

Mircea NIȚULESCU

Mircea NIȚULESCU

BAZELE ROBOTICII

Note de prezentare



EDITURA UNIVERSITARIA
Craiova, 2019

Referenți științifici:

Prof. univ. dr. ing. Mircea IVĂNESCU,
Universitatea din Craiova

Prof. univ. dr. ing. Corneliu LAZĂR,
Universitatea Tehnică "Ghe. Asachi" din Iași

Copyright © 2019 Editura Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**NIȚULESCU, MIRCEA**

Bazele roboticii / Mircea Nițulescu. - Craiova : Universitaria, 2019

Conține bibliografie

ISBN 978-606-14-1543-4

62

© 2019 by Editura Universitaria

Această carte este protejată prin copyright. Reproducerea integrală sau parțială, multiplicarea prin orice mijloace și sub orice formă, cum ar fi xeroxarea, scanarea, transpunerea în format electronic sau audio, punerea la dispoziția publică, inclusiv prin internet sau prin rețelele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informațiilor, cu scop comercial sau gratuit, precum și alte fapte similare săvârșite fără permisiunea scrisă a deținătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislației cu privire la protecția proprietății intelectuale și se pedepsesc penal și/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

Prefață

Robotica este domeniul științific, teoretic și aplicativ, cu dezvoltarea cea mai spectaculoasă din ultimii ani. Bazată pe un suport consistent care este oferit de către evoluțiile extraordinare și de nebanuit cu câteva decenii în urmă ale unor domenii cum sunt microelectronica, știința calculatoarelor, informatica aplicată, inteligența artificială sau mecatronica în general, robotica a cunoscut în ultima perioadă o dezvoltare fără precedent caracterizată printr-o explozie de aplicații destinate industriei și serviciilor, aspect resimțit puternic și în țara noastră.

Astăzi viața cotidiană și dezvoltarea civilizației umane nu mai poate fi concepută practic în afara suportului oferit de către robotică. Fie că este vorba de eliminarea totală a prezenței omului din diferite medii periculoase sănătății sale sub diverse aspecte, fie că este vorba de eliminarea operatorilor umani din activități excesiv repetitive care exploatează extrem de puțin inteligența sa precum și capacitatea de judecată și creație, fie că este vorba de asigurarea necesarului sporit de forță de muncă, de educarea acestora sau de asigurarea unei game extrem de variate de servicii necesare societății umane, robotica a devenit astăzi omniprezentă și de neînlocuit.

Această dezvoltare explozivă a interesului științific, teoretic și aplicativ, pentru robotică s-a dovedit a fi benefic pentru om și nicidecum împotriva sa, așa cum această idee a fost vehiculată nu cu mult timp în urmă. Proiectarea, construcția, dezvoltarea și implementarea aplicațiilor robotizate, precum și întreținerea lor funcțională au creat numeroase locuri de muncă, mult mai bine plătite și în același timp utilizatoare a capacităților umane creative la un nivel superior.

Formarea specialiștilor necesari domeniului roboticii este și ea o activitate în plină expansiune în mediul academic din întreaga lume. Deoarece o societate fără beneficiile imense oferite de către robotică este de neconceput pe viitor, peste tot a devenit prezentă această direcție complexă și interdisciplinară de pregătire care este înțeleasă ca aducătoare de mari beneficii economice pe termen scurt și lung. Și dacă

“fabrica viitorului” va fi în mare măsură robotizată, viața cotidiană a oamenilor în zona non-industrială va fi și ea de neseplat de prezența roboticii și a sprijinului acesteia în spațiul domestic, în educație, în interacțiunea cu mediul social. Dezvoltarea și aplicarea conceptului de Internet of things (IoT) va integra și mai bine robotica în viața noastră cotidiană, transformând-o pe aceasta în obiectul nostru permanent pentru schimbul de informații și suport în diferite situații, civile, economice sau militare.

