

# **HABILITATION THESIS**

## **SYSTEMS RELIABILITY INVESTIGATIONS ENHANCING RISK MANAGEMENT DECISIONS MAKING IN DYNAMIC ENVIRONMENTS**

**ENG. GABRIELA TONȚ, Ph.D.**  
**University of Oradea**

**2016**



## REZUMAT

Factorul integrator al activităților mele științifice, profesionale și academice este utilizarea de metode de evaluare cantitativă a fiabilității echipamentelor integrate în diverse medii dinamice pentru fundamentarea și consolidarea deciziilor în condiții de risc.

Evaluările cantitative ale fiabilității sistemelor complexe furnizează valori ale indicatorilor ce corespund nivelului real al fiabilității structurii, în timp ce în literatura de specialitate sunt disponibile valori medii, uneori, incomplete, vagi și contradictorii. Pentru a prezice comportamentul sistemelor și modelul de defectare, analiza de fiabilitate trebuie să ia în considerare relațiile de cauzalitate, punctele de influență cu alte sisteme, precum și specificitatea factorilor de mediu. Pentru adecvarea la metodologiile aplicate, sistemele analizate sunt considerate structuri formate din subsisteme compuse din elemente sau un set de atribute numărabile.

Determinarea fiabilității și disponibilității instantanee cât și a valorilor optime de fiabilitate obținute prin aproximarea caracteristicilor experimentale ale ratelor de defectare și reparare este utilizată la modelarea evoluției în timp a sistemelor cu sau fără restabilire.

Studierea nestaționarității proceselor, reprezentând evoluția în timp a sistemelor care funcționează în regimuri non-nominale și / sau tranzitorii este necesară pentru a mări acuratețea estimării probabilității sistemului de a se afla în stare de funcționare în orice moment. Precizarea nivelului optim de fiabilitate acceptabil pentru producător și utilizator, într-un mod realist, larg și extrapolabil pentru sisteme similare se realizează prin analize de fiabilitate cu grade diferite de aprofundare.

Prin evaluarea cantitativă a indicatorilor de fiabilitate se obține o imagine de ansamblu asupra probabilităților de defectare a sub-sistemelor și componentelor, deschizând posibilitatea evaluării consecințelor economice ale nivelurilor de risc pentru diferite configurații și identificarea structurii optime a sistemelor.

Cercetările teoretice și practice în domeniul fiabilității sistemelor efectuate în cadrul studiilor doctorale au fost inițiate la Universitatea "Politehnica" din București, sub conducerea regretatului profesor Vasile M. Cătuneanu.

Finalizarea lor a fost făcută la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, unde am avut onoarea ca lucrarea mea de doctorat să fie coordonată de domnul rector Radu Munteanu, profesor în sensul înalt, socratic al cuvântului.

Aceste preocupări au continuat în perioada post-doctorală, conturând trei direcții de cercetare care au fost detaliate în teza de abilitare.

Teza de abilitare sintetizează realizările profesionale mele și rezultatele cercetărilor efectuate începând cu aprilie 2005, când mi-am susținut teza de doctorat în cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, până în anul 2015.

Prima secțiune a tezei de abilitare *Cercetări privind fiabilitatea sistemelor și managementul avansat al riscului pentru consolidarea deciziilor în medii dinamice* este consacrată contribuțiilor științifice, grupate în trei părți dedicate direcțiilor de cercetare dezvoltate.

**Capitolul II** abordează problema fiabilității predictive și operaționale pentru sisteme și echipamente electrice în medii dinamice sintetizând contribuțiile cercetării post doctorale în această direcție. Ipotezele de studiu ale problematicei abordate, vizând aspectele analitice și aplicative, sunt mai generale decât cele din literatură de specialitate, ceea ce lărgeste cadrul de analiză.

Prima parte a capitolului este dedicată problemei non-stationarității în analiza fiabilității echipamentelor electrice în regimuri non-nominale și tranzitorii. Regimurile tranzitorii ale echipamentelor electrice implică variații ale performanțelor echipamentelor electrice care se propagă, creând tensiuni ce pot depăși nivelul normal de solicitare al funcționării în regim staționar.

