

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC, ETAPA I (2018)

Rezumat: Definirea, analiza, selectia și integrarea structurilor senzoriale în sistemul de conducere pentru platforma mobilă. Au fost desfășurate trei activități: Fundamentarea metodologiei de implementare a PHS_SVF; Analiza comparativă a diferitelor soluții de modelare: Proiectarea Mediului Virtual de Dezvoltare. Ca prim obiectiv s-a realizat o analiză SWOT a soluției concepute pentru o platformă dedicată modelării și simulării liniilor de fabricație flexibilă folosind tehnologii hibride. Analiza s-a finalizat printr-un studiu de fezabilitate privind capacitatea PHS_SVF de a satisface cerințele specifice ce decurg din obiectivele proiectului. În studiul tehnic s-a verificat modul în care sunt satisfăcute cerințele de integrare în modelul liniilor de fabricație deservite de sisteme robotice, a modelelor cinematice pentru sistemele autonome complexe (SAC). precum și a specificațiilor industriale pentru configurații distribuite de senzori și sisteme servoing vizuale. Totodată s-a realizat prin simulare o analiză comparativă a diferitelor soluții de modelare. Pentru a efectua analizele menționate a fost proiectat și implementat Mediul Virtual de Dezvoltare care permite verificarea și modelelor și algoritmilor de monitorizare și conducere. Această etapă are ca rezultat determinarea modelelor cinematice și dinamice pentru platformele mobile echipate cu manipuloare robotice, ce reprezintă suportul pentru Sistem Autonom Complex-Asistent Robotic Personal SAC-ARP și Sistem Autonom Complex -Vehicul Autonom Multidirecțional SAC-VAM. Aceste modele, odată obținute, sunt utilizate pentru sinteza legilor de comandă care sunt implementate în structura de conducere. Modelele cinematice și dinamice pentru SAC –ARP și SAC VAM sunt neliniare și, având în vedere obiectivele celor două sisteme complexe, amândouă având sarcină variabilă, au dus la proiectarea unor structuri de conducere în care algoritmi de conducere, pentru navigație, asigură robustețea în condițiile în care există incertitudini. Pentru conducerea acestor sisteme neliniare, a fost folosită metoda de conducere „Sliding Mode Control”. Sunt prezentate structura de conducere și legile de comandă precum și rezultatele simulării pentru câteva scenarii posibile, care prezintă avantajele utilizării acestor algoritmi. Raportul tehnico-științific prezintă rezultatele cercetărilor care au avut două obiective: modelarea și conducerea acestor sisteme. Cercetările, aferente capitolului Etapa 1-4, au condus la realizarea modelelor și colectarea rezultatelor de simulare pentru linii de fabricație flexibilă de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, de asamblare/dezasamblare(A/D) cu SAC integrate în tehnologii de deservire, SAC-ARP, platformă robotică autonomă cu două roți motoare, una sau două roți libere și manipulator, SAC-VAM, vehicul autonom cu 4 roți motoare multidirecționale și manipulator. Valorificând rezultatele modelării și simulării, s-a proiectat postul de dezamblare, precum și platforma robotica de manipulare, destinată fabricației flexibile. În final, se pot livra soluțiile tehnice pentru realizarea obiectivelor de flexibilitate și reversibilitate a fabricației: proiectul tehnic de execuție a modulelor suplimentare, precum și proiectul sistemului suplimentar de senzori distribuiți și sisteme servoing vizuale. Raportul științific pune în evidență soluțiile pe care echipa de lucru a Proiectului 5 le oferă pentru cerințele Etapei 1. În Raportul științific detaliat încărcat pe platforma proiectului P5 (http://www.cidsacteh.ugal.ro/documente/Raport_extins_Pr5.pdf), se pot vizualiza soluțiile și rezultatele pentru cercetări aferente Etapei 1. ”Analiza și modelarea structurilor senzoriale specifice tehnologiilor de asistare medico-socială și deservire de linii de fabricație de precizie cu sisteme autonome complexe integrate”.

DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ, CU PUNEREA ÎN EVIDENȚA A REZULTATELOR ETAPEI ȘI GRADUL DE REALIZAREA OBIECTIVELOR, REZULTATELE ȘI MODUL DE DISEMINARE A REZULTATELOR LA NIVELUL PROIECTULUI COMPLEX, CAT ȘI LA NIVELUL FIECARUI PROIECT COMPONENT :

PROIECT 1:

Activitatea 1.1 Analiza de sistem pentru platformele mobile.

În procesul de proiectare a platformei mobile inteligente se urmărește rezolvarea următoarelor probleme:

- Crearea unui model, în timp real, cât mai exact al mediului înconjurător în care evoluează echipamentul;
- Crearea unei structuri hardware performante care să asigure urmărirea liniei de către mobil a traiectoriei dorite, dintr-un punct A într-un punct B, fără socuri, cu evitarea coliziunilor și cu asigurarea stabilității în timpul deplasării;
- Implementarea unor programe software și a unor algoritmi care să asigure, pe de o parte, comanda elementelor de acționare, pe baza informațiilor primite de la sistemul senzorial, astfel încât echipamentul hardware al scaunului rulant să asigure realizarea parametrilor de mișcare conform dezideratelor amintite mai sus și gestionarea traficului din intersecții și, pe de altă parte, “dialogul” (interfața) utilizator - echipament mobil să fie cât mai prietenos.

Determinarea marimilor care trebuie măsurate (distanțe, viteze, accelerații). În concluzie, parametrii de mișcare, în raport cu obstacolele, care trebuie măsurați în timpul deplasării caruciorului mobil sunt: distanțele (pe axele x, y și z, de exemplu pentru a determina distanța și poziția relativă în raport cu obstacolele), vitezele (de exemplu pentru menținerea unei viteze de deplasare constante în timpul deplasării), accelerația (de exemplu pentru pornirea sau oprirea confortabilă și în condiții de siguranță a platformei).

Rezultate: S-au obținut următoarele rezultate:

Marimile de măsurat descrise sistemic: mecanic, electric, electronic și informatic

Determinarea preciziilor necesare pentru masurarile identificate. Scopul utilizarii carucioarelor mobile speciale la persoanele cu dizabilitati este acela de compensare a unor functii de miscare afectate. Viteza de deplasare nominala a unui astfel de carucior trebuie sa fie aproximativ de valoarea vitezei de deplasare, pe picioare, a unei persoane fara dizabilitati.

Rezultate:S-au obtinut urmatoarele rezultate: Preciziile de lucru descrise sistemic: mecanic, electric, electronic si informatic

Identificarea tipurilor de senzori care pot sustine solutiile principale identificate: sonare (giroscoape fara fir, receptoare GPS, senzori de infrarosu, limitatoare, senzori de vedere artificiala). Analiza performantelor tehnice si economice pentru configuratiile de senzori utilizabili pe platformele mobile. Conform analizei de sistem pentru platforme mobile, in urma careia s-au determinat marimile care trebuie masurate si preciziile acestora, au fost selectate si analizate urmatoarele tipuri de senzori:

Senzori tip LiDAR

Studiul solutiilor prezentate in literatura de specialitate a relevat existenta unor variante de platforme mobile care utilizeaza 2 sau 3 senzori LiDAR capabili sa realizeze harti tridimensionale ale mediului in care se deplaseaza platforma mobila. Deoarece costul unui astfel de senzor LiDAR este foarte ridicat, propunem o varianta in care se va utiliza un senzor LiDAR 3D, pentru a oferi o imagine globala a mediului in care se deplaseaza platforma mobila, asistat de un numar de senzori LiDAR 2D, al caror cost este considerabil mai mic.

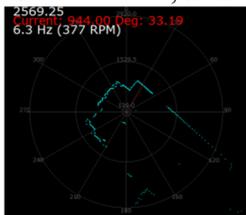


Fig.1 Exemplu de cartografiere 2D a mediului din jurul platformei mobile

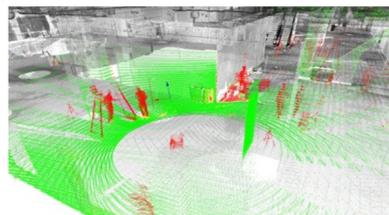


Fig.2 Exemplu de cartografiere 3D a mediului din jurul platformei mobile

Senzorul LiDAR principal va trebui sa asigure cartografierea tridimensionala a mediului in care platforma mobila se deplaseaza, oferind informatii asupra obstacolelor existente, sa aiba dimensiuni compacte, sa asigure precizia de masurare necesara si sa nu dauneze ochiului uman. Caracteristicile rezultate in urma modelarii si simularilor efectuate in laborator sunt descrise in Raportul Stiintific Detaliat.

Senzori laser 2D auxiliary: Datorita configuratiei platformei mobile, utilizarea unui singur dispozitiv LiDAR 3D conduce la aparitia unor "zone oarbe" in imediata vecinatate a acestuia. Caracteristicile rezultate in urma modelarii si simularilor efectuate in laborator necesare pentru acesti senzori sunt descrise in Raportul Stiintific Detaliat

Senzori de proximitate si masurare de distanta (inertiali, infrarosu, sonar, laser, imagine): In structura platformei mobile este necesara folosirea unui sistem senzorial de masurat distanta care sa ajute la evitarea obstacolelor.

Au fost studiate si analizate urmatoarele tipuri de senzori:

Senzor de proximitate O1DLF3KG/IO-LINK: Senzorii de proximitate optici sunt în mod special preferați în măsurătorile fara contact, deoarece transmisia și reflexia luminii pot fi utilizate fără contactul cu suprafața obiectului.

Senzor ultrasonic HRLV-MaxSonar-EZ0: HRLV-MaxSonar-EZ este solutia cea mai rentabila pentru aplicatii unde precizia de detectare a distantei, functionarea la tensiune joasa si costul redus sunt importante.

Senzorii de distanta GP2Y0A710K0F si GP2Y0A02YK0F Sunt senzori de masurare a distantei, compusi dintr-o combinatie integrata de senzor optic de masurare a distantei, IRED (dioda emitatoare de lumina infrarosie) si un circuit de procesare a semnalului.

Folosind tipurile de senzori studiatii am simulat urmatoarele configuratii pentru senzorii de distanta:



Fig. 3 Propunere de amplasare a senzilor de distanta pe platforma mobila

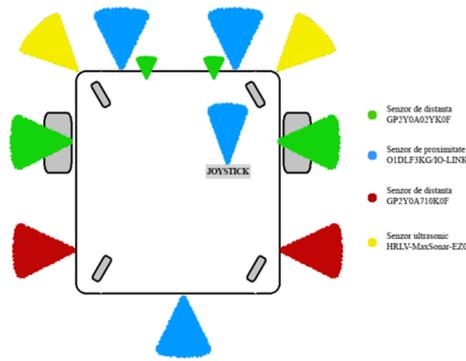


Fig. 4 Configuratia 1

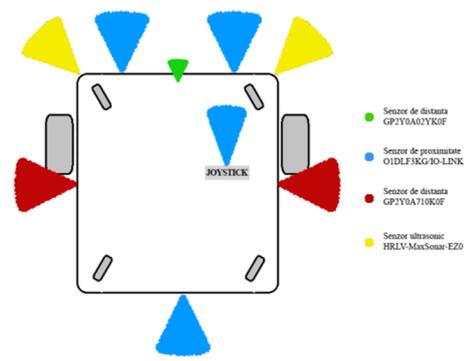


Fig. 5 Configuratia 2

Dispozitive integrate accelerometru si giroscop & accelerometru si compas

Unitatea de referinta inertiala (IMU – Inertial Measurement Unit) accelerometru si giroscop ar trebui sa dispuna de un senzor integrat care sa asigure fuziunea datelor masurate pe 9 axe combinand acceleratia si miscarea de rotatie plus informatiile de directie intr-un singur flux de date pentru aplicatie, iar IMU accelerometru si compas ar trebui sa dispuna de un senzor integrat digital 3D de accelerație liniară și un senzor magnetic digital 3D si ambele sa includa un port auxiliar de comunicare I2C.

Senzor de termoviziune: Senzorul de termoviziune ar trebui sa fie o matrice de dimensiune 8x8 pixeli. Aceasta trebuie sa fie capabila să detecteze temperatura. Senzorul ar trebui sa fie asemanator cu o camera termică, doar într-o rezoluție foarte scăzută.

Sisteme de urmarire a gesturilor: In paragrafele urmatoare vom indentifica si analiza solutii existente in literatura de specialitate, cat si solutii comerciale utilizate ca dispozitive de interfata om-masina bazate pe urmarirea gesturilor umane: miscarea capului, mimica, miscarea ochilor.

Sisteme de urmarire a miscarilor ochilor: Sistemul de urmărire a ochilor este un sistem de interfata om-masina dedicat pentru controlul unor dispozitive, prin folosirea privirii pentru introducerea datelor de intrare.

Sisteme de urmarire a miscarilor capului: Sistemul de urmărire a capului este dedicat pentru controlul fără mâini a unor dispozitive IT. Această caracteristică îl face foarte util pentru persoanele paraplegice cu grad mare de dizabilitate fizică.

Microsoft Kinect: Se dorește integrarea acestui sistem în fotoliul rulant pentru urmărirea comenzilor vocale, a gesticii și a mișcării părții superioare a corpului.

După studiul domeniului din punct de vedere informatic, electronic si economic al soluțiilor prezentate in literatura de specialitate, cat si a celor comerciale, au fost efectuate modelari si simulari in laborator, iar senzorii care indeplinesc toate cerintele tehnice, impuse de preciziile necesare proiectarii platformei mobile, si economice sunt: senzorul LiDAR produs de compania Velodyne, model VLP-16 Puck, : RPLiDAR A2, LIDAR Lite P3, senzorul optic de proximitate O1DLF3KG-IO-LINK, senzorul HRLV-MaxSonar-EZ, senzorul de masurat distanta GP2Y0A710K0F, senzorul de masurat distanta GP2Y0A02YK0F, dispozitiv integrat accelerometru si compas LSM303DLHC, dispozitiv integrat accelerometru si giroscop MPU6050, senzorul de termoviziune Grid-EYE (Qwiic) - AMG8833, sistemul TRACKIR 5, sistemul Tobii Eye Tracker 4C, Microsoft Kinect.

