

ANALIZA ȘI SINTEZA SISTEMELOR ROBOTICE MOBILE

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnica Timișoara

în domeniul de doctorat INGINERIE MECANICĂ

autor ing. Diana SAVU

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Valer DOLGA

luna 09 anul 2024

Activitatea prevăzută în planul de cercetare a fost desfășurată în cadrul Laboratorului de Senzori și Actuatore al Departamentului de Mecatronică, al Universității Politehnica Timișoara și a avut în vedere proiectul de cercetare desfășurat de Universitatea Politehnica Timișoara: „Creșterea atractivității și performanței programelor de formare doctorală și postdoctorală pentru cercetători în științe inginerești - ATTRACTING”, domeniul major de intervenție: „Programe doctorale și postdoctorale în sprijinul cercetării”, axa prioritară: ”Educație și formare profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării bazate pe cunoaștere”.

O direcție a vizat elementele senzoriale cu utilitate în construcția roboților mobili, având ca scop obținerea de informații reale din mediul de lucru. A doua direcție a vizat dezvoltarea unei structuri pentru un robot mobil și analiza teoretică și experimentală a acesteia.

Prima parte a tezei de doctorat începe cu studiul bibliografic referitor la mecatronica roboților mobil, în cadrul căruia sunt analizate funcțiile lor. Funcțiile importante ale unui robot mobil sunt: funcția de conducere, funcția de comandă și funcția de percepere a mediului în care acesta își desfășoară activitatea. Datorită acestor funcții, robotul mobil interacționează cu mediul său prin acțiuni reciproce.

Unul dintre aspectele importante în domeniul senzorial este determinarea distanțelor reale față de obiectele din mediul de lucru al roboților mobil, utilizând un sistem senzorial foarte avansat, prin care robotul poate lua decizii rapide pentru a corecta traiectoria și tipul acțiunii.

Rezultatele cercetărilor efectuate în vederea elaborării tezei de doctorat au fost valorificate prin publicarea unui număr de opt lucrări la manifestări naționale, internaționale și în reviste de specialitate.

Cercetarea desfășurată pentru realizarea obiectivului principal și a obiectivelor secundare ale tezei este descrisă succint în capitolele tezei de doctorat elaborate.

În capitolul – 1. *Introducere* – se specifică domeniul și direcțiile de cercetare în care se încadrează prezenta teză de doctorat, se justifică importanța și relevanța cercetării în domeniul cadru al mecatronicii, [M11][V3][206] se prezintă contextului general al roboticii mobile, [L2][L3][M9][S4][S12] este evidențiată motivația temei și formularea obiectivului principal al tezei. Descrierea structurii și organizării tezei este reprezentată de o schemă bloc care cuprinde parcursul activităților desfășurate pentru elaborarea tezei și modul de asociere cu obiectivele operaționale. În finalul capitolului este prezentată structura tezei de doctorat pe cele șase capitole și extensiile acestora.

Capitolul 1 conține 8 pagini și include: 4 figuri și o anexă.

În capitolul – 2. *Stadiul actual în robotica mobilă* – se prezintă o sinteză bibliografică referitoare la partea de introducere în robotica mobilă [D12] având ca inspirație biomecanica [V4]. În cadrul capitolului se fac referiri la caracteristicile specifice roboticii mobile: definirea, evoluția și criteriile de clasificare [B10]. La generalități privind arhitectura sistemului robotic mobil sunt prezentate cele trei subsisteme de bază: subsistemul senzorial, subsistemul de acționare și subsistemul de comandă și control [D11][G8]. În final sunt revizuiți și analizați o parte din algoritmi existenți pentru controlul acționării roboților mobili, prezentând avantajele și limitările acestora [D16][N9]. Tot în acest capitol sunt analizate și sintetizate calculele cinematice ale transmisiilor integrate subsistemului de acționare [L6][P4][M12]. Acestea sunt transformate în modele matematice obținute pe baza legilor fizice referitoare la aspectele mecanice și electrice [A3][A5]. Capitolul se încheie cu tendințe viitoare în ceea ce privește partea de actuatori și aplicații în robotica mobilă. Concluziile de la finalul capitolului se referă la necesitatea de a atinge obiectivele specificate și anume de optimizare a sistemelor componente, inclusiv a celor senzoriale.

Capitolul 2 conține 24 de pagini și include: 37 de figuri, 6 tabele, 10 relații de calcul și 7 anexe.

