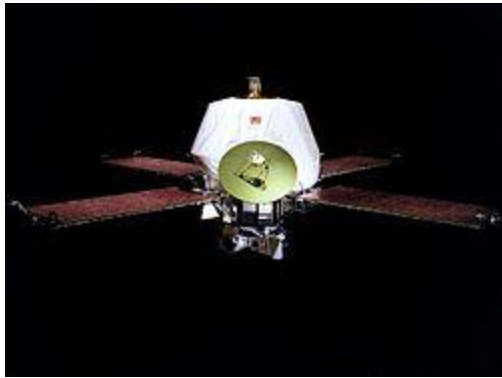


Surveyor 3 (1967) 6,000 de fotografii.
Robotul sapa in 18 ore un sant de 17.5
cm adancime



Surveyor 7 (1968) 21,000 de fotografii;
detecteaza raze laser de pe Pamant

Explorarea spatiului - MARTE



Mariner 9 prima intrare pe orbita

Prima imagine panoramica, transmisa de Viking1 de pe Marte.

Mars 3 (1971) Prima aterizare reusita; transmisia se pierde dupa 15 secunde



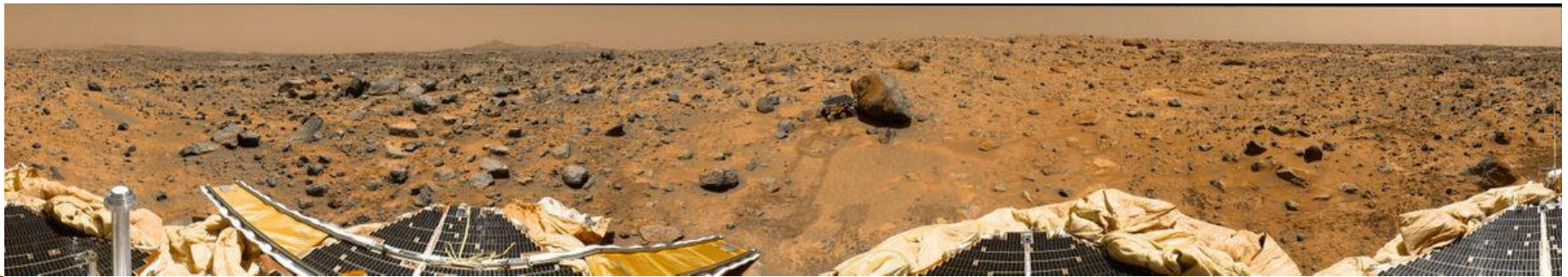
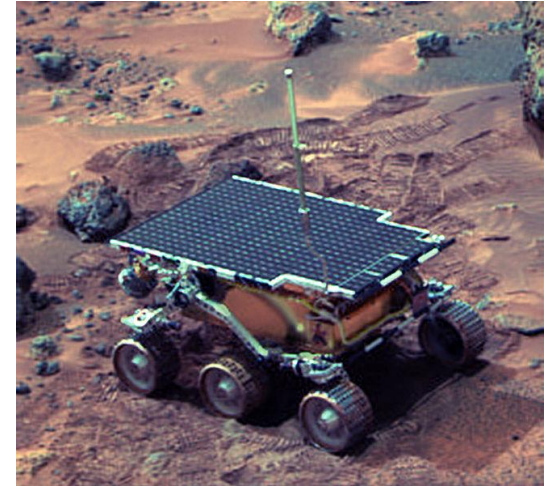
Viking 1 prima nava care aterizeaza pe Marte si isi indeplineste misiunea