Rezultate: S-au obtinut urmatoarele rezultate: Configuratii pentru senzorii analizati in descriere sistemica: electronic, informatic si economic

Selectarea solutiilor optime pentru senzorii analizati: In urma analizei efectuate pe parcursul acestei activitati, solutiile optime, din punct de vedere senzorial, pentru platforma mobila sunt prezentate in tabelul de mai jos:

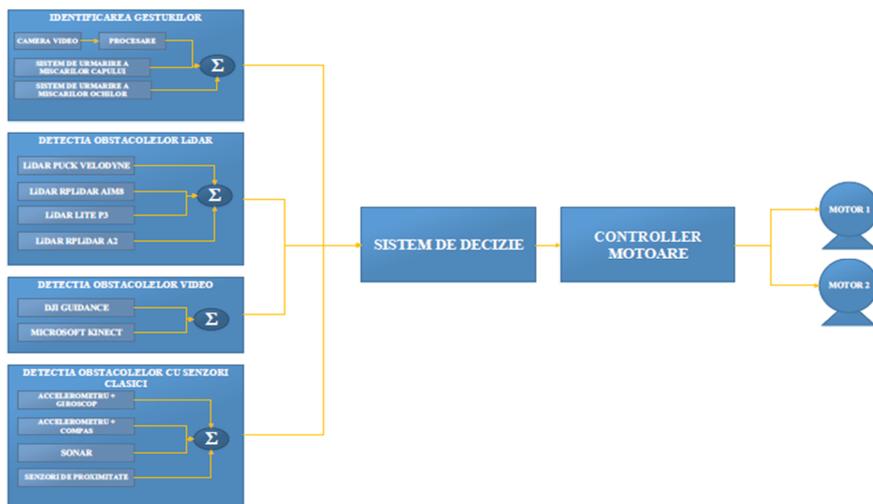
Nr. crt.	Denumire senzor	Tip senzor	Rolul senzorului	Pret de achizitie
1	Velodyne Puck VLP16 Lidar	senzor laser	Masurarea distantei	42300
2	RPLIDAR A1M8 - 360 Laser Scanner Development Kit	senzor laser	Masurarea distantei	999
3	LIDAR Lite P3	senzor laser	Masurarea distantei	899
4	RPLidar A2	senzor laser	Masurarea distantei	
5	DJI Guidance	senzor de vedere	Detectarea obstacolelor dupa 5 directii	
6	TRACKIR 5	senzor de vedere	Urmarirea miscarii capului	
7	Tobii Eye Tracker 4C	senzor de vedere	Urmarirea miscarii ochilor	
8	Grid-EYE (Qwiic) - AMG8833	senzor de vedere	Termoviziune	249
9	Camera video	senzor de vedere	Recunoasterea gesturilor	
10	Accelerometru + Giroscop IMU MPU 6050	senzor electromecanic	Masurarea acceleratiei si pozitiei platformei mobile	199
11	FLORA Accelerometru+ Compas LSM303DLHC	senzor electromecanic + senzor magnetic	Masurarea acceleratiei si orientarii platformei mobile	98
12	Senzor de distanta GP2Y0A02YK0F	senzor infrarosu	Masurarea distantei fata de	58

			obstacole	
13	Senzor de distanta GP2Y0A710K0F	senzor infrarosu	Masurarea distantei fata de obstacole	160
14	Senzor de proximitate O1DLF3KG/IO-LINK	senzor optic	Masurarea distantei fata de obstacole	
15	HRLV-MaxSonar-EZ0	senzor ultrasonic	Masurarea distantei fata de obstacole	

Rezultate: Solutiile pentru senzorii selectati in descriere sistematica: electronic, informatic si economic

Activitatea 1.2 Integrarea sistematica a solutiilor individuale senzoriale selectate la Activitatea 1.1

In sectiunea de mai jos sunt prezentate mai multe variante de sisteme senzoriale ce echipeaza platforma mobila, sisteme ce integreaza senzori si traductoare de mai multe tipuri, din generatii mai vechi sau mai noi, cu preturi mai mari sau mai mici, astfel incat sa fie asigurate, pe de o parte, toate informatiile necesare procesului de generare de catre sistemul de conducere a deciziilor necesare si de o diversitate corespunzatoare si, pe de alta parte, sa asigure un pret bun, fara afectarea calitatii datelor achizitionate, astfel incat indicatorul pret-calitate pentru produsul discutat in acest proiect sa fie acceptabil.



Proiectarea structurii senzoriale pentru platforma mobila

In sectiunea de mai jos este propusa, printr-o descriere sistematica, o posibila varianta de structura senzoriala pentru platforma mobila avuta in vedere in proiectul de fata care sa indeplineasca atributele corespunzatoare din punct de vedere mecanic, electric, electronic si economic.



Rezultate: S-au obtinut urmatoarele rezultate: Structura senzoriala integrata in descriere sistematica: electronic, informatic si economic.

Activitatea 1.3 Analiza si selectarea solutiilor de conversie, de semnale si de cuplare numerica a componentelor arhitecturii

Analiza si selectarea solutiilor de comunicatie, cu fir si fara fir, care sa sustina integrarea senzoriala

In cadrul Activitatii 1-1-1 au fost identificate, analizate si selectate solutiile optime pentru configuratiile de senzori utilizabili pe platformele mobile. Configuratiile de senzori selectate impun utilizarea unor solutii de conversie de semnale si de cuplare numerica a acestora cu SISTEMUL DE DECIZIE; informatia oferita de senzori se incadreaza intr-una din urmatoarele categorii de semnal: analog, numeric prin protocol de comunicatie I2C, numeric prin protocol IO-Link Master, numeric prin protocol Ethernet. Astfel, pentru configuratiile de senzori care ofera semnal de iesire analog este necesara achizitionarea unui modul de conversie analog-numeric, astfel incat informatia convertita sa fie disponibila in cel mai scurt timp pentru SISTEMUL DE DECIZIE. Modulul de achizitii date USB ar trebui sa dispuna de un circuit integrat digital configurabil de catre utilizator.

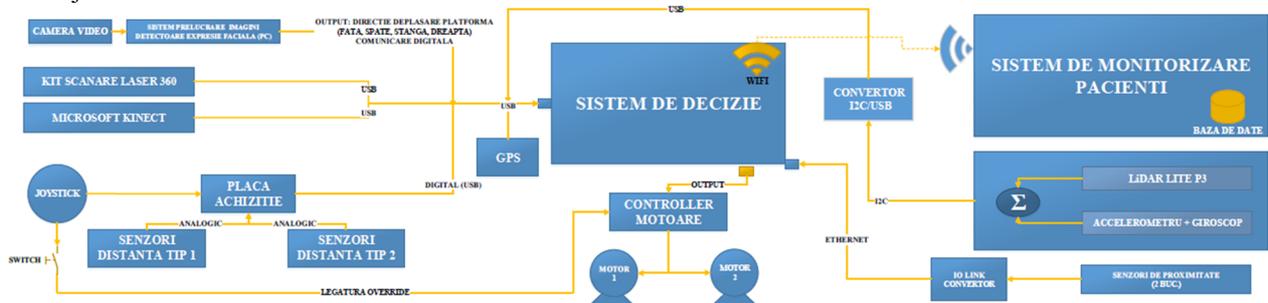
Protocolul de comunicatie IO-Link Master este un protocol de comunicatie industrială cablat, bi-direcțional, digital (standard IEC 61131-9), destinat interconectării senzorilor digitali amplasați pe o arie restransă și apoi retransmiterea informației la distanță prin intermediul protocolului de comunicatie Ethernet.

Rezultate: S-au obtinut urmatoarele rezultate:

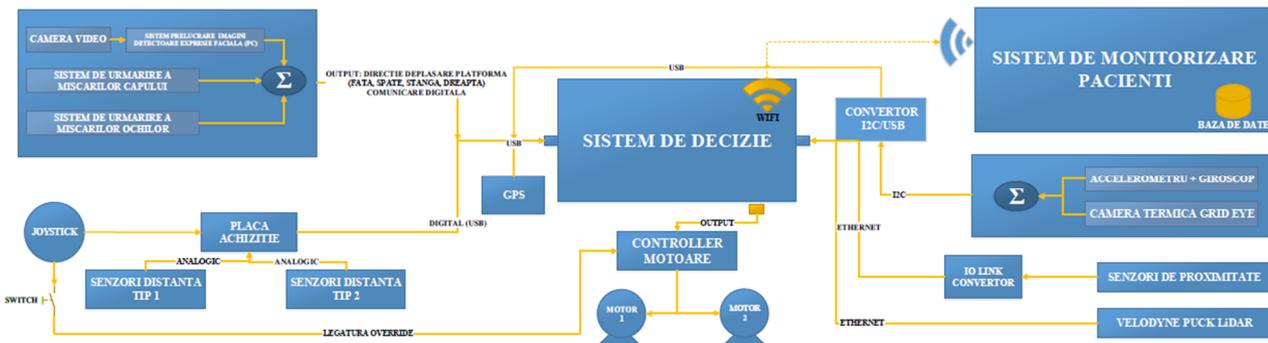
1) Solutia pentru conversia semnalelor si interfatarea numerica a componentelor senzoriale.

2) Solutia pentru comunicatia dintre componentele sistemului senzorial sis sistemul de conducere.

Analiza si selectarea tehnicilor de integrare senzoriala intre senzorii de vedere artificiala bazati pe imagini propriu-zise si ceilalti senzori. Analiza si selectarea solutiilor de integrare si interfatare a arhitecturii senzoriale in arhitectura de conducere pentru platforma mobila. Soluția de fuziune este, de asemenea, cunoscută sub numele de fuziune de date (multi-senzori) și este un subset de fuziune a informațiilor. Cateva dintre solutiile posibile pentru modul de integrare si de interfatare a arhitecturii senzoriale in arhitectura de conducere pentru platforma mobila sunt propuse in diagramele de mai jos:

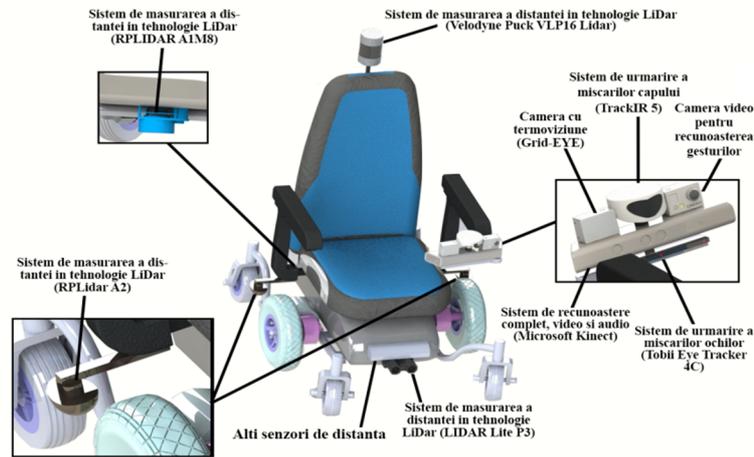


Varianta 1 – Solutie de integrare si de interfatare a arhitecturii senzoriale in arhitectura de conducere, utilizand camera video, senzorul kinect ca sistem de interfata om-masina, si senzorii de distanta tip 1 (GP2Y0A710K0F), tip 2 (GP2Y0A02YK0F), sistemele in tehnologie LiDar (Kit scanare laser 360 si LiDar LITE P3) pentru detectia obstacolelor precum si dispozitivul integrat accelerometru si giroskop pentru masurarea acceleratiei si pozitiei platformei mobile.



Varianta 2 – Solutie de integrare si de interfatare a arhitecturii senzoriale in arhitectura de conducere, utilizand camera video, sistemul de urmarire a miscarilor capului, sistemul de urmarire a miscarilor ochilor ca sistem de interfata om-masina, si senzorii de distanta tip 1 (GP2Y0A710K0F), tip 2 (GP2Y0A02YK0F), sistemul in tehnologie LiDar (Velodyne Puck VLP16), senzorii de proximitate (O1DLF3KG/IO-LINK) pentru detectia obstacolelor precum si dispozitivul integrat accelerometru si giroskop pentru masurarea acceleratiei si pozitiei platformei mobile.

O solutie posibila pentru modul de integrare si de interfatare a arhitecturii senzoriale, din punct de vedere al amplasarii pe platforma mobila este reprezentata in figura de mai jos:



Rezultate: S-au obtinut urmatoarele rezultate:

- 1) Solutia de integrare senzoriala intre senzorii selectati.
- 2) Solutii de integrare a arhitecturii senzoriale in arhitectura de conducere a platformei mobile.

CONCLUZII: Raportul stiintific detaliat pune in evidenta solutiile stiintifice pe care echipa de lucru a Proiectului 1 le ofera pentru cerintele Etapei 1. In raportul stiintific detaliat in carcat pe platforma proiectului P1 (http://cidsactech.ucv.ro/data/uploaded/Documente/RAPORT_CIDSACTEH_P1.pdf parola:cidsacteh), se pot vizualiza solutiile/ rezultatele pentru cercetari aferente Etapei 1. Proiect 1 "Conducerea inteligentă și distribuită a 3 sisteme autonome complexe integrate în tehnologii emergente către asistare personală medico-socială și deservire de linii de fabricație flexibilă de precizie".

DISEMINARE - Articole(ISI sau BDI)

22nd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), October 10-12, 2018, Sinaia, Romania (IEEE Xplore Digital Library, Thomson Reuters Conference Proceedings Citation Index):

1. Computer Vision Techniques for Collision Analysis. A Study Case - Manta Liviu Florin, Sorin Dumitru, Dorian Cojocaru.
2. Dynamic Navigation Aspects of an Automated Medical Wheelchair – Mircea Nitulescu, Mircea Ivanescu
3. Hyper-Redundant Arm with ER Fluid Based Actuator and Control System – Ionel Cristian Vladu, Stoian Viorel.

The 28th EAEEIE - European Association for Education in Electrical and Information Engineering Annual Conference, September 26-28, 2018, Reykjavik (IEEE Xplore Digital Library):

1. Young Engineers Involved in Education and Research – Dorian Cojocaru, Manta Liviu Florin, Cristina Resceanu, Daniela Patrascu Pana.