Metoda propusă de identificare prin tehnicile Petri pentru rețele de grafuri decizionale și de tranziție a stărilor componentelor sistemelor complexe include trecerile între diversele stări asociate etapelor de control, de decizie sau situațiilor neprevăzute, modelate și simulate folosind lanțuri probabilistice Markov. Modelul percepe și redă evoluția unui sistem de două stări, caracterizate prin diferite grade de disponibilitate, incluzând stări intermediare, care implică stări de parțial succes. Acest studiu s-a concentrat asupra controlului predictibilității de operare a echipamentelor electrice în regimuri nominale prin evaluarea impactului pe care stările de tranziție îl au asupra indicatorilor de fiabilitate ai sistemelor complexe și creșterea performanțelor. Modelul este validat analitic, experimental și prin simulare LabVIEW.

A doua parte este dedicată tehnicilor de analiză ierarhică a fiabilității sistemelor electrice în regimuri dinamice. Cercetarea introduce o metodă de analiză ierarhică a fiabilității țintă prin metoda Directed Acyclic Graph (DAG) și propune un model de evaluare a indicatorilor de fiabilitate pentru un dispozitiv de comutare de putere cu sistem de așteptare. Modelul dezvoltat, validat de simulare și măsurători, va fi implementat într-un instrument software pentru prognoza unor valori realiste ale fiabilității țintă pentru sisteme similare.

Partea finală a capitolului II se concentrează pe controlul fiabilității și îmbunătățirea performanțelor, prezentând un model de calcul a ratelor de defectare pentru sisteme dinamice. Modelul propus este capabil să facă analiza datelor multivariate și face distincția între efectele îmbătrânirii naturale și forțate a sistemelor. O altă problemă abordată este identificarea, printr-o evaluare fiabilistică a performanței, a componentelor critice ale rețelelor fotovoltaice.

**Capitolul III** cuprinde prezentarea contribuțiilor din domeniul fiabilității sistemelor robotice și a rețelelor multi-senzor integrate în mediile robotice. Investigarea capacității roboților de a percepe mediul de operare pe baza informațiilor primite de la sistemul senzorial, a factorilor care determină schimbarea comportamentului robotului în situații neprevăzute în scopul de a-și realiza misiunea sunt preocupări științifice de actualitate.

O caracteristică dorită a unui robot mobil este realizarea diferitelor sarcini fără specificarea fiecărei acțiuni, prin auto-localizare și recunoașterea punctelor de reper din spațiul de lucru. Planificarea mișcărilor, alegerea setului de mișcări concurente și decizia mișcării de executat pentru a îndeplini o sarcină, în funcție de topografia momentană spațiului de lucru sunt informații necesare pentru realizarea cu succes a sarcinilor de navigare.

Pe baza prelucrării fluxurilor de date primite de la sistemele multi-senzor și a modelării dinamice a evenimentelor discrete și stohastice generate de mediul robot, am proiectat, dezvoltat și testat o metodă inteligentă de navigare globală, locală și individuală utilizând rețele Petri și lanțuri Markov în scopul planificării sarcinilor și legilor de control ale roboților mobili autonomi.

Sistemele de navigație a roboților pășitori au fost studiate printr-o abordare bayesiană a problemei localizării și cartografierii simultane (SLAM) pentru evitarea obstacolelor și a controlului stabilității dinamice teren accidentat.

Arhitectura sistemului de control dinamic pentru mersul robotului este prezentată în corelație cu un model stohastic de evaluare a sistemului de probabilităților de stărilor de tranziție uni sau bidirecționale, aplicând lanțurile neomogene / non-staționare Markov. Este analizată diagrama de rețea Petri a robotului mobil și proiectat sistemul cu arhitectură deschisă de comandă și control pentru roboți autonomi echipați cu sistem multi-senzor. Contribuțiile sunt integrate în cercetări originale ale echipei de cercetare din care fac parte, fiind brevetate la nivel național (OSIM A/00052/21.01.2010, *Method and Device for Walking Robot Dynamic Control*, (OSIM A1024/07.12.2009), *Method and Device of Propulsion without Own Energy Source for Mobile Systems*) și internațional, *Method and Device for Walking Robot Dynamic Control*, (EPO 104 64006.5/27.09.2010).