În capitolul – 3. *Studii referitoare la principiile de funcționare ale elementelor senzoriale* – sunt prezentate standuri experimentale privind procedurile de lucru și analizele statistice a datelor utilizate pentru selectarea optimă a elementelor senzoriale. În cadrul standurilor au fost realizate experimente în care s-au utilizat trei senzori utilizați frecvent în sistemele robotice mobile: senzori ultrasonici, infraroșii și senzori optici. Fiecare tip de senzor are avantaje și limitări, care influențează funcționarea optimă, astfel că alegerea lor se face în funcție de cerințele aplicației. Se ia în considerare că prin utilizarea tehnicilor de fuziune a datelor se poate îmbunătăți precizia și fiabilitatea sistemelor robotice. Combinarea informațiilor de la diferiți senzori poate oferi o imagine mai completă și mai exactă a mediului. În cadrul capitolului sunt inserate exemple de interpretare a repartițiilor probabilistice în robotică, a modului de tratare a variabilelor multiple și exemplu de calcul a unei valori estimate pe baza informației de la senzori. Fiecărui experiment i-a fost atașat calculul pentru desitatea de probabilitate și exprimarea grafică a acesteia. Concluziile finale ale acestui capitol se referă la necesitatea selectare optimă a senzorilor ca urmare a evaluării și comparării senzorilor pe baza mai multor criterii simultan, utilizând tehnici de ponderare.

Capitolul 3 conține 69 de pagini și include: 86 de figuri, 47 de tabele, 47 de relații de calcul și 19 anexe.

În capitolul – 4. *Studiul comportării elementelor senzoriale pe sisteme robotice mobile* – au fost analizate și sintetizate sistemele de acționare pentru patru roboți diferiți, ca urmare a informațiilor primite de la senzorii din zonele experimentale. Un robot mobil cu tracțiunea pe patru roți este dotat cu doi senzori ultrasonici. Robotul humanoid este dotat cu trei senzori: giroscopic, infraroșu și ultrasonic. Robotul mobil humanoid este dotat cu un senzor giroscopic dezvoltat pe kituri educaționale LEGO NXT 2. O dronă al cărei control folosește o mânășă inteligentă dotată cu senzor accelerometru. Capitolul include considerente teoretice și practice referitoare la navigarea roboților mobil. Pentru implementarea pe o platformă hardware dedicată unui software pentru controlul mișcării sunt folosite modelele matematice atribuite roboților. Structurile roboților se află în dotarea Laboratorului de Senzori și Actuatore a Departamentului de Mecatronică din cadrul Universității Politehnica Timișoara. Sunt prezentate exemple concrete, simulării și concluzii. În finalul capitolului sunt inserate rezultate experimentale obținute prin urmărirea comportamentului roboților în scena de lucru. Una din concluziile finale se referă la utilizarea combinată a senzorilor. Prin plasarea strategică a lor pentru a maximiza acoperirea și a minimiza unghiurile moarte se permite o percepție optimă a mediului înconjurător.

Capitolul 4 conține 31 de pagini și include: 37 de figuri, 9 tabele, 33 de relații de calcul și 9 anexe.

Capitolul – 5. *Cercetări privind aplicațiile platformelor mecatronice în educație* – are ca obiectiv operațional utilizarea platformelor mecatronice în proiecte educaționale. În acest capitol sunt abordate modele reprezentative de platforme educaționale: Arduino, Lego Mindstorm NXT, Festo și Omron. Studiul temelor propuse în cadrul acestor platforme se face utilizând platformele fizice și virtuale [D11]. Pe parcursul acestui capitol se are în vedere ca rezultatele eperimentale obținute în capitolele anterioare să stea la baza aplicațiilor utilizate. Simularea oferă posibilitatea de a testa corectitudinea proiectului înainte de a-l pune în aplicare practică. Realizarea paginilor WEB și avantajul utilizării sunt redade în finalul capitolului. În concluzie utilizarea platformelor mecatronice în proiecte educaționale încurajează creativitatea și inovația.

Capitolul 5 conține 30 de pagini și include: 42 de figuri, 7 tabele și 2 anexe.

Capitolul – 6. *Concluzii finale, contribuții și recomandări viitoare* - se constituie într-o sinteză a activității desfășurate, a concluziilor care se desprind în urma activităților desfășurate și trece în revistă contribuțiile personale și recomandările pentru cercetările viitoare.

Capitolul 6 conține 5 de pagini

Bibliografia include o parte din titlurile utilizate pe parcursul elaborării tezei. Bibliografia cuprinde 286 de titluri bibliografice pe 14 pagini

În cadrul capitolului *Anexe* sunt incluse materiale rezultate și prelucrate în perioada de elaborare a tezei. Aceste materiale au fost utilizate pentru redactarea capitolelor tezei.