PROIECT 2: Activitatea 1.4. Fundamentarea metodologiei de implementare a PHS_SVF

Activitatea constă în efectuarea unei analize extinse a fezabilității soluției pentru PHS_SVF pentru a identifica cerințele specifice referitoare la proiect ce decurg din acestea. Ca rezultat al analizei s-a elaborat un studiu de fezabilitate privind satisfacerea obiectivelor.

Studiul demonstrează modalitățile prin care Platforma Hibridă de Simulare pentru Sisteme Virtuale de Fabricație (PHS_SVF) oferă posibilitatea de dezvoltare de noi tehnici dedicate proiectării și exploatării proceselor de fabricație și totodată furnizarea serviciilor necesare creșterii competitivității și productivității. Validarea soluției se va face prin confirmarea modului de proiectare, simulare, analiză și reconfigurare a unei linii de fabricație de asamblare/dezasamblare (LA/D) cu doua Sisteme Autonome Complexe (SAC) integrate în tehnologii de deservire cu acțiune colaborativa: SAC-ARP, platformă robotică autonomă cu două roți motoare și SAC-VAM, vehicul autonom cu 4 roți motoare multidirecționale și manipulator.

Pentru îndeplinirea obiectivelor PHS_SVF în cadrul acestei etape a fost necesară implementarea unui mediu virtual de dezvoltare (MVD) pentru modelarea liniilor de fabricație capabil să emuleze mai multe structuri de simulare. MVD permite integrarea diferitelor concepte și tehnologii noi, cum ar fi sistemele încorporate, hardware-in-loop, arhitecturile bazate pe modele, rețelele de cloud computing sau senzori.

Conform studiului de fezabilitate, următoarele realizări pot fi considerate rezultate ale utilizării PHS_SVF:

- Prototipuri virtuale ale liniilor de fabricație controlate de rețele de senzori bazate pe modele.
- Sistem de producție bazat pe Cloud pentru controlul automat al liniilor flexibile de fabricație.
- Sprijin pentru fabricația contextuală și adaptabilă.
- Arhitecturi de supraveghere și control pentru platformele automate de control și platforme robotizate.
- Aplicații în mediul de servicii "Internet of Things".
- Dezvoltarea algoritmilor de detecție, analiză a riscurilor și prevenirea pericolelor.
- Implementarea noilor algoritmi într-un format de bloc de funcții reutilizabile standardizat.

- Implementarea, testarea și validarea unei biblioteci de active software (modele, algoritmi, structuri de date, standarde) ce pot fi utilizate cu ușurință ca elemente structurale în proiectarea sistemelor de producție și fabricație prin reutilizarea software-ului.

Un rezumat al rezultatele cuantificabile și corespondența acestora cu obiectivele proiectului PHS_SVF sunt prezentate în următorul tabel.

Tabel 1

Obiective PHS_SVF	Rezultate preconizate
Simularea continuă și discretă a proceselor de fabricație, prognozarea comportamentului sistemelor și proceselor de fabricație	Analiza a trei tipuri de tehnologii de modelare și simulare în producția digitală, pentru produse, procese și sisteme de producție
Dezvoltarea rapidă a prototipului software care oferă cel puțin o parte din funcționalitatea unui sistem și permite testarea unui produs înainte de scrierea codului sursă sau construirea hardware-ului.	Proiectarea produselor într-o măsură mai mare prin metode de optimizare virtuală, incluzând procesul de prelucrare a produselor, procesul de asamblare, planificarea sistemului de producție, reorganizarea și reconfigurarea
Preluarea soluțiilor avansate TI&C în ceea ce privește puterea de calcul și viteza de comunicare pentru generarea și exploatarea "Big Data"	Platforma PHS_SVF implementează o nouă infrastructură numită Sensor-Cloud Infrastructure (ISC), care poate gestiona senzori fizici pe infrastructura IT.
Standardizarea produselor de tip activ software în cadrul standardului de funcții bloc.	Dezvoltarea unui format de bloc standard care garantează interoperabilitatea activelor.
O nouă generație de metode și instrumente de modelare, simulare, prognoză și suport decizional.	Integrarea în modele a factorilor stocastici care afectează eficiența liniilor de asamblare a modelelor mixte.
Vizualizarea multimodală și tehnologiile de interacțiune, susținând un control al producției în timp real	Dezvoltarea unei arhitecturi Hardware-in-Loop (HIL) care permite ca vizualizarea să fie atașată unui model comportamental specific.
Metode de modelare și simulare, inclusiv modele hibride discret/continuu multiple și integrate, care permit reducerea timpului de comutare	Implementarea procedurilor HPS, care oferă planificatorului de proces posibilitatea de a integra componente într-un sistem care se află în faza de simulare
Instrumente multidisciplinare și multi-obiectiv de optimizare a proiectării printr-o abordare holistică;	Dezvoltarea unei metodologii de proiectare a structurilor fractale multi-agent
Integrarea în timp real a experimentelor bazate pe combinația de date simulate și respectiv reale.	Utilizarea de modele multiple de simulare exactă cu suport de procesare paralelă.
Dezvoltarea de sisteme integrate bazate pe cunoștințe ce acopera ciclul complet de viață al produsului cu analize avansate,	Dezvoltarea unei Ontologii HPS care oferă o arhitectură conceptuală pentru implementarea oricărui tip de sistem de fabricație.
Exploatarea potențialului de servicii bazate pe Internet, inclusiv cloud computing și software în rețea, utilizând abordări Open Source	Implementarea unei Biblioteci on-line care furnizează servicii Cloud pentru acces și procesare a unei cantități mari de active software
Creșterea gradului de conștientizare a beneficiilor serviciilor în cloud prin utilizarea resurselor de calcul eterogene și distribuite	Platforma oferă flexibilitate cu privire la testarea continuă și actualizări în ceea ce privește algoritmii și modulele care sunt implicat eîn "ciclul de viață" al secvenței de control.
Implementarea paradigmei de programare orientate pe necesități care constă în îmbunătățirea pachetelor software, exploatând dimensiunile colaborative ale dezvoltării software-ului	Platforma oferă utilizatorilor posibilitatea de a testa activele și de a trimite feedback. Ei au, de asemenea, posibilitatea de a trimite rapoarte și rezoluții cu privire la întreaga aplicație care se poate adapta astfel la cerințele utilizatorilor.
Consolidarea colaborării industrie – cercetare prin schimbul de date tehnice	Relații mai puternice între cercetarea academică și cea industrială

Activitatea 1.5. Analiza comparativa a diferitelor solutii de modelare (continua sau hibrida) a fabricației flexibile și a re-fabricației produselor reutilizabile deservite independent sau colaborativ de sistemele autonome robotice de tip SAC-ARP și / sau SAC-VAM

Prin studiul tehnic s-a verificat și documentat modul în care sunt satisfacute cerințele de integrare în modelul liniilor de fabricație deservite de sisteme robotice, a modelelor cinematice pentru sistemele autonome complexe precum și a specificațiilor industriale pentru configurații distribuite de senzori și sisteme servoing vizuale conform cerințelor proiectelor 1 și 3. Pentru a păstra omogenitatea proiectului, modelele elaborate au corespuns aceleiași linii mecatronice de asamblare/dezasamblare utilizată în Proiectul 4. Linia a fost asimilată cu un sistem cu evenimente discrete (SED), ceea ce justifică explica utilizarea Retelelor Petri ca instrument de modelare. Linia este formată din cinci stații (vezi Fig.1). Pentru simplificare s-a realizat un model tip de rețea Petri pentru fiecare stație.

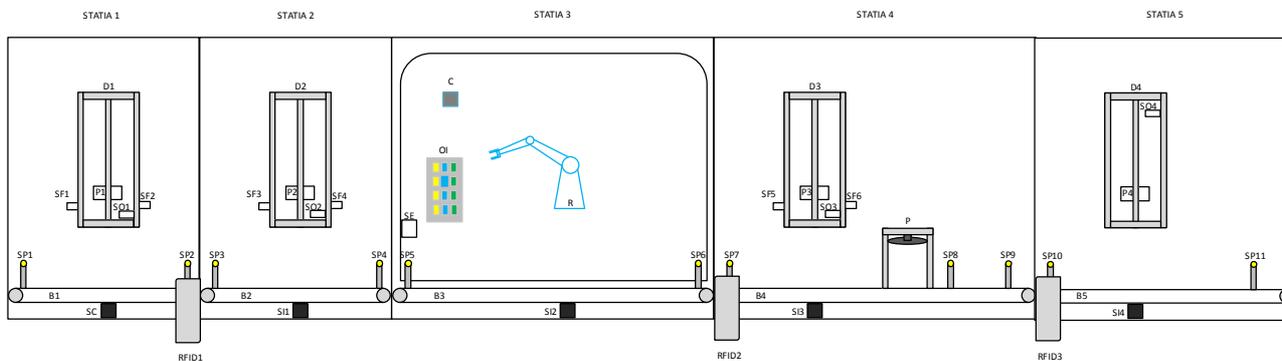


Fig. 1. Schema bloc a liniei mecatronice de asamblare/dezasamblare

Pentru explicarea modelului se prezintă în continuare detalii despre stația 1. Pentru celelalte stații principiile de lucru și metodologia de modelare sunt asemănătoare.

Stația 1 conține o bandă transportoare (B1), doi senzori inductivi amplasați la începutul și sfârșitul benzii (SP1, SP2), un RFID (RFID1) - amplasat la sfârșitul benzii transportoare, un depozit (D1) format din: un cadru în interiorul căruia se afla stocate paletetele, paletete, un senzor optic (SO1) pentru confirmarea existenței unei paletete în cadru, doi senzori de feedback (SF1, SF2) - amplasați pe părțile laterale ale cadrului, un senzor capacitiv (SC) - amplasat sub cadru.

Stația 1 este un post de alimentare a liniei. Se pot alege până la 4 produse finite. Pentru fiecare produs finit se aleg produsele interne componente și amplasarea acestora pe paletete. Se pot alege maxim 4 produse interne. Se eliberează o paletete. Eliberarea se face în doi pași: 1) Se extinde cilindrul și blochează penultima piesă; 2) Senzorii de feedback se retrag și eliberează ultimul produs. Dacă produsul a fost eliberat și a ajuns pe bandă, se activează senzorul capacitiv aflat sub depozitul de piese și automatul programabil dă comanda de pornire bandă. Când produsul ajunge în dreptul RFID 1, banda 1 se oprește, se scriu datele pe paletete și apoi banda 1 pornește din nou. Se activează senzorul SP2, se activează senzorul SP3, pornește banda B2.

În fig.2 se prezintă modelul RP pentru funcționarea stației 1.

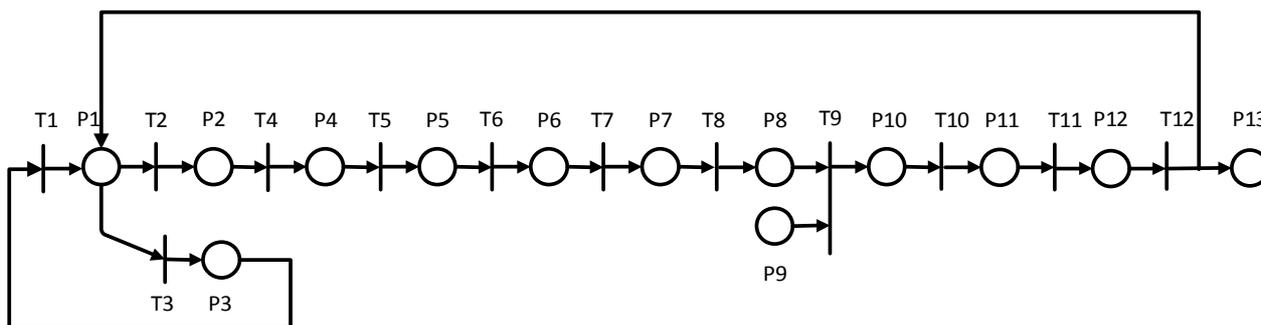


Fig.2. Model tip Rețea Petri pentru funcționarea Stației 1.

Semnificația notațiilor din fig.2 este:

Tranziții STATIA 1: T1 - Comanda număr produse finite, comanda piese interne pentru produsul finit, amplasare piese pe baza pentru fiecare produs finit; T2 - Senzor Optic SO1 dezactivat (avem paletete în depozitul D1); T3 – Senzor Optic SO1 activat (nu avem paletete în depozitul D1); T4 - Se extinde cilindrul de la depozitul D1 și blochează penultima piesă; T5 - Senzorii de feedback SF1 și SF2 se retrag și eliberează ultimul produs; T6 - SC activat; T7 - Pornire bandă B1; T8 - Activare RFID1, Banda B1 se oprește; T9 - Pornire bandă B1; T10 - Activare SP2, Banda B2 pornește; T11 - Activare SP3, Banda B1 se oprește; T12 - Activare SI2, se eliberează o nouă paletete din depozitul D1.

Poziții STATIA 1: P1 – Început; P2 - Paletete Present; P3 - Depozit D1 gol; P4 - Penultima paletete blocată; P5 - Cade pe bandă B1 ultima paletete; P6 - Paletete pe bandă B1; P7 - Transport paletete pe bandă B1; P8 - Scriere informații RFID1; P9 - Banda B2 liberă; P10 - Transfer paletete pe bandă B1; P11 - Transfer paletete pe bandă B2; P12 - Transfer paletete pe bandă B2.

A fost realizat un model tip Rețea Petri pentru fiecare stație. Prin conectarea acestora se formează un model de rețea Petri pentru întreaga linie de fabricație, descrisă în RST extins. În același raport extins sunt furnizate datele caracteristice senzorilor utilizați și detalii privind sistemele de viziune industrială ce urmează a fi procurate în etapa următoare pentru satisfacerea cerințelor proiectului (integrarea rapidă, design industrial, capacități de comunicație conform standardelor industriale).

Activitatea 1.6. Proiectarea Mediului Virtual de Dezvoltare (MVD).