Caracterul inovativ al brevetelor este recunoscut de 13 premii internaționale:

- The Belgian International Trade Fair for Technological Innovation, EUREKA, Gold Medal with mention in Bruxelles for the Invention *Method and Device for Driving Mobil Inertial Robot* Brussels, 2009;
- Medal and Diploma of International Warsaw Inventions Show IWIS 2009, Association of Polish Inventors and Rationalizers, for the Invention *Method and Device Walking Robot Dinamic Control* Warsaw, 2009;
- Diplôme du Salon international des Inventions Genève, pour *Procédé et contrôle dynamique de la marche de robots* Genève 2010;
- Diplôme du Salon international des Inventions Genève, pour *Methode et dispositif de fonctionnement et de contrôle de robots*, Genève 2010;
- Special Prize for in Recognition of Meritorious Achievements for the Innovative Invention *Method and Device for Driving Mobil Inertial Robot*, Isfahan University of Technology, Robotic Center, Republic of Iran, 2010;
- The Belgian International Trade Fair for Technological Innovation, EUREKA, Gold Medal with mention in Bruxelles for the Innovation *Method and Device Of Propulsion Without Any Source Of Self-Energy Mobile Systems*, 2010;
- Gold Medal and Diploma of International Warsaw Inventions Show IWIS 2010, Association of Polish Inventors and Rationalizers, for the Invention *Method and Device of Dynamic Control of a Walking Robot* Invention Warsaw, 2010.
- Gold Medal with Mention and Diploma of International Warsaw Inventions Show IWIS 2010, Association of Polish Inventors and Rationalizers for the Invention *Method and Device for Driving Mobil Inertial Robot* Warsaw, 2010.
- Medal and internațional Prize of The X-th Moscow Internațional Salon Of Innovations and Investments, September 2010, Moscow, Russia, for the patent: *Method and Device for Walking Robot Dynamic Control*, 2010.
- Diplôme du Salon international des Inventions Genève, pour l'invention: *Methode et dispositif de fonctionnement et de contrôle de robots mobiles d'inertie*, 2011.
- Outstanding Invention Award, Hong Kong Polytechnic University, Diploma for the Innovation *Method and device of propulsion without any source of self-energy for mobile systems*, 2011.
- Gold Medal of the 9th International Exhibition of Inventions ARCA 2011, Zagreb, CROAȚIA, 13-15 October 2011, for the patent: *Method and device of propulsion without any source of self-energy for mobile systems*.
- Gold Medal for Inventions at 5-th IWIS Exhibition, 3-5 November 2011, Warsaw, Poland for the patent: *Method and device of propulsion without any source of self-energy for mobile systems*, 2011.

**Capitolul IV** abordează managementul riscului din perspectiva identificării, prioritizării și evaluării acestuia pentru sisteme cu disponibilitate ridicată. Modelul de evaluare a riscurilor cu metoda Bayes asociată tehnicii *Probabilistic Risk Assessments* (PRA) analizează scenarii cu probabilități diferite inițiate de evenimente neașteptate. Eficiența metodei propuse de cuantificare a riscului într-un sistem complex este validată analitic și experimental. Platforma integrată propusă pentru evaluarea probabilistică a riscului este un pas înainte spre fiabilitatea dinamică, ce utilizează metode de modelare mai realiste a variabilelor de proces și interacțiunilor dintre componente.

**A doua secțiune** a tezei prezintă perspectivele de cercetare și activitățile didactice, din perspective diferite de timp.

Pe termen mediu îmi propun să continui cercetările privind domeniul fiabilității în medii dinamice cu abordarea sistemelor de control pentru trecerea către fiabilitatea dinamică.

Abordarea optimizării configurației sistemelor multi-senzor de control a deplasării roboților mobile cu mijloacele fiabilității dinamice constituie o altă direcție a preocupărilor din viitorul apropiat.

Îmbunătățirea cursurilor de la masterat și acumularea de cunoștințe de programare sunt importante pentru dezvoltarea mea profesională în perspectiva strategică.

**A treia secțiune** cuprinde referințele bibliografice ale tezei.