În prezent, un număr din ce în ce mai mare de specialiști cu înaltă calificare obținută prin diferite forme de pregătire universitară sunt integrați direct în activitățile specifice roboticii. Și dacă numărul companiilor care și-au focalizat în timp obiectul de activitate exclusiv pe construcții robotice nu poate fi apreciat ca fiind extrem de mare în prezent, dar cu o dinamică clar pozitivă în ultimul timp datorită roboticii destinate serviciilor, dezvoltarea aplicațiilor robotizate, mai ales cu caracter industrial, rămâne un domeniu infinit și nelimitat, în care activează în prezent cea mai mare parte a specialiștilor creați de către mediul universitar.

Pregătirea studenților în domeniul roboticii trebuie să ia în considerare caracterul pluridisciplinar și de frontieră al științei mecatronicii din care face parte acest domeniu. Din cei trei piloni fundamentali ai științei mecatronicii de astăzi, reprezentați evolutiv în timp de către ingineria mecanică, ingineria electrică și în final de către ingineria controlului, calculatoarelor și tehnologia informației, studenții trebuie să-și însușească atât noțiuni de bază cât și de specialitate fără de care proiectarea și exploatarea sistemelor robotice nu poate fi stăpânită.

Desigur că îndeplinirea acestor cerințe este o sarcină extrem de dificilă, atât pentru tinerii specialiști cât și pentru formatorii lor, iar dinamica accentuată a mediului în care cu toții își exercită cunoștințele și aptitudinile necesită în mod obligatoriu o pregătire continuă și o puternică capacitate de adaptare la nou, sub toate aspectele sale concrete. Planurile de învățământ care au fost elaborate în acest scop caută să asigure o îmbinare optimă între pregătirea de strictă specialitate și dobândirea unui ansamblu de cunoștințe fundamentale din mai multe domenii, în vederea adaptării continue la evoluțiile acestor tehnologii.

Elaborat pe baza unei experiențe didactice dobândită pe parcursul a mai multor ani de predare, materialul inclus în prezentul volum reunește mai multe noțiuni fundamentale, considerate ca fiind absolut necesare pentru pregătirea generală a viitorilor specialiști. Selecția materialului a avut în vedere faptul că el se adresează studenților care realizează un prim contact cu domeniul roboticii, iar o parte dintre ei, funcție de domeniul de licență și specializarea din care fac parte, urmând să-și dezvolte ulterior cunoștințele prin alte cursuri de specialitate din această tematică.

Materialul inclus în această carte este realizat sub forma unor slide-uri și se dorește a fi un suport suplimentar de curs, deopotrivă necesar și util studenților pentru sintetizarea elementelor abordate. Această nouă formă de prezentare permite o mult mai rapidă schematizare a noțiunilor transmise precum și ilustrarea lor grafică mult mai adecvată. Și cum imaginile, schemele și punctarea ideilor sunt mult mai

ușor de înțeles și de asimilat, deci mai adaptate cerințelor actuale ale studenților față de procesul de predare, această formă de prezentare poate aduce numeroase avantaje și beneficii. Forma tipărită a notelor de prezentare ale cursului permite studenților și o lectură mai ușoară prin comparație cu materialele de curs convenționale, posibilitatea de a vizualiza în avans conținutul următoarelor prelegeri precum și o soluție practică prin care aceștia pot să-și noteze numai elementele suplimentare ale prezentării orale pe marginea fiecărui slide.

Materialul cuprins în acest volum urmărește structura generală a cursului introductiv “Bazele roboticii” (de la domeniul de licență Mecatronică și Robotică), precum și a cursului „Robotică” (de la domeniul de licență Automatică și Informatică Aplicată). Pe de altă parte, el aduce și un ansamblu de noțiuni și de cunoștințe care să-l facă util și studenților care urmăresc alte direcții de specializare universitară, ca un scurt breviar de noțiuni fundamentale care poate fi consultat simplu și eficient ori de câte ori este necesar. Materialul este structurat în patru capitole tematice care au în vedere nivelul de cunoștințe specifice semestrului 4 de pregătire al ciclului de licență și corespunde spațiului de predare alocat. Obiectivul generic principal al notelor de prezentare este sistemul robot, componentele, principiile și particularitățile sale funcționale. Într-o manieră de prezentare care s-a dorit sintetică, concisă, evolutivă și deschisă, structura materialului inclus în prezentul volum a urmărit în primul rând crearea unui mediu care să contribuie la înțelegerea cât mai ușoară a tuturor noțiunilor expuse. Pentru aceasta au fost introduse numeroase desene, imagini, schițe, exemplificări valorice concrete precum și raportări directe la modul în care aspectele analizate servesc în mod implicit în funcționarea unui sistem robot.

