

**Dr. Ing. Cristina Floriana Reșceanu**

**Algoritmi de conducere în  
condiții normale și de defect  
a roboților pășitori comandați  
de la distanță**



**EDITURA UNIVERSITARIA  
Craiova, 2013**

Referenți științifici:  
Prof.univ.dr. Eugen IANCU  
Prof.univ.dr. Viorel STOIAN

Copyright © 2013 Universitaria  
Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

---

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**REȘCEANU, CRISTINA FLORIANA**

**Algoritmi de conducere în condiții normale și de defect a roboților  
pășitori comandați de la distanță / Cristina Floriana Reșceanu. - Craiova :**  
Universitaria, 2013

Bibliogr.

ISBN 978-606-14-0626-5

621.865.8

Apărut: 2013

**TIPOGRAFIA UNIVERSITĂȚII DIN CRAIOVA**

Str. Brestei, nr. 156A, Craiova, Dolj, România

Tel.: +40 251 598054

Tipărit în România

# Prefață

Efortul de cercetare atât în domeniul tehnologiilor de acționare cât și în domeniul tehnicilor de control a avut un puternic impact în dezvoltarea a numeroase sisteme automate moderne, evaluate. În aria roboticii acest impact s-a făcut simțit prin proiectarea unor sisteme robotice inteligente, fiabile, extinzând într-un mod neimaginat până nu demult plaja aplicațiilor.

Sistemele cu locomoție artificială sunt structuri mecanice cu picioare, fiecare având mai multe legături conectate prin articulații de translație sau rotație. Aceste sisteme vor să imite biologia și, în consecință, prezintă avantajul de a se adapta ușor la terenurile neregulate. Oricum, aceste mașini relevă fenomene cinematice și dinamice complexe, fapt care face ca analiza și controlul acestora să fie dificile. Din aceste motiv, cercetătorii și-au focalizat atenția asupra acestora de curând. Evident că, performanța în regim de defect, depinde de natura și locația defectului. Un robot pășitor este adaptat pentru teren accidentat; este capabil să urce trepte, să traverseze goluri (spărturi) de dimensiunea pasului sau să pășească pe teren accidentat, unde, datorită iregularităților terenului, utilizarea roboților cu roți nu e o soluție fiabilă.

Pentru a asigura mobilitatea unui robot pășitor, fiecare picior trebuie să aibă cel puțin două grade de libertate. Pentru fiecare grad de libertate este necesară o articulație, ce este de regulă alimentată de un servomotor. Din această cauză un robot cu patru picioare are nevoie de cel puțin opt servomotoare.

După studiul evoluției timpurii a sistemelor de locomoție a roboților și problemele care au afectat primele mașini (și care încă afectează, la grade diferite, vehiculele de astăzi), rezultatul relevă evoluția lor recentă, referindu-se la câteva vehiculele din prezent, care pot fi considerate ca borne de referință în sistemele de locomoție prin pășire.

Roboții, fie că sunt staționari sau mobili, cu braț articulată sau tentacular, simple platforme de transport pe roți sau structuri complexe de tip multipozi, sunt utilizați în prezent în diverse domenii începând de la aplicații casnice și terminând cu cercetarea corpurilor cosmice. Domeniul

principal de utilizare a roboților îl constituie însă mediile nocive sau periculoase pentru om, respectiv manevrarea unor substanțe toxice, etc. În aceste condiții problema detecției și localizării defectelor în sistemul de acționare și conducere a roboților devine o problemă de bază.

Preocupările legate de realizarea unor echipamente cu ajutorul cărora să se depisteze prezența defectelor și ulterior acestea să fie localizate în structura complexă a sistemelor automate, datează încă din perioada anilor '50 și sunt strâns legate de progresele electronicii în general și ale tehnicii de calcul în special. Problema a început însă să fie pusă în mod sistematic de abia după 1960, în corelație directă cu programele zborurilor spațiale și când intră în discuție asigurarea în primul rând a securității vieții oamenilor. Pe plan mondial se depun eforturi susținute în dezvoltarea acestei noi direcții de cercetare.