Explorarea spatiului - MARTE

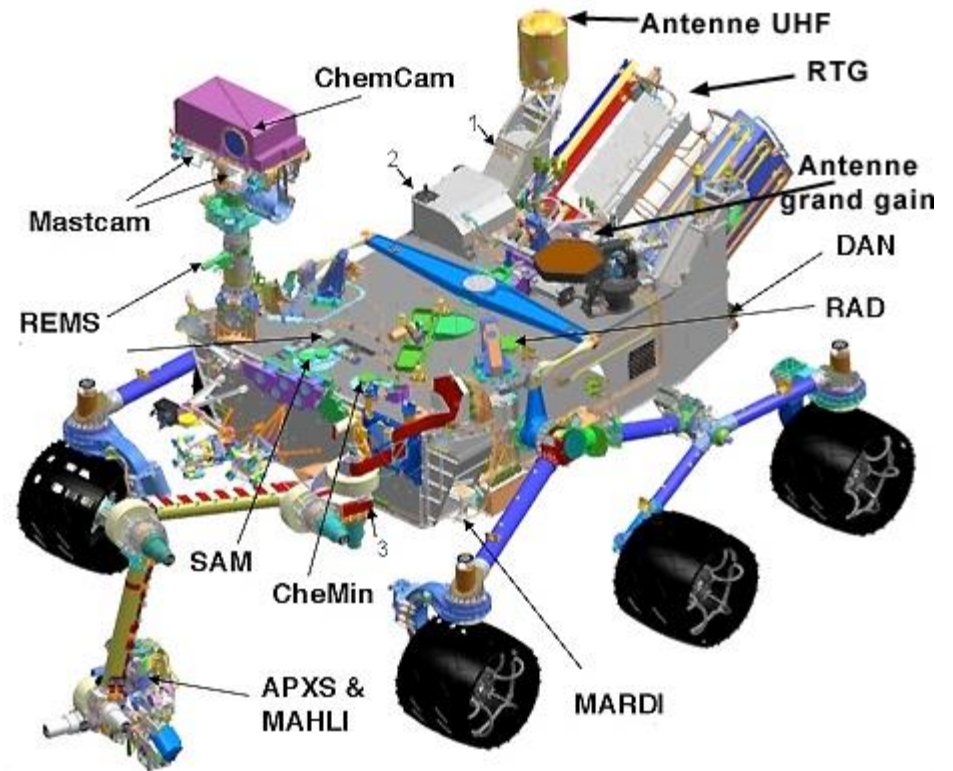


Roverul Sojourner



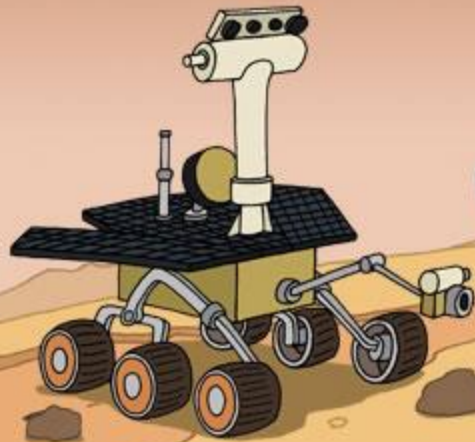
Explorarea spatiului - MARTE

CURIOSITY (2011)

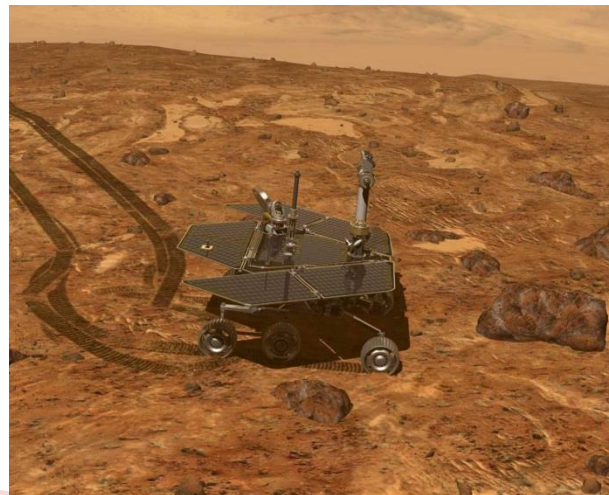
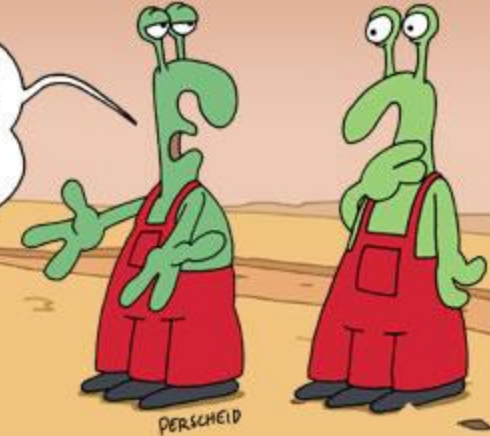


Siemens PLM software

Explorarea spatiului - MARTE



Since when do the Earthlings build vehicles that run 10 years without breaking down?