Autorul își exprimă speranța că toți studenții interesați de abordarea studiului științei roboticii vor găsi în prezenta carte un sprijin eficient și oportun pentru înțelegerea și aprofundarea unor noțiuni fără de care nu este posibilă dobândirea unei calificări universitare.

Craiova, iulie 2019

Prof. univ. dr. ing. Mircea NIȚULESCU

**Departamentul de Mecatronică și Robotică
Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică
UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA**

Robotică / Bazele roboticii

Note de prezentare

numai pentru uzul studenților

Prof. univ. dr. ing. Mircea NIȚULESCU

Capitolul I

Aspecte introductive

Robotică / Bazele roboticii

note de prezentare - Capitolul 1

Prof. univ. dr. ing. Mircea NIȚULESCU

BIBLIOGRAFIE

1. **Groover, M.**, *Automation, Production systems and Computer Integrated Manufacturing*, Ed. Prentice-Hall, 1987
2. **Ivănescu, M.** - *Roboți industriali*, Ed. Universitaria Craiova, 1994
3. **Ivănescu, M.** - *Sisteme de conducere a roboților*, Ed. Scrisul Românesc, Craiova, 2007
4. **Klafter, R., Chmielewski, T.**, *Robotic engineering, an integrated approach*, Ed. Prentice Hall, 1989
5. **Mair, M. G.**, *Industrial robotics*, Ed. Prentice Hall International Inc., 1988
6. **Nof, Y. S.**, *Handbook of industrial robotics*, Ed. Krieger Publishing Company, 1992
7. **Nițulescu, M.**, *Sisteme robotice educaționale*, Ed. Sitech, 1999
8. **Nițulescu, M.**, *Sisteme robotice cu capacitate de navigație*, Ed. Universitaria, 2002
9. **Sandler, B.**, *Robotics, designing the mechanisms for automated machinery*, Ed. Prentice Hall, 1991
10. **Warnock, I.**, *Programmable controllers, operation and application*, Ed. Prentice Hall International Inc., 1988

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

- 1.1 Momente semnificative din evoluția științei și tehnicii
- 1.2 Geneza roboticii
- 1.3 Definiții oficiale
- 1.4 Relația dintre Mecatronică și Robotică
- 1.5 Clasificarea roboților
- 1.6 Dispozitive asimilate ca fiind structuri robotice
- 1.7 De ce s-au impus roboții industriali
- 1.8 SRR și IFR
- 1.9 Parcul mondial de roboți industriali
- 1.10 Parcul mondial de roboți destinați serviciilor

Capitolul 1. Aspecte introductive

- **Robotica** este o etapă naturală în procesul evolutiv al ingineriei moderne
- Numai după anii 1970 au fost dirijate eforturi de cercetare importante către aceste sofisticate dispozitive controlate cu calculatorul:
 - **Dezvoltarea calculatorului**, apoi a microcomputerului și a computerului înglobat într-un singur cip
 - Progresele generale ale **programării și tehnologiei informației**
 - **Aspectele economice** ale piețelor mondiale, din ce în ce mai concurențiale, care au solicitat și impus noi tehnologii de fabricație
- Privind în perspectiva secolului al XXI-lea și având în vedere așteptatele progrese tehnico-științifice, se poate aprecia cu certitudine că **viitorul roboticii este extrem de promițător, plin de potențial și perspective**

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

- 1.1 Momente semnificative din evoluția științei și tehnicii**
- 1.2 Geneza roboticii**
- 1.3 Definiții oficiale**
- 1.4 Relația dintre Mecatronică și Robotică**
- 1.5 Clasificarea roboților**
- 1.6 Dispozitive asimilate ca fiind structuri robotice**
- 1.7 De ce s-au impus roboții industriali**
- 1.8 SRR și IFR**
- 1.9 Parcul mondial de roboți industriali**
- 1.10 Parcul mondial de roboți destinați serviciilor**