Mediul intern al structurii robotice poate fi instabil și pot apare schimbări dinamice cauzate de frecări, vibrații, jocuri, etc. Aceste schimbări (defecte) pot face sistemul nesigur și cu performanțe sau fiabilitate reduse.

Considerând robotul ca un sistem dinamic, pot fi aplicate metode de detecție și localizare a defectelor bazate pe model sau fără (metode de diagnoză). Conform studiilor de fiabilitate, efortul principal trebuie depus în sensul dezvoltării metodelor de detecție și localizare a defectelor la traductoarele și elementele de execuție ale robotului și conducerea acestuia în condiții de defect. Strategia de conducere care se adoptă constă în modificarea structurii și algoritmului sistemului automat, astfel încât să se asigure noi perechi comandă – ieșire, explorându-se legăturile de interinfluență ce apar în modelul matematic al robotului.

Lucrarea de față se concentrează și îmbină trei direcții de cercetare dezvoltate relativ recent: domeniul de detecție și localizare a defectelor, precum și, toleranța la defecte, domeniul tehnicilor de control convenționale și neconvenționale (teoria controlului fuzzy) și domeniul configurațiilor robotice de tip pășitori.

Cartea este structurată pe cinci capitole, eforturile autoarei concentrându-se atât în sintetizarea unor studii teoretice aprofundate, cât și în dezvoltarea unor studii analitico – experimentale care să releve eficiența și performanțele rezultatelor soluțiilor propuse. Astfel, sunt prezentate, pe scurt, noțiuni fundamentale privind domeniul roboticii și a teleroboticii, determinarea cinematicii și dinamicii roboților pășitori, controlul acestora în condiții normale și de defect, precum și locomoția roboților pășitori în cazul blocării unei articulații ale unui picior. Toate elementele sunt prezentate într-o manieră concisă și evolutivă, prin exemple utile pentru fixarea cunoștințelor teoretice și numeroase imagini, figuri, capturi de ecran.

Prin această lucrare, autoarea își exprimă speranța că oferă o oportunitate pentru toți studenții, doctoranzii, inginerii și cercetătorii interesați de domeniul locomoției și controlului roboților pășitori, de a înțelege și aprofunda mai bine acest subiect de studiu interesant.

Craiova, 2013

Ș.l. dr. ing. Cristina REȘCEANU

*Cu multă dragoste pentru fiul meu, Rareș,  
soțului meu, Ionuț și întreaga mea familie*

# Cap. 1. O perspectivă istorică a roboților pășitori comandați la distanță

## 1.1. Începutul roboticii

Sistemele cu locomoție artificială sunt structuri mecanice cu picioare, fiecare având mai multe legături conectate prin articulații de translație sau rotație. Aceste sisteme imită modelele biologice și, în consecință, prezintă avantajul de a se adapta ușor la terenurile neregulate. Aceste mașini relevă fenomene cinematice și dinamice complexe, analiza și controlul acestora fiind dificile. Din aceste motive, cercetătorii și-au focalizat de curând atenția asupra acestora.

Începutul roboticii poate fi schițat pornind cu inginerul grec Ctesibius, 270 î.Cr., care a aplicat cunoștințele de pneumatică și hidraulică pentru a produce ceasurile subacvatice cu figurine în mișcare.