MVD este o transpunere practică a conceptului de Simulare Hibridă a Proceselor (SHP) în proiectarea și reconfigurarea unei linii flexibile de fabricație. Pentru realizarea mediului de dezvoltare al soluției de virtualizare s-a ales o aplicație open-source: *Node Red*. Avantajele utilizării acestei soluții open-source, față de dezvoltarea unui mediu de programare propriu sunt:

- Existența unei soluții stabile, care beneficiază de suport și upgrade;
- Mod de lucru vizual, intuitiv pentru realizarea fluxurilor de execuție;

- Organizare modulara a functiilor (incluse intr-o biblioteca de functii bloc);
- Permite dezvoltarea unor functii noi, utilizand limbaj Javascript;
- Portabilitate extinsa prin compatibilitatea fluxurilor si a programelor cu sisteme de operare Linux, Windows, cu rulare pe echipamente embedded (Raspberri Pi), in continere Docker sau in cloud.

Arhitectura mediului de dezvoltare este una multinivel, ce permite adaugarea mai multor nivele de procesare si integrarea unor noi echipamente IoT cu elementele de proces existente. La nivelul cel mai de jos se situeaza senzorii si elementele de actionare ale liniei de fabricatie. Echipamentele pot comunica direct cu mediul de dezvoltare sau pot fi implementate nivele intermediare de tip gateway, cu rol de agregare. Nivelul de procesare superior va fi mediul de dezvoltare, care va rula functiile de analiza a datelor, va implementa senzori virtuali si va permite modelarea si simularea liniei de fabricatie.

Mediul de dezvoltare poate sa ruleze simultan mai multe fluxuri, fiecare constand in mai multe fire de executie. Un flux de procesare functioneaza prin schimbul de mesaje intre noduri. Un exemplu simplu de flux de citire a unor parametri de proces, cu doua fire de executie, este ilustrat in Fig. 3. Pentru asigurarea modularitatii aplicatiei, o selectie de noduri sau de fire de executie pot fi organizate intr-un subflux, ce este echivalentul conceptului de functie bloc complexa pentru ca include atat parametri de intrare si iesire cat si noduri interne pentru implementarea procesarii.

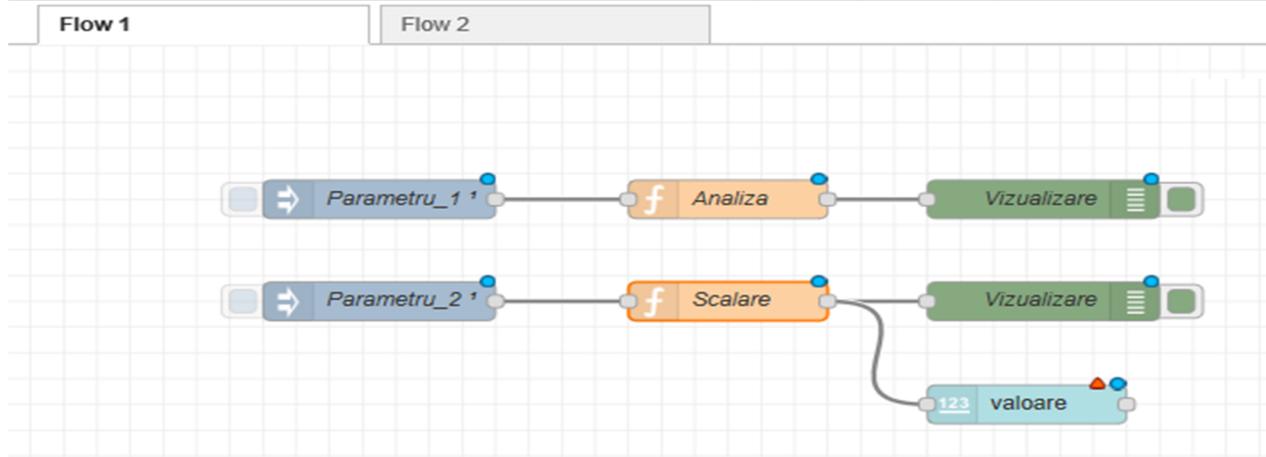


Fig.3. Exemplu de structura cu 2 fluxuri și doua fire de execuție, pentru doi parametri de proces

Nodurile pot fi de intrare, care permit achiziția datelor, de ieșire, care afișează rezultatul procesării într-o interfață grafică sau trimit mesaje pentru comanda unor elemente sau pentru alarmare, de procesare, care includ atât funcții predefinite, cât și posibilitatea dezvoltării lor în JavaScript și de lucru cu interfața (Dashboard). În plus, mai există funcții dedicate de interacționare cu rețele sociale, de stocare în fișiere, de execuție a unor comenzi în linie de comandă sau de interacționare cu Raspberry Pi.

Datorită faptului că Node Red utilizează un model bazat pe fluxuri de execuție, evenimentele sunt reprezentate sub forma de mesaje care circula între noduri, lansând în execuție funcții ale caror rezultate sunt transmise la ieșire sub forma de acțiuni. Astfel, aplicația se potrivește foarte bine structurilor Petri alese pentru modelarea componentelor liniei de fabricație. Pentru exemplificare, se prezintă în continuare modul de implementare pentru stația 1, implementarea pentru restul stațiilor fiind similară.

Stația 1 a fost modelată utilizând 12 tranziții și 12 poziții. Procesul porneste prin comanda unui număr de produse finite, nr_pf , fiecare având un număr de componente, nr_pi . Elementele de intrare sunt: 2 senzori inductivi, SP1 și SP2, pentru identificarea intrării, respectiv a ieșirii de pe banda stației 1, 1 senzor RFID, denumit RFID1, pentru identificarea poziției de oprire pentru scrierea datelor pe paleta, 1 senzor optic, SO1, pentru verificarea existenței paletelor în cadru, 2 senzori de feedback, SF1 și SF2, ce confirmă că piesa este în poziția corectă și poate fi eliberată din depozit, și un senzor capacitiv, SC, care confirmă amplasarea piesei pe banda. Un parametru suplimentar, B2_free, ne informează dacă banda 2 este liberă. Elementele de acționare sunt motorul benzii transportoare, B1, cu acționare doar înainte cu o viteză constantă, cilindrul aferent depozitului D1, CD1, pentru blocarea penultimei piese, și două limitatoare ale depozitului, acționate la activarea senzorilor de feedback, SFL1 și SFL2.

Diagrama completă pentru implementarea acestui model este ilustrată în Fig. 4. Au fost utilizate noduri de intrare pentru fiecare parametru citit din proces. Au fost definiți doi parametri intermediari, calculați prin intermediul unor funcții, pentru identificarea condițiilor necesare tranzițiilor T1 și T12. Pentru stările care presupun și acționarea unor elemente din proces au fost implementate mesaje de tip *Switch* care evaluează fiecare mesaj primit, și dacă li se adresează, vor trimite mai departe comanda de tip *Change* către elementul de acționare, schimbându-i valoarea. De exemplu, dacă mesajul primit de la nodul Petri Stația 1 este P1, indicând starea curentă, atunci la intrarea în această stare nodul P1 va trimite comanda de schimbare a stării parametrului CD1 din true în false.

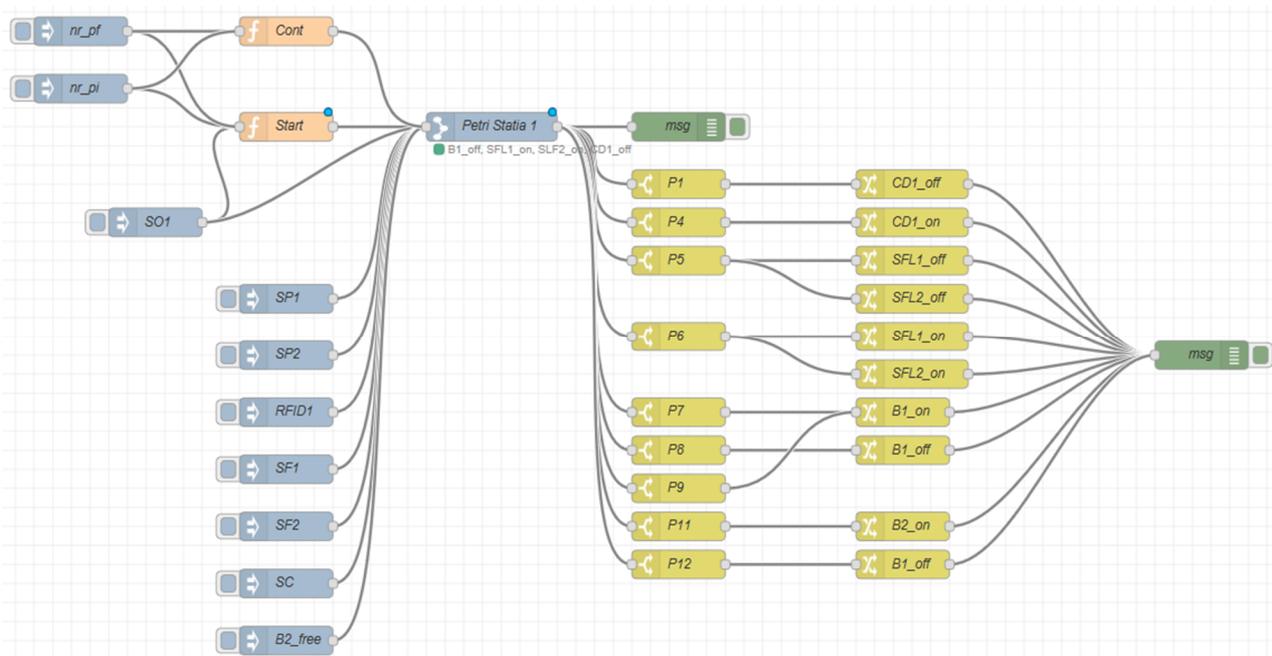


Fig. 4. Implementarea modelului Stației 1 utilizând o Rețea Petri

CONCLUZII

Raportul științific pune în evidență soluțiile pe care echipa de lucru a Proiectului 2 le oferă pentru cerințele Etapei 1. În Raportul științific detaliat încărcat pe platforma proiectului P2 (<http://cidsacteh.upb.ro>), se pot vizualiza soluțiile și rezultatele pentru cercetări aferente **Etapei 1. Proiect 2** „Formalizarea și analiza cerințelor pentru realizarea platformei hibride de simulare a sistemelor virtuale de fabricație PHS_SVF”.

REZULTATE:

S-a obținut următoarele rezultate:

1. Studiu de fezabilitate privind satisfacerea cerințelor proiectului
2. Model funcțional al unei linii mecatronice cu tehnologie hibridă de fabricație, asistată de SAC-ARP și SAC-VAM cu deservire independentă sau colaborativă.
3. Model funcțional al Mediului Virtual de Dezvoltare
4. Modele funcționale cu Rețele Petri Hibride pentru stațiile aferente unei linii mecatronice de asamblare / dezasamblare (model de laborator)
5. Mecanisme de interfațare a Platformei de Simulare pentru Sisteme Virtuale de Fabricație cu echipamente industriale

INDICATORII DE REALIZARE ATINȘI

Sinteza:

Tipul indicatorilor	Denumirea indicatorilor	UM/an
	Articole <i>acceptate</i> în reviste indexate ISI (in press, publicat doar on line)	1
	Participări conferințe	4
	Produse Informatice	1
	Servicii	1
	Servicii Informatice	1
	Studii	1
	Alte Rezultate	3

Justificare:

1. Studiu de fezabilitate privind implementarea și exploatarea Platformei de Simulare pentru Sisteme Virtuale de Fabricație (studiu)
2. Mediu Virtual de Dezvoltare (produs informatic)
3. Serviciu de monitorizare a liniilor de asamblare /dezasamblare de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație (serviciu)
4. Procedura de accesare în mediu virtual a datelor culese în timp real din procese de asamblare /dezasamblare (serviciu informatic)

DISEMINARE

Articole în reviste (ISI)

1. R. Dobrescu, D. Merezanu, S. Mocanu - Process simulation platform for virtual manufacturing systems evaluation, Computers in Industry, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.09.008>, 2018

Lucrări publicate în volumele unor manifestări științifice internaționale:

1. D. Popescu, L. Ichim, V. Mihai, New flexible robotic platform as support in technical education and research, 10th International Conference on Education and New Learning Technologies, July 2018, DOI: 10.21125/edulearn.2018.0165
2. S. Mocanu, G. Geampalia, O. Chenaru, R. Dobrescu, Fog-based Solution for Real-Time Monitoring and Data Processing in Manufacturing, Proceedings of the International Conference on System Theory, Control and Computing – ICSTCC 2018, 2018
3. M. Nicolae, M. Craciunescu, S. Mocanu, R. Dobrescu, Framework Architecture for Manufacturing Systems Emulation, Proceedings of the International Conference on System Theory, Control and Computing – ICSTCC 2018, 2018
4. M. Nicolae, R. Dobrescu, S. Mocanu, Trajectory Control of an Autonomous System Dedicated to Assisted Living, Proceedings of the International Conference on System Theory, Control and Computing – ICSTCC 2018, 2018

Nota: Autorii subliniați fac parte din echipa UPB pentru proiectul CIDSACTEH. Singurul autor care nu e membru al echipei este conf. Daniel Merezanu, UPB.

PROIECT 3 : Obiectivul 1 Modelarea cinematică și dinamică. Activitatea 1.7

În acest raport sunt prezentate rezultatele cercetărilor pentru atingerea primului obiectiv, considerând două direcții:

-**1a** modele cinematice și dinamice, corespunzătoare situației în care toți parametrii sunt complet determinați, pentru platformele mobile cu 2 două roți motoare (și directoare) și două roți libere 2DW/2FW, sau cu 2 două roți motoare (și directoare) și o roată liberă 2DW/1FW echipate cu manipulator robotic cu 6 grade de libertate 6(DOF);

-**1b** modele cinematice și dinamice pentru platformă mobilă cu patru roți motoare și directoare multidirecționale (4DW/SW), echipată cu manipulator robotic cu 6 grade de libertate (6-DOF).