ROBOTICA - *Aplicații în medicină*

Robotica a contribuit decisiv în perfecționarea medicinei, încă de mai bine de 20 de ani. Dacă la început, roboții erau folosiți doar în companiile farmaceutice, aceștia au început să fie folosiți și în spitale. Astfel, primul Helpmate, robot creat de TRC, a fost folosit în 1988, în spitale, ajutând prin transportarea diferitelor obiecte necesare medicilor. Apoi, roboții au fost introduși în chirurgie, deoarece aveau mai multe avantaje precum: stabilitate mai mare, nu prezentau factori perturbatori umani precum tuse, strănuturi, oboseală, transpirație, făceau incizii mult mai mici, nedeteriorând astfel într-un stadiu major țesuturile în timpul operației. Doctorii controlau brațele robotizate, care aveau plasate în față o camera video ce permitea observarea pe un ecran a operației, mișcările fiind făcute cu ajutorul unor joystick-uri. Primele sisteme chirurgicale au fost omologate în 2001, acestea fiind: „da Vinci Surgical System” și ZEUS Robotic Surgical System. Alte contribuții ale roboticii în medicină au fost în protezare. Primul braț bionic a fost făcut la spitalul Margaret Rose din Edinburgh, de o echipă de ingineri și atașat unei persoane care și-a pierdut brațul drept în urma unei amputări.

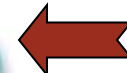
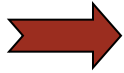
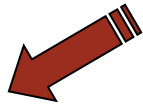
ROBOTICA - *Aplicații în chirurgie*

Bratul robotic **AESOP** (**A**utomated **E**ndoscopic **S**ystem for **O**ptimal **P**ositioning) folosit pentru ghidarea camerelor de luat vederi in interiorul corpului, a fost primul sistem robotic utilizat in chirurgia umana datand din 1993.



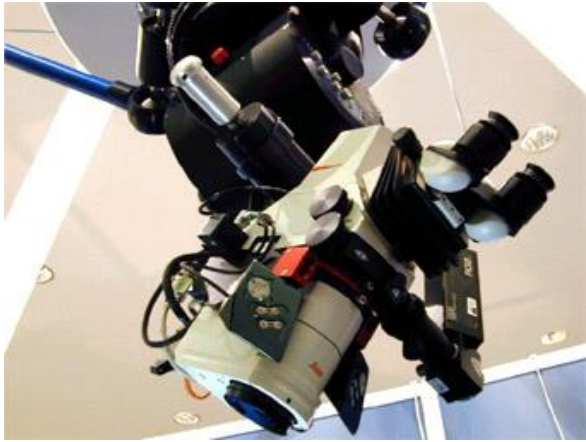
ROBOTICA - *Aplicații în chirurgie*

Sistemul robotic da Vinci®



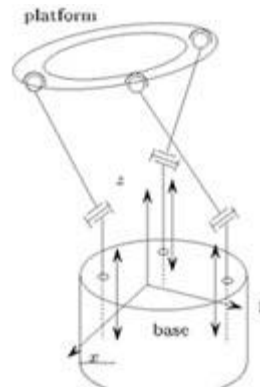
ROBOTICA - *Aplicații în chirurgie*

Surgiscope® este un robot paralel (tip DELTA) utilizat pentru poziționarea de mare precizie a instrumentelor în timpul operațiilor.



ROBOTICA - *Aplicații în chirurgie*

Microrobot cu structura paralela pentru aplicatii endoscopice.
Structura are trei grade de libertate si elimina dezavantajele sistemelor clasice, permitand un control mai bun al camerei.



ROBOTICA - *Aplicații în chirurgie*

La Institutul Tehnion din Israel, prof. Shoham dezvoltă un robot paralel pentru intervenții pe coloana vertebrală. În 2004 acest sistem primește aprobarea de a fi utilizat în intervenții pe om.