1.1 Momente semnificative din evoluția științei și tehnicii

Roboții actuali sunt rezultatul unei lungi perioade de acumulări cantitative și calitative ale societății umane, în toate ramurile științei și tehnicii

Motorul acestei evoluții a roboticii a fost și rămâne:

- **Dezvoltarea continuă a cerinței sociale, sub toate aspectele, cantitative și calitative**
- **Necesitatea eliberării omului din activitățile cotidiene excesiv repetitive, care utilizează mult prea puțin inteligența sa**
- **Obligatorietatea eliminării prezenței omului din medii nocive pentru sănătatea sa**

Câteva momente remarcabile din istorie, care au contribuit decisiv la geneza roboticii de astăzi :

1.1 Momente semnificative din evoluția științei și tehnicii

Înainte de secolul al XVIII-lea :

- **Tratatul despre pneumatică, care a existat în biblioteca din Alexandria (Egipt) acum mai bine de 2.000 de ani, î.e.n.**
- **Dispozitivele și mai apoi mașinile din industria textilă**
- **Dispozitivele și mai apoi mașinile folosite în navigație**
- **Armele și instrumentele războiului**
- **1775 - prima mașină orizontală de găurit și alezat țevile de tun (John Wilkinson, UK)**
- **1784 - inventarea ciocanului mecanic acționat de abur**
- **1788 - inventarea mașinii cu abur de către James Watt ceea ce marchează începutul revoluției industriale și înlocuirea muncii fizice cu lucrul mecanic produs de mașini**
- **1795 - presa cu transmisie hidraulică**
- **1797 - primul strung cu cărucior și păpușă mobilă**

1.1 Momente semnificative din evoluția științei și tehnicii

Secolul al XIX-lea :

- 1804 - inventarea cartelelor perforate, primul suport de memorie externă, gândit inițial pentru mașinile de țesut (Joseph Marie Jacquard, Franța)
- 1807 - brevet pentru motorul cu un cilindru vertical, alimentat cu gaz și aprindere prin scânteele electrice, precursorul motorizării autovehiculelor de astăzi
- 1821 - primul sistem civil hidraulic de apă sub presiune pentru alimentarea unui oraș (Londra, Anglia)
- 1822 - prima mașină pentru calcule de navigație, astronomie și asigurări sociale, care a introdus principiile unui calculator modern prin soluții exclusiv mecanice (Charles Babbage, SUA)
- 1829 - compresorul de aer (Anglia)
- 1834 - primul motor electric (Moritz Jacobi)
- 1847 - algebra binară (George Boole)
- 1850 - descoperirea reacției negative (John Maxwell)
- 1872 - se inventează motorul cu benzină și supape laterale (cunoscut ca motorul Otto)
- 1873 - primul string programabil (Christopher Spencer, SUA), la care instrucțiunile erau memorate prin came ajustabile
- 1870 - inventarea motorului de curent continuu
- 1875 - primele aplicații mecanice (pianole și "cutii muzicale") comandate prin came de o informație înscrisă pe un suport de memorie de tip cartelă
- 1887 - motorul Daimler cu ardere internă (2 cilindri în V, capacitate cilindrică 1,5 litri, putere 7,5 CP)
- 1889 - inventarea motorului electric de curent alternativ
- Permanent de-a lungul secolului al XIX-lea - progresele științifice extraordinare în domeniul electricității datorită unor mari savanți Galvani, Volta, Faraday, Henry etc.