Modelele cinematice și dinamice, corespunzătoare situației în care toți parametrii sunt complet determinați, pentru platformele mobile cu 2 două roți motoare (și directoare) și două roți libere 2DW/2FW, sau cu 2 două roți motoare (și directoare) și o roată liberă 2DW/1FW echipate cu manipulator robotic cu 6 grade de libertate 6(DOF) sunt determinate pentru conducerea (Sistemului Autonom Complex-Asistent Robotic Personal) SAC-ARP.

Echipamentele care sunt considerate pentru SAC –ARP, în acest proiect, sunt:

- robotul mobil Pioneer 3-DX (2DW/1F) echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm sau cu manipulatorul robotic Cyton Gamma 1500 6-DOF;
- robotul mobil PowerBot (2DW/2F) sau PatrolBot(2DW/2F) echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm sau cu manipulatorul robotic Cyton Gamma 1500 6-DOF

1.a.1 Modelul cinematic

Platforma mobilă modelată, este un robot mobil de tipul 2DW/1FW sau 2DW/2FW echipat cu două roți motoare având tracțiune diferențială și o a treia roată pentru sprijin, sau încă 2 roți de sprijin. În Figura 1.1. este reprezentat robotul cu toate mărimile care îi caracterizează.

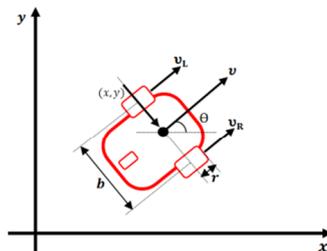


Fig. 1.a.1. - Modelul cinematic al platformei mobile de tipul 2DW/1FW și 2DW/2FW

Conform abordărilor din literatură, modelarea cinematică a robotului se poate face folosind sistemul de ecuații (1):

$$\begin{cases} \dot{x}_r(t) = v_r(t) \cos \theta_r(t) \\ \dot{y}_r(t) = v_r(t) \sin \theta_r(t) \\ \dot{\theta}_r(t) = \omega_r(t) \end{cases} \quad (1)$$

unde:

- x_r și y_r sunt coordonatele carteziene ce definesc centrul geometric al robotului;
- v_r reprezintă viteza liniară a robotului;
- θ_r definește unghiul direcției de deplasare a robotului;
- ω_r se referă la viteza unghiulară a platformei;
- b reprezintă ecartamentul între cele două roți motoare.

Modelul cinematic al robotului mobil cu două roți motoare și una sau două directoare este un model neliniar.

Pornind de la modelul cinematic al roboților mobili cu două roți motoare, PatrolBot și Pioneer, utilizați în cadrul proiectului

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_r \\ \dot{y}_r \\ \dot{\theta}_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_r & 0 \\ \sin \theta_r & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_r \\ \omega_r \end{bmatrix}$$

unde: - x_r și y_r reprezintă poziția în plan a robotului

- θ_r unghiul de orientare al acestuia,
- iar v_r și ω_r viteza de translație și respectiv de rotație ale robotului

Se definește eroarea de urmărire dintre poziția dorită a robotului - poziția unui robot virtual ce ar urmări cu exactitate traiectoria impusă $q_d(t) = [x_d(t) \ y_d(t) \ \theta_d(t)]^T$ și poziția reală $q_r = [x_r \ y_r \ \theta_r]^T$, prin poziția robotului real într-un sistem de coordonate legat de robotul virtual așa cum este reprezentat în figura 1.2

$$\begin{bmatrix} x_e \\ y_e \\ \theta_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_d & \sin\theta_d & 0 \\ -\sin\theta_d & \cos\theta_d & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_r - x_d \\ y_r - y_d \\ \theta_r - \theta_d \end{bmatrix}$$

Prin derivare se poate deduce dinamica erorii de urmărire a traiectoriei ca fiind:

$$\begin{cases} \dot{\theta}_e = -v_d + v_r \cdot \cos\theta_e + \omega_d \cdot y_e \\ \dot{y}_e = v_r \cdot \sin\theta_e - \omega_d \cdot x_e \\ \dot{x}_e = \omega_r - \omega_d \end{cases} \quad (2)$$

Pentru acest model al robotului s-a proiectat un controler sliding-mode, care se găsește în raportul extins <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>.

1b. Modelul unui robot (vehicul) cu patru roți motoare și directoare utilizat pentru conducerea neliniară

Sistemul Autonom Complex -Vehicul Autonom Multidirecțional SAC-VAM, integrat în tehnologii de asistare medico-socială, considerat în acest proiect, este bazat pe vehiculul autonom SEEKUR Robot Base, cu 4 roți motoare și directoare 4DW/ 4SW. Acest vehicul autonom, care are posibilitatea de deplasare multidirecțională pe orice tip de teren, poate fi echipat cu manipulator robotic cu 6 grade de libertate (6-DOF) sau/și cu o targă, pentru a deveni un Sistem Autonom Complex -Vehicul Autonom Multidirecțional SAC-VAM integrat în tehnologii de asistare medico-socială fiind astfel capabil să transporte, să tracteze și să manipuleze targă medicală cu sarcină de greutate mare, având astfel posibilitatea să efectueze salvare pe orice tip de teren.

Când se discută despre un model cinematic al unui vehicul cu 4 roți motoare și directoare, următoarele ipoteze sunt considerate:

- distanțele între roți sunt strict fixe;
- axa de direcție a fiecărei roți este perpendiculară pe suprafață;
- vehiculul nu este alcătuit din părți flexibile.

1.b.1 Modelul cinematic al SAC-VAM

Un model cinematic general al unui vehiculului este prezentat în Fig. 1.b.2.A. iar în figura B este dată reprezentarea modelului simplificat. În modelul general, fiecare roată are un anumit unghi de bracăj δ_i și un unghiul de alunecare β_i . Unghiul de alunecare, este calculat în funcție de vitezele longitudinale și laterale ale roților (v_{xwi} , v_{ywi}), după cum urmează:

$$\beta_i = \tan^{-1} \left(\frac{v_{ywi}}{v_{xwi}} \right)$$

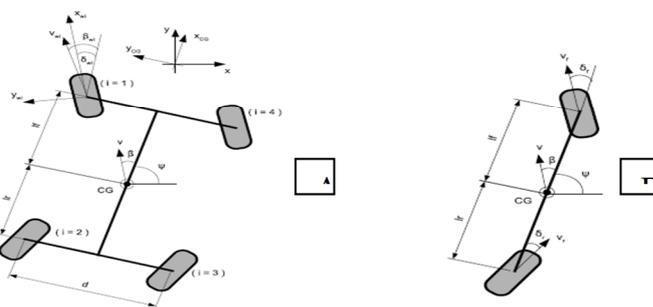


Figura 1.b.2.A. Modelul cinematic pentru un vehicul cu 4 roți motoare și directoare și B. Modelul cinematic simplificat (de tip bicicleta)

Ținând cont de alunecări, restricțiile nonholonomice sunt date de ecuațiile următoare:

$$\dot{x}_{CG} \cdot \sin(\beta + \psi) + \dot{y}_{CG} \cdot \cos(\beta + \psi) = 0$$

$$\dot{x}_{wi} \cdot \sin(\beta_{wi} + \delta_{wi} + \psi) + \dot{y}_{wi} \cdot \cos(\beta_{wi} + \delta_{wi} + \psi) = 0$$

Din restricțiile pentru modelul simplificat (Fig. 1.b.2.B) și modelul cinematic rezultă imediat:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{CG} \\ \dot{y}_{CG} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\beta + \psi) \\ \sin(\beta + \psi) \\ \frac{\cos\beta \cdot (\tan\delta_f - \tan\delta_r)}{l_f + l_r} \end{bmatrix} \cdot v$$

cu

$$\beta = \arctan \frac{l_f \cdot \tan\delta_r + l_r \cdot \tan\delta_f}{l_f + l_r}$$

unde v – este viteza lineară a vehiculului și simplificat al unui robot cu patru roți motoare și directoare.

1.c Model dinamic pentru SAC-ARP și SAC-VAM

Sistemele mecanice nonholonomice pot fi descrise de ecuațiile dinamice bazate pe formula Euler-Lagrange [6]:

$$M(q) \cdot \ddot{q} + C(q, \dot{q}) \cdot \dot{q} + G(q) = B(q) \cdot \tau + J^T(q) \cdot \lambda \quad (1)$$

în timp ce restricțiile nonholonomice pot fi exprimate prin:

$$J(q) \cdot \dot{q} = 0$$

unde:

- q este vectorul n -dimensional al variabilelor de configurare;
- $M(q)$ este o matrice de dimensiune $n \times n$ pozitiv definită; \ddot{q}
- $C(q, \dot{q})$ este un vector n dimensional al cuplurilor centripete și Coriolis;
- $G(q)$ este vectorul n dimensional al cuplurilor gravitaționale;
- $B(q)$ este o matrice de dimensiune $n \times r$, matricea de transformare a celor r intrări în cele n variabile;
- τ este vectorul r -dimensional al intrărilor;
- λ reprezintă multiplicatorii Lagrange ai restricțiilor forțelor.

Din ecuația 1 și folosind faptul că $G(q)$ și $G(q, \dot{q})$ sunt 0, se obține următorul model dinamic:

$$\begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{x}_r \\ \ddot{y}_r \\ \ddot{\theta}_r \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \cos\theta_r \\ \sin\theta_r & \sin\theta_r \\ L & -L \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \tau_r \\ \tau_l \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sin\theta_r \\ -\cos\theta_r \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \lambda \quad (2)$$

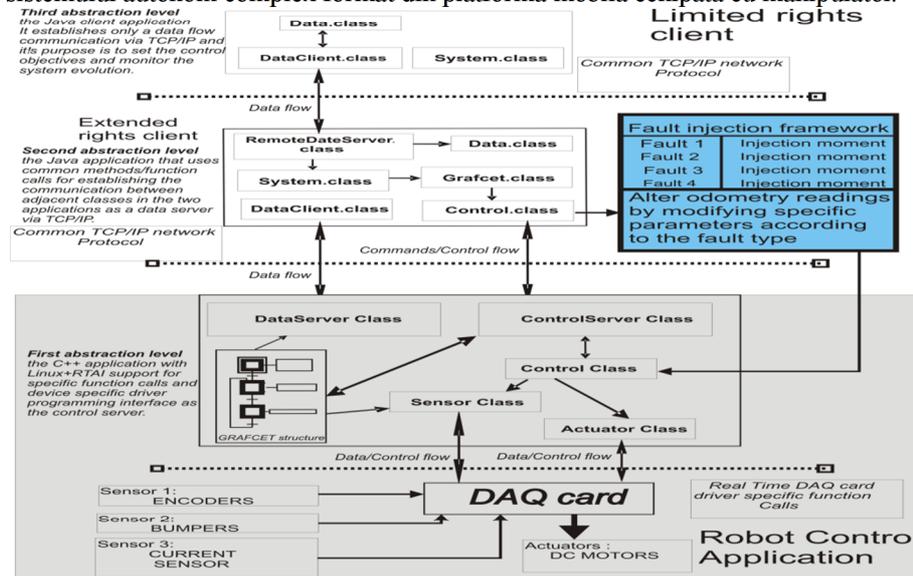
Explicitarea modelului dinamic se găsește în raportul extins la <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>

Grad de îndeplinire Activitatea 1.7 100%

Obiectivul 2 Proiectarea și implementarea structurilor de conducere. Activitatea 1.8 și Activitatea 1.9

2.a Activitatea 1.8 Proiectarea și implementare structurilor de conducere a SAC-ARP, conducere cu tehnici avansate, bazată pe modelele cinematice și dinamice.

În această lucrare, se propune o structură de conducere hibridă (continuă- cu evenimente discrete) distribuită și ierhizată, în timp, a cărei arhitectură generală este prezentată în figura 2.a.1. La nivelul de bază se găsește interfața cu elementele de execuție (motoarele de cc ce asigură deplasarea) și cu senzorii din structura roboților. Nivelul ierarhic superior este nivelul de control și toleranța la defecte care asigură autonomia robotului și performanțele impuse în operarea în regim trajectory tracking. Cel de-al treilea nivel al ierarhiei este responsabil de taskurile de comunicare și implementează un server de date și unul de comenzi, cu scopul de a asigura date valide și comenzi prin rețeaua wireless către celelalte noduri ale sistemului distribuit. Această structură de conducere hibridă este utilizată pentru conducerea sistemului autonom complex format din platforma mobilă echipată cu manipulator.



Pentru implementarea în timp real a structurii de conducere hibride a fost utilizată o aplicație server-side a cărei structură este reprezentată în fig. 2.a.2. Aplicația client, funcțiile specifice, taskurile de monitorizare și diagnoză, precum și modulul de toleranță la defecte sunt explicitate în raportul extins: <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>.

Figura 2.a.1 Structura sistemului avansat de conducere

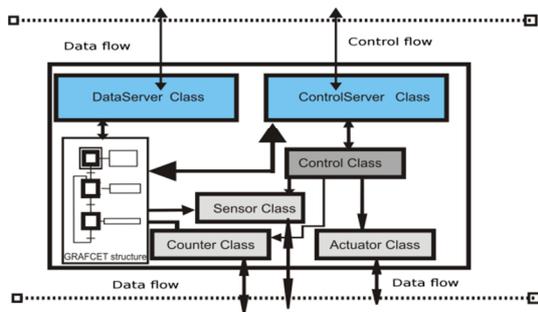


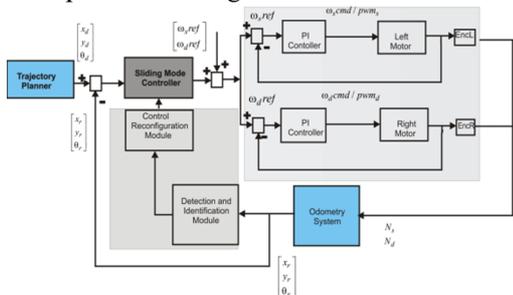
Figura 2.a.2 Structura aplicației server-side de la nivelul de bază

Implementare, simulare în buclă și testare în timp real

Descrierea nivelului algoritmului de comandă

Nivelul de comandă are ca obiectiv să asigure robotului operarea în modul *trajectory tracking* adică sistemul urmărește o anumită traiectorie respectând restricții de timp. Obiectivul algoritmului de conducere este să minimizeze erorile de poziție adică eroarea longitudinală, laterală și eroarea unghiulară. Structura acestui nivel

este prezentată în figura 2.a.3



Legea de comandă *sliding mode*, și reprezentările grafice ale răspunsului SAC se găsesc în raportul extins la adresa *Aplicația client*, funcțiile specifice, taskurile de monitorizare și diagnoză, precum și modulul de toleranță la defecte sunt explicitate în raportul extins: <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>.