ROBOTICA - *Aplicații în chirurgie*

PAROMIS

Camera video
ghidata prin voce



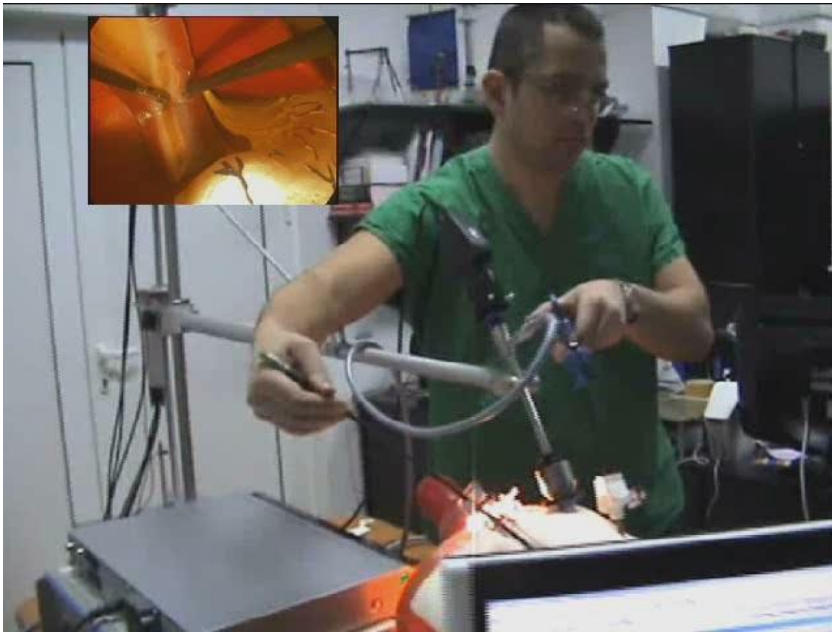
CRIGOS

Robot compact
pentru ortopedie



ROBOTICA - *Aplicații în chirurgie*

Realizari in cadrul centrului de cercetari CESTER din UTCN



PARAMIS



PARASURG-5M

ROBOTICA - *Aplicații în chirurgie*

Realizari in cadrul centrului de cercetari CESTER din UTCN

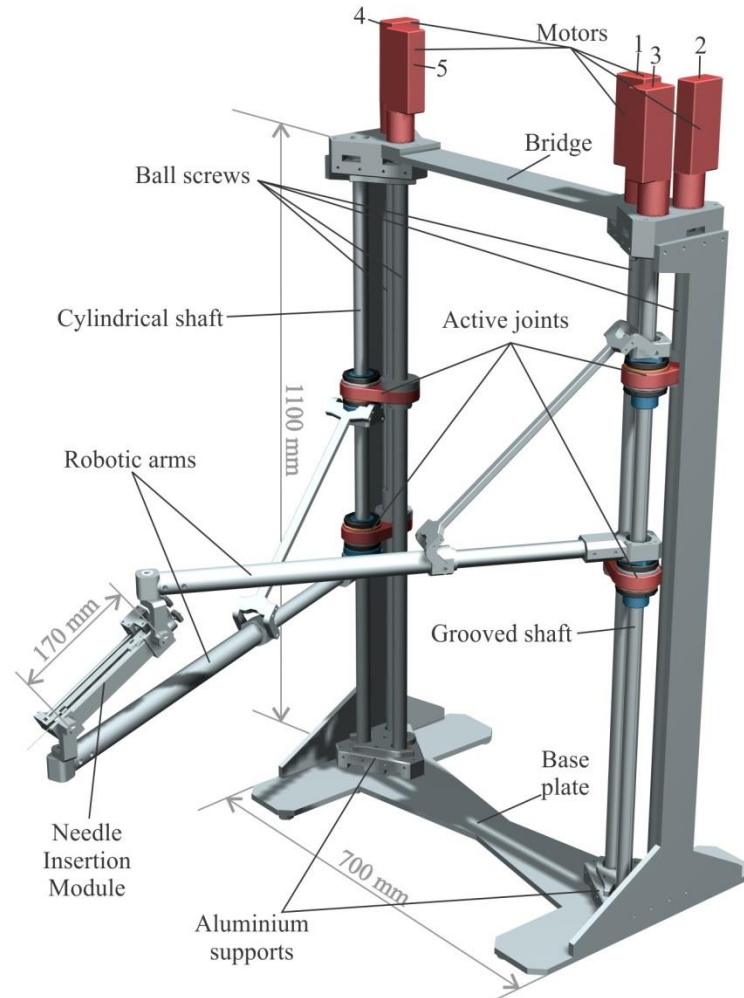


PARASURG-9M

ROBOTICA - *Aplicații în brahiterapie*

Realizari in cadrul centrului de cercetari CESTER din UTCN

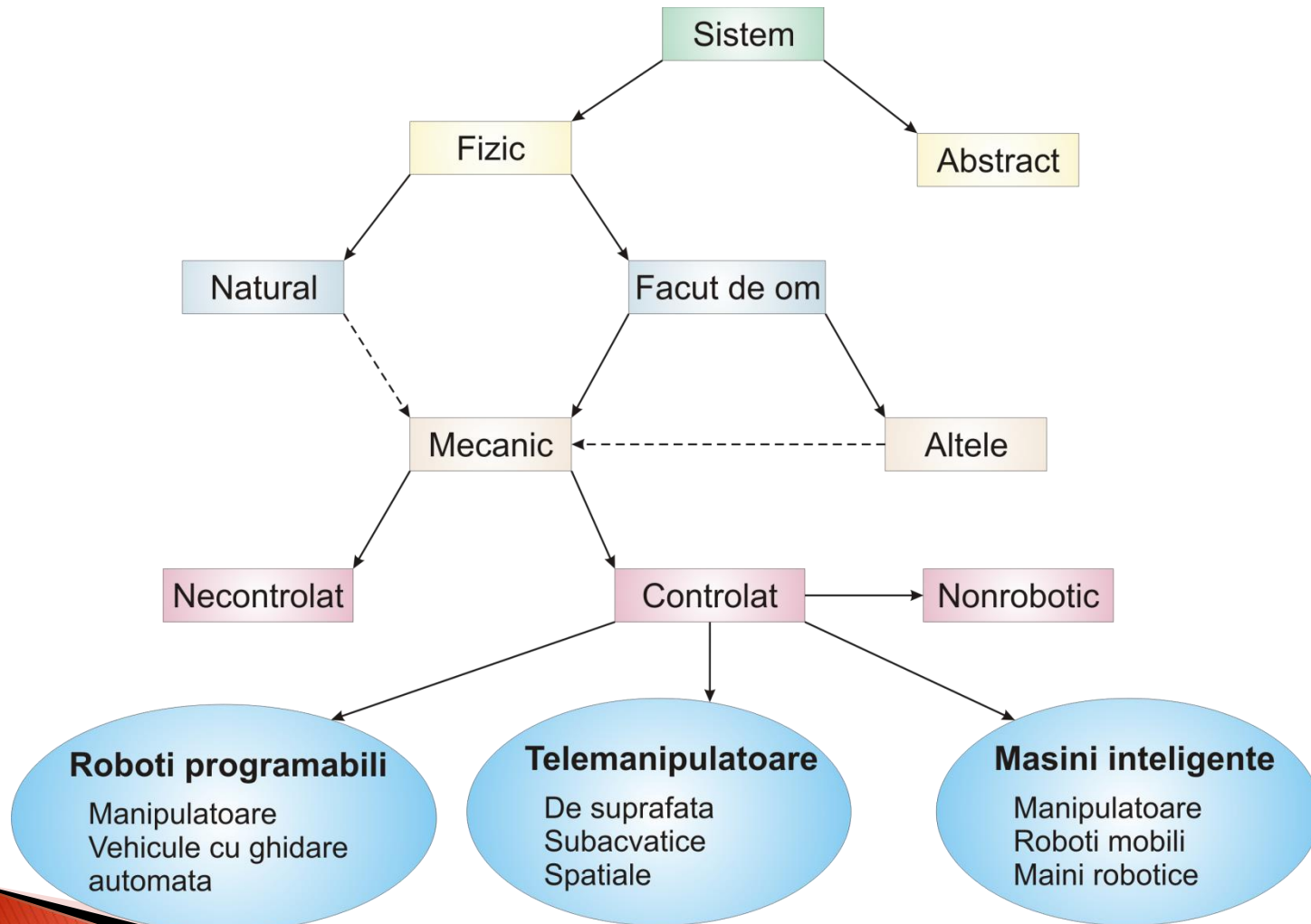
PARA-BRACHYROB



Concepte de baza in robotica

În cartea sa, *Fundamental of Robotic Mechanical Systems – Theory, Methods and Algorithms*, Jorge Angeles definește elementele componente ale unui sistem robotic, pe care îl constituie din mai multe subsisteme: **(1)** un subsistem mecanic compus la rândul său din corpuri rigide și deformabile; **(2)** un subsistem de senzorică; **(3)** un subsistem de acționare; **(4)** un controller; **(5)** un subsistem de procesare a informației. În plus, toate aceste subsisteme comunică între ele prin *interfețe*, ale căror funcții de bază sunt decodarea și conversia informației transmise dintr-un mediu în altul. În figura următoare se prezintă o reprezentare a genealogiei sistemelor mecanice, inclusiv cele robotice.