Notă :

Caracteristica esențială a sistemelor tehnice realizate până în jurul anilor 1900 este faptul că acestea erau **pur mecanice** (Fig.). Mecanica "pură" este cea care a permis realizarea unor adevărate bijuterii tehnice, cum ar fi mașina de scris clasică sau mașina de calcul a lui Charles Babbage, precursorul genial al calculatorului electronic. În paralel s-au evidențiat și limitele evidente ale sistemelor tehnice "pur mecanice". Germeii unei noi ere au apărut odată cu progresele științifice din domeniul electricității. Inventarea motoarelor electrice va permite saltul către sistemele mecanice cu acționare electrică la începutul secolului XX

1.1 Momente semnificative din evoluția științei și tehnicii

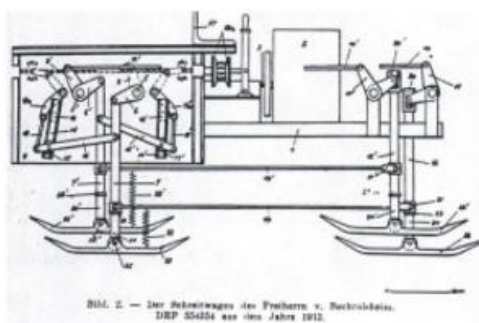
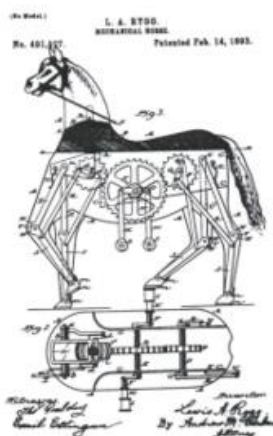


Fig. Brevete acordate pentru un "cal mecanic" (1893, Anglia) și pentru un "vehicul pășitor" (1913, Anglia)

1.1 Momente semnificative din evoluția științei și tehnicii

Secolul al XX-lea :

- 1906 - inventarea tubului electronic
- **1912 - primele linii de asamblare ale automobilelor (Ford, SUA)**
- 1938 - inventarea unei structuri multiplu-articulate pentru vopsirea pieselor (Willard Pollard, SUA)
- 1946 - ENIAC, primul calculator electronic (Anglia)
- 1947 - prima mașină cu comandă numerică (Massachusetts Institute of Technology, SUA)
- **1947 - primul manipulator electric condus prin teleoperare**
- 1948 - inventarea tranzistorului cu germaniu
- 1952 - inventarea tranzistorului cu siliciu
- 1953 - prima mașină de frezat cu comandă numerică, realizată la MIT (Massachusetts Institute of Technology) prin folosirea unui calculator. Aceasta poate fi considerată succesoarea mașinilor de țesut cu cartele perforate (Jacquard) și a pianolelor mecanice. Ulterior se va dezvolta generația de mașini-unelte DNC (Direct Numerically Controlled Machine), când un calculator conducea un grup de mașini-unelte, iar apoi generația actuală CNC (Computer Numerically Controlled Machine), când fiecare mașină-unelte are încorporat un calculator
- **1954 - primul robot programabil cu memorie și control PCP (brevet George Devol, SUA)**
- 1958 - inventarea tiristorului
- 1959 - nașterea microelectronicii, odată cu realizarea primului circuit integrat de către compania americană TEXAS INSTRUMENTS

1.1 Momente semnificative din evoluția științei și tehnicii

Secolul al XX-lea (continuare) :

- **1960 - George Devol (SUA) vinde 40 de brevete firmei CONDEC (Consolidated Diesel Corporation), care începe să producă prima serie de roboți Unimate în filiala sa specializată UNIMATION Inc.**
- **1961 - primul robot industrial UNIMATE care este instalat pe o linie de montaj (General Motors, SUA)**
- **1963 - utilizarea vederii artificiale pentru conducerea unui robot**
- 1971 - se produce primul microprocesor pe 4 biți, INTEL 4004
- 1974 - se produce primul microprocesor pe 8 biți, INTEL 8080
- 1978 - apare primul microcontroler
- după anii '80 - impactul permanent al evoluțiilor calculatorului modern, al microelectronicii, micromecanicii, nanotehnologiilor și al tehnologiei informației
- 1981 - primul calculator personal IBM PC-XT
- 1985 - lansarea unor sisteme software ca AUTOCAD, dBASE și a unor limbaje de nivel superior ca PASCAL și C
- 1986 - primele limbaje destinate rezolvării problemelor de inteligență artificială ca LISP, PROLOG precum și primele încercări de procesare în limbaj natural
- 1987 - lansarea calculatoarelor dotate cu hard-disk, o adevărată explozie tehnologică în domeniu