Figura 2.a.3 Structura nivelului de comandă

Reprezentarea grafică a urmării unei traiectorii oarecare este dată în Figura 2.a.4 din raportul extins <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>.

Utilizând controlere de tip *sliding-mode* s-a rezolvat și problema de urmărire a unei traiectorii predefinite. Obiectivul principal în problema de urmărire a traiectoriei este acela de a minimiza erorile de distanță (longitudinale și laterale) și de unghi chiar și atunci când există perturbații. Traiectoria dorită (referința) este definită în timp (există restricții de timp). De aici rezultă că fiecărei traiectorii îi este asociat un profil de viteză liniară și unul de viteză unghiulară.

În cadrul acestei etape s-au implementat și testat patru legi de comanda de tip nelinier (*sliding-mode*) și apoi s-au investigat performanțele acestor legi prin simulare:

De asemenea s-a implementat și testat un controller de tip *sliding-mode* bazat pe modelul dinamic cu incertitudini (pentru cazul variațiile masei și/sau inerției ansamblului platformă mobilă- braț manipulator sunt luate în calcul). Legile de reglare și răspunsul sistemului se găsesc în raportul extins <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>.

Algoritmii de calcul am fost scriși în limbajul C++, iar pentru implementarea în timp real a controlerelor de tip *sliding-mode* s-au utilizat platformele mobile dezvoltate de firma MobileRobots (Pioneer, PatrolBot, PowerBot etc) existente în cadrul centrului de cercetare Sisteme de conducere a proceselor, Laboratorul de conducere a sistemelor neliniare <https://erris.gov.ro/Process-Control-Systems>.

Schema generală utilizată pentru conducerea în timp real a platformelor mobile este dată în figura 2.a.5 din raportul extins <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>.

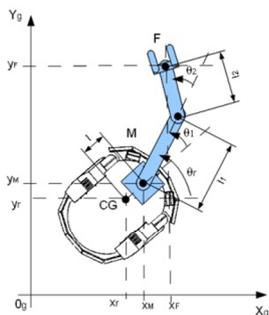


Figura 2.a.7. Manipulator mobil

Coordonatele carteziene ale punctului final (end-effector) aflat la capătul manipulatorului sunt date de ecuațiile:

$$x_F = x_M + l_1 \cos(\theta_r + \theta_1) + l_2 \cos(\theta_r + \theta_1 + \theta_2)$$

$$y_F = y_M + l_1 \sin(\theta_r + \theta_1) + l_2 \sin(\theta_r + \theta_1 + \theta_2)$$

unde (x_M, y_M) este poziția de prindere a manipulatorului de baza mobilă, θ_r este orientarea bazei, θ_1, θ_2 reprezintă unghiurile brațelor manipulatorului iar l_1, l_2 sunt lungimile brațelor manipulatorului.

Ecuațiile cinematice de mișcare a platformei mobile sunt:

$$\dot{\theta}_r = v_r \cos(\theta_r)$$

$$\dot{y}_r = v_r \sin(\theta_r)$$

$$\dot{\theta}_r = \omega$$

cu restricția: $\dot{\theta}_r \sin(\theta_r) - \dot{y}_r \cos(\theta_r) = 0$.

Pentru punctul de conectare a manipulatorului cu platforma mobilă (x_M, y_M) se poate scrie:

$$\dot{X}_M \sin(\theta_r) - \dot{Y}_M \cos(\theta_r) + \dot{\theta}_r l_M = 0$$

Exemplificări ale traiectoriei robotului pentru diferite scenarii, se găsesc în raportul complet, <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>.

2.b Activitatea 1.9 Proiectarea și implementarea structurilor de conducere a SAC-VAM, conducere cu tehnici avansate, bazată pe modelele cinematice și dinamice.

Există mai multe scenarii (cazuri) pentru care se face sinteza legilor de comandă neliniară. Schema bloc folosită pentru structura de conducere a SAC-VAM cu controler neliniar este dată în Figura 2.b.1

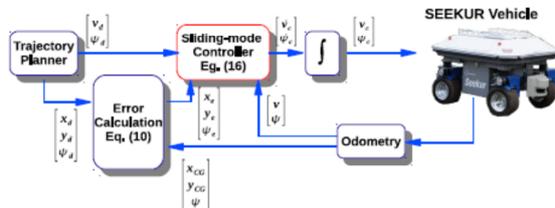


Figura 2.b.1. Schema bloc utilizată pentru testarea structurii de conducere a SAC VAM

Rezultatele simulării pentru legea de comandă neliniară explicitată în raportul extins:

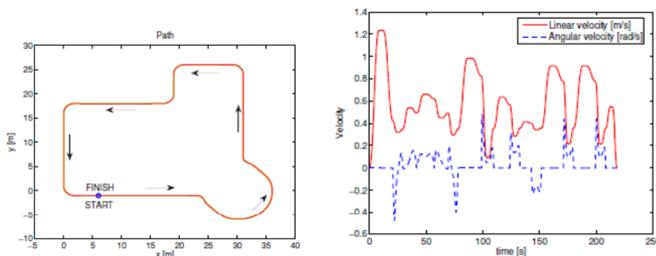


Figura 2.b.2. Traseul testat și vitezele impuse (dorite).

Concluzii:

Raportul științific pune în evidență soluțiile pe care echipa de lucru a Proiectului 3 le oferă pentru cerințele Etapei 1. În Raportul științific detaliat încărcat pe platforma proiectului P3 (<http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>), se pot vizualiza soluțiile și rezultatele cercetărilor aferente Etapei

Rezultate :

- Modele cinematice și dinamice ale sistemului autonom complex SAC-ARP
- Modele cinematice și dinamice ale sistemului autonom complex SAC-VAM
- Structură de conducere inteligentă și distribuită a SAC-ARP și SAC-VAM
- Proiectarea legilor de comandă pentru regulatorul neliniar care să asigure deplasarea în spațiul de lucru în condiții de respectare a condițiilor de robustețe la variația parametrilor
- Structură de conducere inteligentă bazată pe tehnici avansate a SAC-ARP și SAC-VAM integrate în tehnologii de asistare medico-socială și în tehnologii de deservire de linii fabricație flexibilă de precizie, de A/D și de P/R, de laborator (linii de mecatronică);
- Rapoarte cu rezultatele testării modelelor sistemelor autonome complexe SAC-ARP și SAC-VAM integrate în tehnologii de asistare medico-socială în regim de simulare (scenarii diverse, studii de caz: http://cidsacteh.ugal.ro/documente/RTS_Proiect_3.pdf sau <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>);

Livrabile:

Activitatea 1.7 Grad de Îndeplinire 100% <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>

- Modele cinematice și dinamice ale sistemului autonom complex SAC-ARP;
- Modele cinematice și dinamice ale sistemului autonom complex SAC-VAM;

Activitatea 1.8 Grad de Îndeplinire 100% <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>

- Structură de conducere inteligentă și distribuită a SAC-ARP. Rezultate ale simulării modelelor SAC ARP,

Activitatea 1.9 Grad de Îndeplinire 100% <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>

- Structură de conducere inteligentă și distribuită a SAC-VAM. Rezultate ale simulării modelelor SAC VAM

Diseminare: *Hybrid Modelling and Simulation of a P/RML with Integrated Complex Autonomous Systems*, George PETREA, Adrian FILIPESCU, Eugenia MINCĂ, Adriana FILIPESCU, Proceeding of CSS IEEE 22nd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 10-13 oct2018, Sinaia, Romania pp.439-455.

Visual Servoing Systems Based Control of Complex Autonomous Systems Serving a P/RML, George PETREA, Adrian FILIPESCU, Razvan ȘOLEA, Adriana FILIPESCU, Proceeding of CSS IEEE 22nd

-*Trajectory Tracking Nonlinear Control and Narrow Spaces Navigation of a WMR*, Razvan ŞOLEA, george CIUBUCCIU, Daniela CERNEGA, Adrian FILIPESCU, Proceeding of CSS IEEE 22nd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 10-13 oct2018, Sinaia, Romania, pp. 329-334.

-*Extended Approach for Modelling and simulation of Mechatronics Lines Served by Collaborative Mobile Robots*, Eugenia MINCĂ, Adrian FILIPESCU, Henri George COANDĂ, Florin DRAGOMIR, Elena Otilia DRAGOMIR, Adriana FILIPESCU, Proceeding of CSS IEEE 22nd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 10-13 oct2018, Sinaia, Romania pp. 335- 341.

PROIECT4:

Activitatea 1.10

1.10.1. Modelarea liniei de fabricație de asamblare /dezasamblare (LA/D), cu SAC integrate în tehnologii de deservire, SAC-ARP, platformă robotică autonomă cu două roți motoare, una sau două roți libere și SAC-VAM, vehicul autonom cu 4 roți motoare multidirecționale și manipulator

a. Modelarea liniei de fabricație de asamblare /dezasamblare (LA/D) cu SAC-ARP /VAM integrat în tehnologii de deservire

Linia mecatronica de asamblare/dezasamblare a fost asimilata cu un sistem de tip SED (sistem cu evenimente discrete), daca consideram dinamica procesului, precum și aspecte de conducere a procesului de fabricație. Aceasta explica utilizarea Rețelelor Petri ca instrument de modelare. Luând în considerație dinamica procesului de asamblare/dezasamblare și utilizarea sistemelor autonome robotice (SAR), pentru deservire, s-au utilizat pentru modelare RP Hibride (RPH). Mai mult, considerând și aspecte de conducere/sincronizare a liniei cu SAR, s-au utilizat RPH Sincronizate (RPHS).

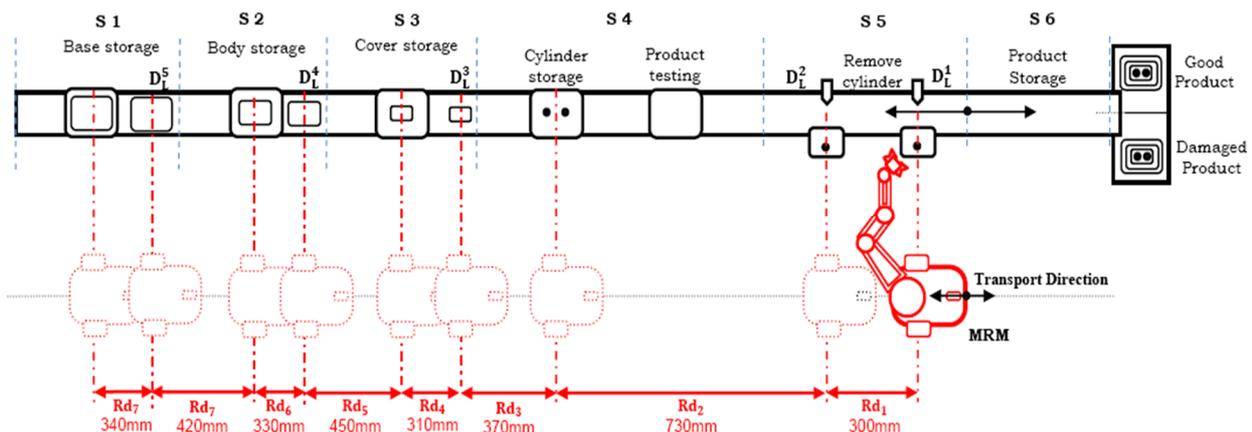
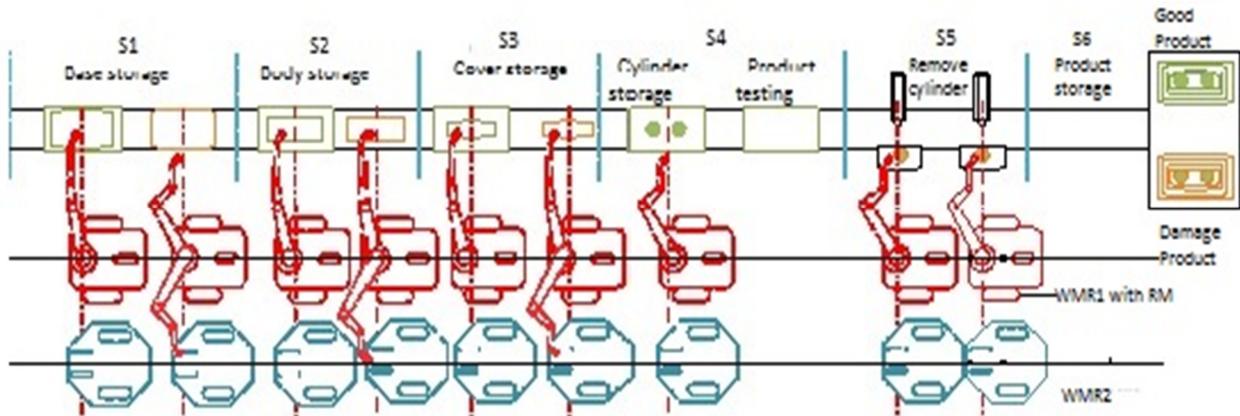


Figura 1

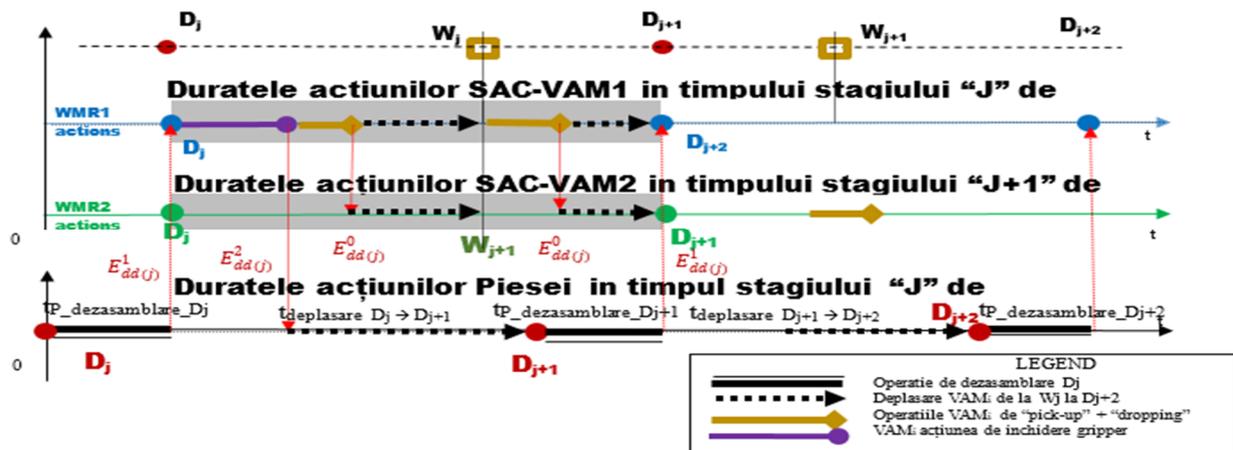
În acest context, convenim să asimilăm SAR cu *sisteme autonome complexe* (SAC) al căror rol este de realizare a *flexibilității și reversibilității fabricației*. Deoarece SAC-urile utilizate în deservirea *liniilor de fabricație flexibilă de precizie* (LFFP) pot lucra singular - în regim de asistent robotic(ARP) sau în combinații multiple-in regim de vehicule autonome mobile(VAM), convenim să utilizăm notațiile generice SAC-ARP și SAC-VAM.