Concepte de baza in robotica

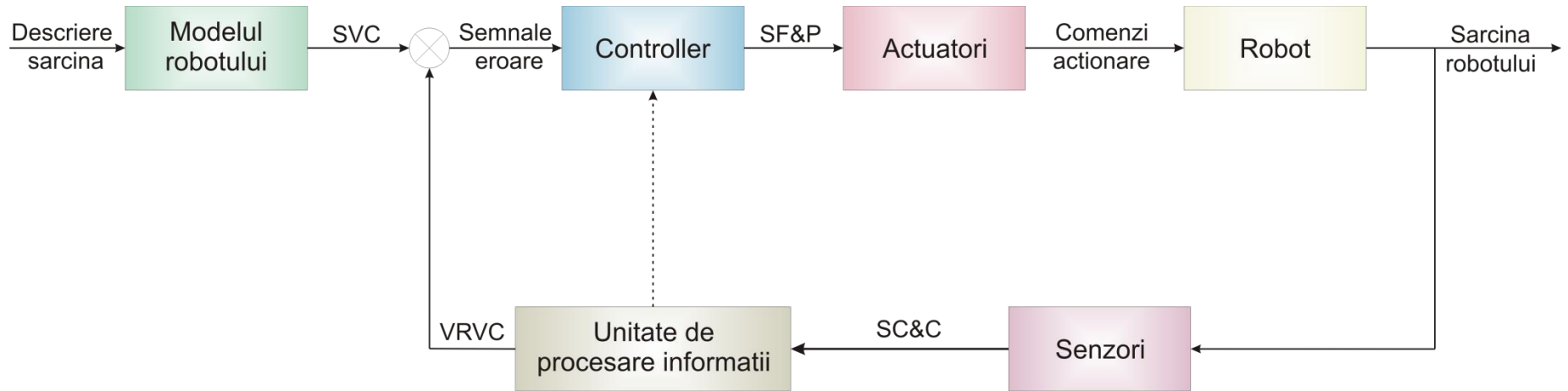


Genealogia sistemelor mecanice

Concepte de baza in robotica

Intrările în sistem sunt sarcini prestabilite, care se definesc pe loc sau off-line. Primul caz este esențial pentru ca mașina să poată fi numită *inteligentă* iar următorul este întâlnit în cazul sistemelor *programabile*. Astfel, pentru mașinile inteligente sarcina ar trebui descrisă de sisteme software care folosesc tehnici de inteligență artificială. Aceste sisteme ar înlocui omul în procesul decizional. Roboții programabili au nevoie de intervenția omului pentru codificarea sarcinilor preprogramate la un nivel inferior, sau pentru telemanipulare. Figura următoare prezintă diagrama bloc a unui sistem mecanic robotic.

Concepte de baza in robotica



SVC - Sinteza variabilelor din cuple (unghiuri si momente)

SF&P - Semnale de forta si pozitie

SC&C - Semnale carteziene si din cuple

VRVC - Valoarea reala a variabilelor din cuple

Diagrama bloc a unui sistem mecanic robotic [Ang 03]

Clasificarea sistemelor robotice

În cartea sa de sinteză, J. Angeles [Ang 03] propune următoarea clasificare, care grupează robotii în 5 mari categorii:

1. Manipulatoare seriale.

Plecând de la denumirea acestora, (*manipulators*) care provine din latinescul „*manus*” care înseamnă mână primele sisteme robotice au încercat să reproducă mișcările brațului uman în manipularea obiectelor. Astfel, manipulatoarele, sau roboții seriali, sunt descriși ca fiind sisteme care reproduc mișcarea brațului uman. Aceste structuri au fost realizate prin concatenarea unor brațe, formând astfel un *lanț cinematic deschis* în care fiecare element este cuplat între un element predecesor și unul succesiv, cu excepția elementelor de capăt care sunt legate la un singur predecesor sau succesiv, însă nu la ambele.