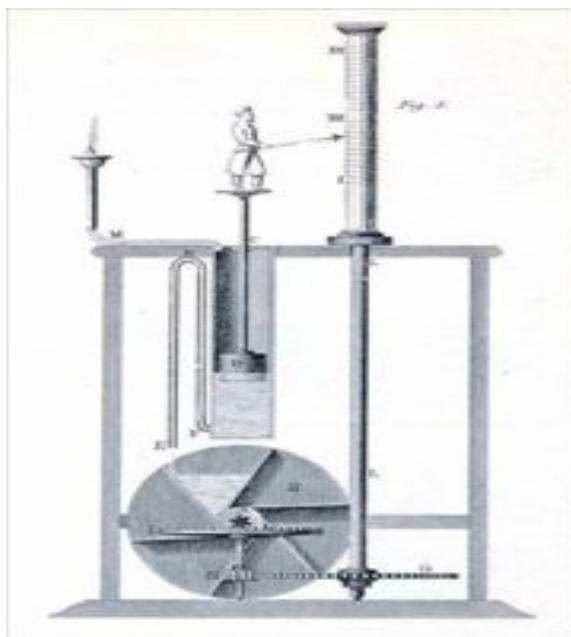


Figura 1.1.1: Ceasul subacvatic al lui Ctesibius (Zielinska, 2004)

Philo din Bizanț, 200 î. Cr., un discipol al lui Ctesibius, a scris colecția “*Mecanica*” în care a descris studiile celui mai sus amintit. Mai târziu, pe baza studiilor și muncii lui Ctesibius, Hero din Alexandria a scris

“*Tratate de automatică, pneumatică și mecanică*”, în care sunt prezentați, prin documente, primii roboți funcționali.

Roboții greci au fost proiectați pentru task-uri limitate, repetitive și nu pentru a executa funcții periculoase. Grecii au un cuvânt specific pentru aceste tipuri de mașini, și anume: “*automatos*”. Cuvântul curent “*automatică*” derivă din acest cuvânt, având semnificație de mașini care imită figura și mișcările unui animal (Rosheim, 1994).

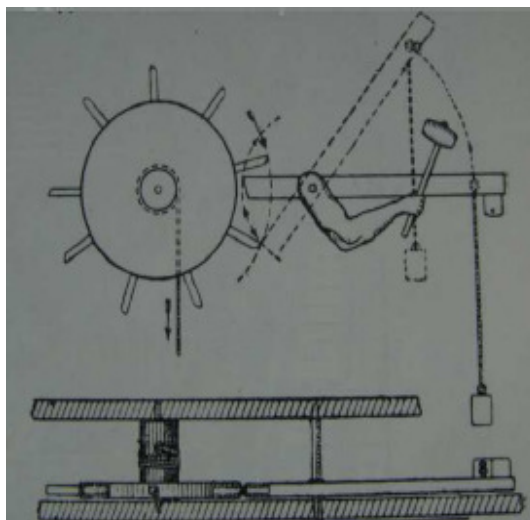


Figura 1.1.2: Ciocanul mecanic proiectat de Hero din Alexandria (Zielinska, 2007)

Înainte de secolul al noulea, Khalif din Bagdad, 786–833, a împuternicit trei oameni să adune toate textele grecești care, în timpul căderii civilizației vestice, au fost păstrate în mănăstiri și școli. Pe baza studiilor colecționate, aceștia au scris o carte “*Cartea dispozitivelor ingenioase*” (*Kitab al-Hiyal*), în care au descris peste o sută de dispozitive.

Următorul tratat relevant de automatică a fost realizat de turcul Badi’as-Zaman Isma’il ar-Razzaz al-Jazari, 1150-1220, numit “*Știința dispozitivelor ingenioase*”, care conține o parte formată din compilații și variațiuni ale proiectelor existente, iar cealaltă parte formată din investigațiile autorului (Hayes, 1983). Pe baza descrierilor detaliate, Al-Jazari a construit o serie de mecanisme. Din nou, hidraulica și mecanica au fost combinate pentru a anima figurile. Față de proiectele grecești, exemplele arabe sunt mai interesante, nu numai din punct de vedere al iluziei dramatice, ci și din punctual de vedere al controlului mediului înconjurător



pentru confortul uman. Astfel, cea mai mare contribuție arabă, în afara conservării și diseminării studiilor grecești, a fost conceptul de aplicație practică (Rosheim, 1994).