Modele cu Rețele Petri Hibride (RPH) pentru linii de fabricație flexibilă de precizie, asistate de SAC-ARP și/sau SAC-VAM. În realizarea modelului LFFP, s-a considerat o configurație generalizată a procesului de fabricație/deservire: linia mecatronice deservită de SAC-ARP, corespunzător stației „j”. Procesul de lucru din postul „j” este deservit de SAC-ARP, care reprezintă sub-procesul cu variație continuă a stării. Am convenit ca parametrul de stare modelat să fie „distanța rămasă de parcurs(t)” de către SAC-ARP până la achitarea sarcinii de manipulare/transport/depozitare a reperului procesat în postul „j”. Variația continuă a stării SAC-ARP impune utilizarea RP continue (RPC). Coordonarea acțiunilor SAC-ARP cu dinamica LFFP, a impus utilizarea semnalelor de sincronizare a unor acțiuni/evenimente specifice LFFP și sistemele de deservire SAC. Modelul generalizat a fost particularizat pentru linia mecatronica HERA & Horstmann aflată în dotare la UDJ, partener în proiectul complex. Modelul particularizat pe o LFFP este compus din 5 posturi de lucru, deservit de un SAC-ARP echipat cu manipulator (Figura 2 din Raportul științific extins încărcat pe site-ul proiectului P4 http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport_extins.pdf).

b. Modelarea liniei de fabricație de asamblare /dezasamblare(LA/D) cu doua SAC integrate în tehnologii de deservire cu acțiune paralelă, SAC-ARP, platformă robotică autonomă cu două roți motoare, una sau două roți libere și SAC-VAM, vehicul autonom cu 4 roți motoare multidirecționale și manipulator



a)



b)

Figura 2

Modele cu Rețele Petri Hibride Sincronizate (RPHS) pentru linii de fabricație flexibilă de precizie, asistate de SAC-ARP și SAC-VAM cu deservire paralelă. LFFP este deservita de un SAC-ARP echipat cu manipulator și un SAC-VAM destinat transportului reperului procesat. Cele două SAC lucrează în paralel (Figura 2a), și achita sarcini de manipulare/transport/depozitare. În Figura 2b, se evidențiază planificarea/coordonarea acțiunilor celor două SAC prin semnale de sincronizare:

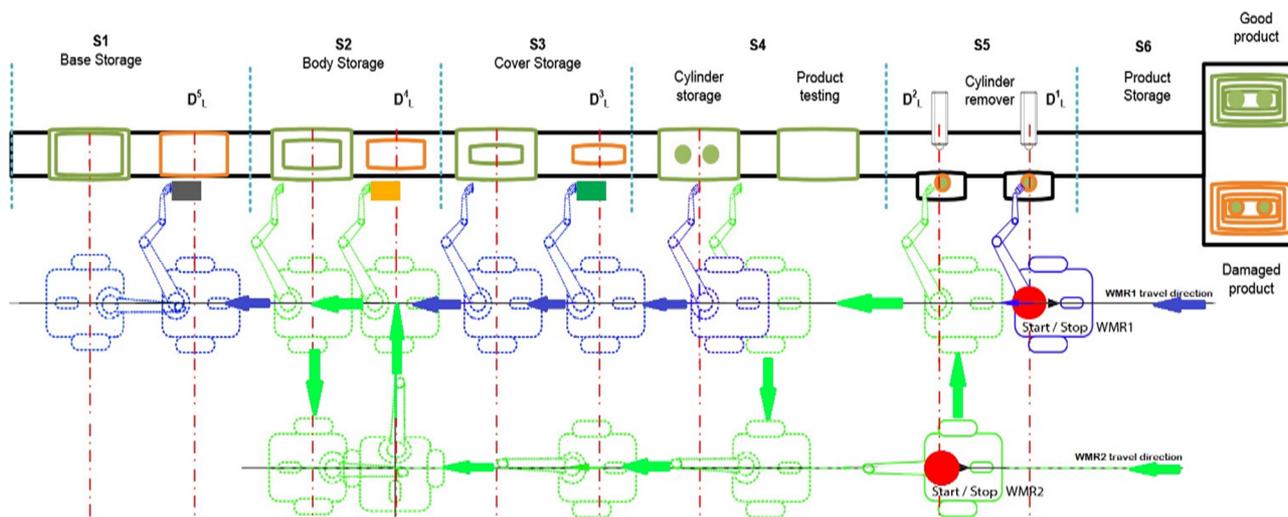
$E^1_{dd(j)}$ – sincronizează încheierea (STOP) procesării în postul „j”, cu momentul de START al acțiunii primului SAC-ARP

$E^2_{dd(j)}$ – sincronizează încheierea (STOP) acțiunii “închidere gripper”, cu START acționare conveiorul LFFP

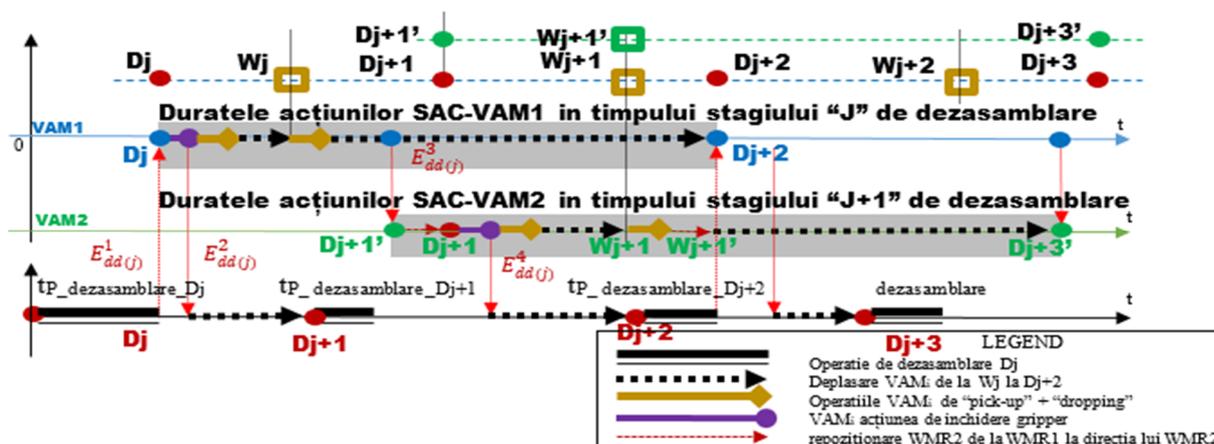
$E^0_{dd(j)}$ – sincronizează încheierea (STOP) acțiunilor de manipulare (pick-up și dropping) a SAC-ARP, cu momentul de START al SAC-VAM

Modelul RPHS (Figura 4 http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport_extins.pdf) pune în evidența aspectul hibrid al dinamicii procesului LFFP deservita de sistemele robotice SAC-ARP și SAC-VAM precum și aspecte de sincronizare a acțiunii acestora cu LFFP. Modelul RPHS a fost particularizat pe linia mecatronica HERA & Horstmann de la UDJ deservita de cele două SAC, partener în proiectul complex.

c. Modelarea liniei de fabricație de asamblare /dezasamblare(LA/D) cu doua SAC integrate în tehnologii de deservire cu acțiune colaborativa, SAC-ARP, platformă robotică autonomă cu două roți motoare, una sau două roți libere și SAC-VAM, vehicul autonom cu 4 roți motoare multidirecționale și manipulator



a)



b)

Figura 3

Modele cu Rețele Petri Hibrade (RPH) pentru linii de fabricație flexibilă de precizie, de asamblare / dezasamblare, deservite de SAC-ARP, roboți mobili (2DW/1FW) și SAC-VAM vehicul autonom (2DW/2FW) echipați cu Manipulator 6-DOF Arm, cu deservire colaborativă.

S-a considerat ca LFFP este deservita de SAC-VAM_1 (in Figura 3b notat SAC-VAM1) echipat cu manipulator și SAC-ARP_2(in Figura 3b notat SAC-VAM2) destinat transportului reperului procesat. Cele doua SAC lucrează în regim colaborativ (Figura 3a) și achita sarcini de manipulare/transport/depozitare. In Figura 3b, se evidențiază planificarea/coordonarea acțiunilor celor doua SAC prin semnale de sincronizare:

- $E^1_{dd(j)}$ – sincronizează încheierea procesării în postul „j”, cu momentul de START al acțiunii SAC-ARP_1
- $E^2_{dd(j)}$ – sincronizează încheierea acțiunii “închidere gripper” pentru SAC-ARP_1, cu START acționare conveier LFFP
- $E^3_{dd(j)}$ – sincronizează încheierea acțiunilor de manipulare (pick-up și dropping) a SAC-ARP_1, cu momentul de START re poziționării în postul de lucru D_{j+1} pentru SAC-ARP_2
- $E^4_{dd(j)}$ – sincronizează încheierea acțiunii “închidere gripper” pentru SAC-ARP_2, cu momentul de START acționare conveier LFFP

Modelul SFFP deservit de SAC colaborative este cel din Figura 6 din http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport_extins.pdf. Rezultatele simulării sunt prezentate în capitolele Activitatea 1.11 și Activitatea 1.12, care colectează rezultatele simulării modelelor generalizate și a celor particularizate pe linii mecatronice de laborator.

1.10.2. Integrarea în modele a specificațiilor tehnice pentru tehnologiile de deservire SAC-ARP și SAC-VAM și pentru configurații distribuite de senzori și sisteme servoing vizuale conform proiectelor 2 și 3. Particularizarea modelelor pe linia reversibilă de fabricație din laborator, LA/D

Configurații distribuite de senzori și sisteme video servoing, integrați în modele ale liniile de fabricație de asamblare /dezasamblare (LA/D) pentru tehnologii de deservire SAC-ARP și SAC-VAM și fabricație flexibilă și/sau reversibilă Pentru realizarea, în exploatarea liniei mecatronice, a obiectivelor de fabricației flexibile(FF) și fabricație reversibilă(R) pe linia mecatronica, notata acum cu LFFP/R, propunem o soluție tehnica de modificare/îmbunătățire a funcționalității liniei de laborator SMART Assembly/Disassembly Mechatronic Line (SMART A/DML). La nivelul celor 6 stații, 5 de asamblare și una de dezasamblare, s-au proiectat sistemele de senzori distribuiți suplimentari și sistemele video servoing,

în acord cu rezultatele modelării LFFP/R. Obiectivele acestei noi abordări sunt de sincronizare în funcționare a LFFP/R cu SAC-VAM și SAC-ARP, care lucrează în regim colaborații sau paralel, precum și de implementare a soluției tehnice propuse pentru realizarea flexibilității liniei mecatronice.

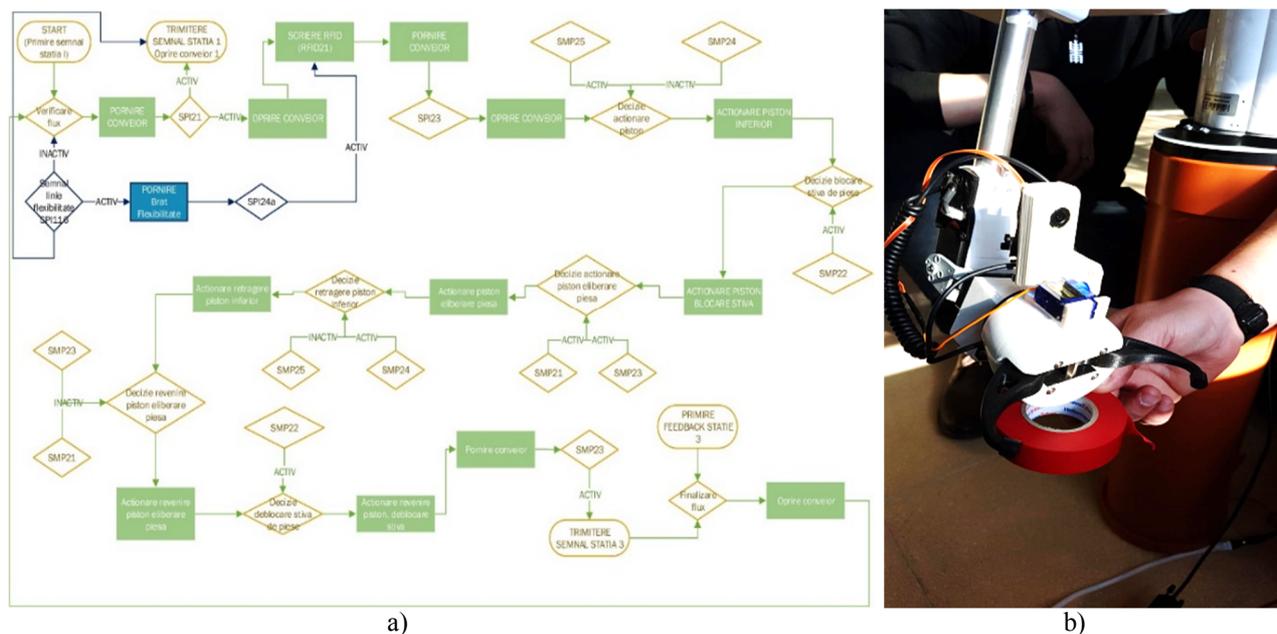


Figura 4

Pentru fiecare stație de lucru, argumentăm propunerea noului sistem de senzori distribuiți, prin scheme logice care pun în evidența logica funcționării fiecărui modul al LFFP/R ca parte componentă a sistemului mecatronic. Exemplificăm cercetările făcute prin schema logică (Figura 4a) după care se realizează comanda stației 1 din LFFP/R. În ceea ce privește sistemul video servoing, s-a propus montarea unei camere video mobile, pe manipulatorul SAC-VAM (Figura 4b) acesta asigurând funcție de sistem servoing mobil. Pentru determinarea hărții de poziționare a SAC-VAM în procesul de deservire a LPPF/R, s-a propus montarea a 3 camere video în poziții fixe în cadrul amplasamentului LPPF/R.