Clasificarea sistemelor robotice

În cartea sa de sinteză, J. Angeles [Ang 03] propune următoarea clasificare, care grupează robotii în 5 mari categorii:

2. Manipulatoare paralele.

Apărute ca o alternativă a manipulatoarelor seriale, cu scopul de a compensa o parte din dezavantajele structurale ale acestora, manipulatoarele paralele sunt formate dintr-o *platformă de bază*, o *platformă mobilă* și mai multe *brațe*. Fiecare astfel de braț este în esență un lanț cinematic deschis, având capetele conectate la cele două platforme. Contrar față de structurile seriale, unde toate cuplele sunt acționate (sunt cuple motoare), cele paralele au cuple pasive (neacționate), ceea ce reprezintă o diferență majoră între cele două tipuri de structuri. Prezența acestor cuple este, de altfel, motivul pentru care aparatul matematic pentru rezolvarea modelului unei structuri paralele este mai complex decât cel al structurilor seriale.

Clasificarea sistemelor robotice

În cartea sa de sinteză, J. Angeles [Ang 03] propune următoarea clasificare, care grupează robotii în 5 mari categorii:

3. Mâini robotice.

Așa cum s-a arătat mai sus, roboții sunt văzuți ca și sisteme care îndeplinesc funcții de manipulare. Literatura face o distincție între manipularea *simplă* și cea cu *dexteritate ridicată*. Astfel, făcând o paralelă cu mâna omului care a dat numele acestor sisteme, dacă sistemele pentru manipulări simple reproduc mișcarea brațului, cele cu dexteritate ridicată încearcă reproducerea mișcărilor mâinii și degetelor. Astfel de mecanisme au un grad înalt de redundanță având o topologie arborescentă (o platformă fixă de unde pornesc mai multe corpuri mobile).

Clasificarea sistemelor robotice

În cartea sa de sinteză, J. Angeles [Ang 03] propune următoarea clasificare, care grupează robotii în 5 mari categorii:

4. Roboți pășitori.

O altă clasă de mare de roboți este cea a sistemelor care încearcă să reproducă deplasarea unor sisteme vii din natură. Dacă mișcarea omului a fost foarte greu de reprodus, datorită variației parametrilor dinamici în timpul deplasării, un mare succes l-au avut sistemele cu mai multe picioare, care astfel au avut o stabilitate mult mai mare.

5. Roboți mobili cu roți.

O a doua clasă de roboți mobili sunt cei care se deplasează pe principiul vehiculelor cu roți, aceștia fiind putând fi comandați de la distanță de operatorul uman, sau să se deplaseze pe un traseu definit prin intermediul unor senzori care adună informații din mediul înconjurător și a unor condiții impuse.

Clasificarea sistemelor robotice

O altă carte de referință în robotică, *Parallel Robots* scrisă de J. P. Merlet analizează două tipuri de roboți. Pentru a putea clasifica sistemele robotice, Merlet apelează la un set de definiții propus de Gosselin în teza sa de doctorat. Astfel, pentru fiecare element se definește **gradul legăturii** care este numărul de corpuri rigide conectate la acest element printr-o cuplă. Astfel se pot defini **lanțurile cinematice simple**, care sunt acelea în care fiecare membru posedă un **grad de legătură mai mic sau egal cu 2 (doi)**. Aceste lanțuri se mai numesc și **lanțuri cinematice deschise**. **Lanțurile cinematice închise**, conform lui Gosselin, se obțin atunci când **un element**, în afară de bază, **posedă un grad de legătură mai mare sau egal cu 3 (trei)**.

Astfel, Merlet grupează structurile în două mari categorii:

Clasificarea sistemelor robotice

Roboții clasici.

Constituiți dintr-o succesiune de corpuri solide, fiecare fiind legat de corpul precedent și succesiv printr-o cuplă cu un grad de libertate acești roboți se mai numesc și **roboți seriali**. Această denumire vine dintr-o analogie cu sistemele electrice. Și în această abordare se regăsesc structurile cu caracter antropomorfic, care încearcă să copieze mișcările brațului omenesc. Pe baza definițiilor lui Gosselin **roboții seriali pot fi definiți ca lanțuri cinematice simple pentru care toate gradele de legătură sunt 2 cu excepția a două elemente, baza și end-efectorul care au gradul de legătură egal cu 1.**

Alte tipuri de arhitectură.

Limitările arhitecturale întâlnite la structurile seriale au încurajat mulți specialiști să găsească soluții alternative care să elimine anumite dezavantaje ale structurilor seriale. Astfel au apărut sistemele robotice având lanțuri cinematice închise care au primit denumirea de **roboți paraleli** (pe baza aceleiași analogii cu sistemele electrice).

In loc de sfarsit...