Leonardo da Vinci, 1452–1519, urmând pașii lui Hero, a studiat tot ceea ce a putut obține experimental din munca acestuia. Acesta și-a început activitatea prin verificarea și reconstituirea prototipurilor grecești, activitate care l-a inspirat în invenția organelor acționate subacvatic și a ceasurilor echipate cu figuri Jack pentru bătutul orei exacte (Silva și Machado, 2007).

În secolul optsprezece primele păpuși mecanice au fost construite în Europa, prin tehnica de producere a ceasurilor elvețiene.

Următoarea inovație semnificativă a fost introdusă în 1801 de francezul Joseph Maria Jacquard care a inventat mașina automată de țesut. Aceasta a fost prima invenție capabilă să stocheze un program și să controleze o mașină (<http://www.columbia.edu/acis/history/jacquard.html>).



Figura 1.1.3: Mașina automată de țesut a lui Jacquard

De atunci, dezvoltările ulterioare tind să imite, în special, aspectele fizice ale lumii animale. În ultimii ani, unele dintre provocările principale în robotică au fost de înzestrare a acestor mașini cu un anumit grad de inteligență, pentru a permite extragerea informației din mediul înconjurător și folosirea acestora pentru executarea sarcinilor în siguranță.

Deși nu este clar care dintre dispozitivele menționate anterior ar trebui socotit primul robot, originea termenului de robot este însă clară. Proveniența acestui cuvânt este strâns legată de scenaristul Karel Capek, care a introdus acest cuvânt în anul 1921 într-una din scenetele acestuia: R.U.R., *Roboți Universali ai lui Rossum* (Silva și Machado, 2007). Tema acestei scenete era despre dezumanizarea persoanei într-o civilizație bazată din ce în ce mai mult pe tehnologie. Sensul cuvântului s-a schimbat de-a lungul timpului.

Termenul de “robotics” (în traducere liberă *robotică*) se referă la știința care se ocupă de studiul și manipularea roboților. Acest termen a fost prima dată folosit de scriitorul și omul de știință american de origine rusă, Isaac Asimov, care a început să scrie seria “*Fundația*”, mai târziu reunită în “*Trilogia Fundația*”: “*Fundația*”, 1951, “*Fundația și Imperiul*”, 1952, și “*A doua Fundație*”, 1953, care povestesc căderea și renașterea unui vast imperiu interstelar, într-un univers din viitor. Eroul principal al acestei serii este robotul R. Daneel Olivaw care mai apare și în alte romane ale lui Asimov. Luată împreună, sunt cele mai faimoase scrieri de science-fiction. Mulți ani mai târziu a continuat seria cu “*Marginea Fundației*”, 1982 și “*Fundația și Pământul*”, 1986 și apoi s-a “întors” în perioada dinaintea acțiunii trilogiei inițiale cu “*Preludiul Fundației*”, 1988 și “*Fundația Renăscută*”, 1992. Povestirile cu roboți, dintre care multe sunt colectate în “*Eu, Robotul*”, 1950, au fost începute cam în aceeași perioadă cu “*Fundația*” și se bazează pe un set de reguli de etică pentru roboți și mașini inteligente, numite Cele Trei Legi ale Roboticii, care au influențat profund cercetătorii din ziua de azi ([http://ro.wikipedia.org/wiki/Isaac\\_Asimov](http://ro.wikipedia.org/wiki/Isaac_Asimov)).

Sistemele contemporane de robot pot fi clasificate, generic, în două arii majore:

- roboți industriali;
- roboți non-industriali, dintre care, cei mai importanți sunt roboții mobili.

În ceea ce privește roboții mobili, și anume strategia de locomoție adoptată, trebuie luate în considerare anumite aspecte ale problemei:

- cerințele sarcinii pe care robotul trebuie să o realizeze;
- restricțiile terenurilor în care un robot trebuie să opereze;
- limitările elementelor de acționare adoptate;
- sursa de putere disponibilă pentru alimentarea robotului și autonomia energiei necesară.