Configurații distribuite de senzori și sisteme video servoing, integrați în modele ale liniile de fabricație de asamblare/dezasamblare (LA/D) pentru tehnologii de deservire SAC-ARP și SAC-VAM și fabricație flexibilă și/sau reversibilă. Particularizare pe linia SMART Assembly/Disassembly Mechatronic Line (SAMRT A/DML)

În **Error! Reference source not found.** regăsim sistemul de senzori existenți pe linia mecatronică de laborator ASTI SMART Assembly/Disassembly Mechatronic Line destinați realizării obiectivelor derivate din operațiile de asamblare repere, corespunzător soluției tehnice a firmei producătoare de echipament didactice ASTI Automation. La situația existentă s-a adăugat sistemul de senzori distribuiți care echipează suplimentar linia mecatronică (LFFP) astfel încât ea să devină un sistem LFFP flexibil, reversibil și sincronizat cu sisteme de deservire de tip SAC-ARP și SAC-VAM.

Activitatea 1.11 și Activitatea 1.12

Simulările modelelor RPHS (vezi Figura 10 din http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport_extins.pdf) indică modificările parametrilor de stare ale entităților implicate în proces, în acord cu semnalele de sincronizare recepționate. Ele evidențiază aspecte legate de procesul proiectat: lipsa întârzierilor și a blocajelor, timp minim de execuție a taskurilor, sincronizarea LFFP/R cu acțiunile proiectate ale SAC-ARP și/sau SAC-VAM. Marcajele corespunzătoare stărilor cu variație discretă (operațiile de asamblare/dezasamblare ale piesei de lucru, poziționările discrete ale SAC-ARP și SA-VAM) sunt 0 sau 1, în funcție de dinamica proceselor asimilate ca fiind cu variație discretă.

Pentru poziția continuu variabilă a celor două sisteme robotice (SAC-ARP și SAC-VAM) cu acțiune paralelă sau colaborativă, sunt evidențiate stările cu variație continuă care se reflectă în variația continuă în timp a marcajelor asociate.

CONCLUZII

Raportul științific detaliat pune în evidența soluțiile științifice pe care echipa de lucru a Proiectului 4 le oferă pentru cerințele Etapei 1. În Raportul științific detaliat încărcat pe platforma proiectului P4 (http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport_extins.pdf, parola: CidSacTeh), se pot vizualiza soluțiile/rezultatele pentru cercetări aferente **Etapei 1. Proiect 4** „Modelarea și simularea liniilor de fabricație flexibilă de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, de asamblare/dezasamblare(A/D) cu SAC integrate în tehnologii de deservire, SAC-ARP, platformă robotică autonomă cu două roți motoare, una sau două roți libere și manipulator, SAC-VAM, vehicul autonom cu 4 roți motoare multidirecționale și manipulator”.

REZULTATE:

S-a obținut următoarele rezultate(http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport_extins.pdf):

1. Modele cu Rețele Petri Hibrade (RPH) a liniilor de fabricație flexibilă de precizie, asistate de SAC-ARP și SAC-VAM cu deservire independentă sau colaborativă
2. Modele cu Rețele Petri Hibrade (RPH) pentru linii de fabricație flexibilă de precizie, de asamblare / dezasamblare, deservite de SAC-ARP, roboți mobili (2DW/1FW) și SAC-VAM vehicul autonom (2DW/2FW) echipați cu Manipulator 6-DOF Arm
3. Rezultate de simulare în Visual ObjectNet ++ și Sirphyco privind evoluția stărilor discrete și continue ale liniei și SAC-ARP, SAC-AVM

INDICATORII DE REALIZARE ATINȘI

- Activitatea 1.10.* Modele cu Rețele Petri H ibrade (RPH) a liniilor de fabricație flexibilă de precizie, asistate de SAC-ARP și SAC-VAM cu deservire independentă sau colaborativă;
- Activitatea 1.11.* 1 loc de muncă în cercetare susținut prin program;
- Activitatea 1.12.* 1 loc de muncă în cercetare susținut prin program; /Rezultate de simulare în Visual ObjectNet ++ și Sirphyco privind evoluția stărilor discrete și continue ale liniei și SAC-ARP, SAC-AVM.

DISEMINARE

Articole (ISI sau BDI)

Minca E., Filipescu A., Coandă H.G., Dragomir F., Dragomir O.E., Filipescu A. - Extended Approach for Modelling and Simulation of Mechatronics Lines Served by Collaborative Mobile Robots, Proceedings of the International Conference on System Theory, Control and Computing – ICSTCC 2018, 2018

Premii

1. Locul II pentru Mihai Cărămidă în cadrul *expoziției International Electric & Automation Show IEAS 2018*, București 18-20 Septembrie 2018, pentru lucrarea "Towards Neural Control of the Mobile Robots" la secțiunea „Inovare Tehnică”, profesori coordonatori: conf.dr.ing. Otilia Dragomir, conf.dr.ing. Florin Dragomir, <http://www.ieas.ro/noutati/castigatorii-concursului-premiile-studentesti-pentru-inovare-tehnica/>
2. Locul III pentru Marius Stoenescu, Valentin Păunescu, Mihai Cărămidă în cadrul *expoziției International Electric & Automation Show IEAS 2018*, București 18-20 Septembrie 2018, pentru lucrarea "Developing of a mobile robotic platform dedicated to an assembly line" la secțiunea „Inovare Tehnică”, profesori coordonatori: Eugenia Mincă, Florin Dragomir, <http://www.ieas.ro/noutati/castigatorii-concursului-premiile-studentesti-pentru-inovare-tehnica/>

PROIECT 5: Adresa web: <http://www.cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect-5>

Activitatea: Act 1.13 - Modelarea cinematica a sistemului robotic autonom format din scaun cu rotile și manipulator robotic cu 7-DOF integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilitati neuro-motorii;

Pentru a înțelege comportamentul mecanic al unui sistem de tipul scaunului cu rotile este necesar să se studieze cinematica acestuia. Procesul de studiere al cinematicii are în vedere descrierea mișcării în funcție de contribuția fiecărei roți. De asemenea, fiecare roată impune constrângeri cinematice asupra mișcării, de exemplu, imposibilitatea de alunecare în lateral. În funcție de geometria șasiului, roțile au legătură între ele, contribuind la formarea unor constrângeri generale asupra mișcării acestuia.

Cinematica și dinamica unui scaun cu rotile poate fi modelată pe baza unor prezumții de model:

- WMR nu conține părți flexibile;
- Există cel puțin un element de conducere pe fiecare roată;
- Axele de conducere sunt perpendiculare pe suprafața plană.

Pe baza acestor prezumții se obțin ecuațiile care descriu cinematica unui scaun cu rotile - pot exista constrângeri holonomice și constrângeri nonholonomice. Acestea pot fi scrise sub următoarea forma:

$$A(q)\dot{q} = 0$$

unde $A(q) \in R^{m \times n}$ este o matrice de grad înalt.

Fie $s_1(q), \dots, s_{n-m}(q)$ un set neted (i.e. continuu diferențiabil) și linear independent de câmpurile de vectori în spațiul nul al $A(q)$, i.e. $A(q)s_i(q) = 0$, $i = 1, \dots, n - m$.

Fie $S(q) = [s_1(q), \dots, s_{n-m}(q)]$ matricea de grad înalt format din acești vectori, astfel încât:

$$A(q)S(q) = 0$$

Figura 1.13.1 reprezintă un model geometric al unui scaun cu rotile care definește principalele variabile necesare pentru a obține modelul cinematic. Scaunul cu rotile are 2 roți motoare diametral opuse, având raza r , și 2 roți libere de tip castor. Ambele roți motoare au atașate

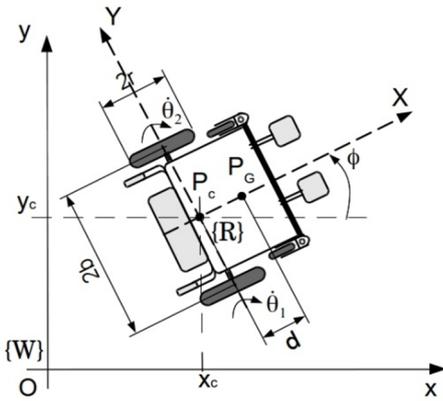


Figura 1.13.1 - Scaun mobil cu două roți motoare și două libere pentru persoanele cu handicap locomotor



Fig. 1.13.2 Manipulator Cyton Gamma 1500

Originea sistemului de coordonate ale scaunului cu roțile cu coordonatele (x_c, y_c) este definită de P_c , și se presupune că este pe axa X la o distanță d de P_G . ϕ este unghiul format de axa X care aparține lui $\{W\}$ și axa X care aparține lui $\{R\}$.

Echilibrul rabotului este menținut de către cele două roți libere al căror efect va fi ignorat. Astfel, $q = [x_c, y_c, \phi, \theta_r, \theta_l]^T$ denotă configurația sistemului, i.e., cele 5 coordonate generalizate ($n=5$).

Pentru modelul cinematic, se presupune că pentru fiecare contact, există o mișcare pură de rostogolire. Presupunând că viteza lui P_c este în direcția axei de simetrie (axa X) și roțile nu prezintă alunecări, următorul set de constrângeri ($m=3$), este obținut:

$$\begin{aligned} \dot{y}_c \cos \phi - \dot{x}_c \sin \phi - \dot{\phi} d &= 0 \\ \dot{x}_c \cos \phi + \dot{y}_c \sin \phi + \dot{\phi} b - r \dot{\theta}_r &= 0 \\ \dot{x}_c \cos \phi + \dot{y}_c \sin \phi - \dot{\phi} b - r \dot{\theta}_l &= 0 \end{aligned}$$

Ecuțiile de mai sus pot fi scrise sub formă matriceală (a se vedea [Raport extins Pr.5 - etapa I](#))

Manipulatorul CytonGamma1500 are 7 grade de libertate la care se adaugă unul adițional care este reprezentat de gripper. Toate axele sunt complet independente și pot fi controlate simultan utilizând software-ul de control inclus.

Utilizând cinematica directă se poate calcula poziția și orientarea end-effector-ului folosindu-se de unghiurile articulațiilor. Pentru a realiza cinematica directă a unui braț robotic s-a utilizat metoda de reprezentare Denavit Hartenberg.

Această metodă presupune realizarea în prima fază pentru fiecare articulație în parte a cadrului de coordonate corespunzător. Această etapă este urmată de etapa alegerii parametrilor a, d, \square, α , urmând să fie folosite în matricea omogenă de transformare, T_n .

Parametrii a, d, \square, α sunt definiți ca fiind:

- \square este rotația în jurul axei Z_{n-1} , reprezintă variabila articulației, dacă articulația cu indicele $n-1$ s-a rotit;
- α reprezintă rotația în jurul axei X_n , valoarea sa fiind dată de unghiul din Z_n și Z_{n-1} în jurul axei X_n ;
- d reprezintă deplasarea dintre cadrul n și $n-1$ de-alungul axei Z_{n-1} , variabila articulației dacă aceasta este prismatică;
- a reprezintă deplasarea dintre cadrele n și $n-1$ de-alungul axei X_n .

Matricea omogenă de transformare T_n :

$$T_n = R_z(\theta_i) D_z(d_i) D_x(a_i) R_x(\alpha_i)$$

$$= \begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i & 0 & 0 \\ S\theta_i & C\theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C\alpha_i & -S\alpha_i & 0 \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \quad (*)$$

Unde R_x și R_z reprezintă rotația, D_x și D_z denotă translația $C\theta_i$ și $S\theta_i$ reprezintă $\cos\theta_i$ respectiv $\sin\theta_i$. Cinematica directă a end-effector-ului respectând cadrul de bază este determinată prin multiplicarea tuturor matricilor T .

Indicele i asociat parametrilor a, d, θ, α denotă faptul că aceștia sunt atașați cadrului cu același indice.

Din cinematica directă reiese poziția end-effector-ului, cunoscute fiind unghiurile fiecărei articulații. Pentru determinarea poziției acestuia trebuie aplicată ecuația (*) în ecuația următoare.

$$T_6^0 = T_1^0 T_2^1 T_3^2 T_4^3 T_5^4 T_6^5 T_7^6 \quad (**)$$

Pașul următor în realizarea cinematicii directe constă în identificarea valorilor corespunzătoare parametrilor a, d, θ, α . Acestea se regăsesc în tabelul descris în [Raport extins Pr.5 - etapa I](#).

Aceste variabile sunt utilizate pentru scrierea matricilor omogene de transformare corespunzătoare articulațiilor manipulatorului, apoi sunt folosite împreună pentru realizarea programului de simulare în Matlab.

Pentru determinarea poziției end-effector-ului sunt înmulțite cele 7 matrici corespunzătoare celor 7 articulații conform relației (**).

Rezultatul final poate fi consultat în [Raport extins Pr.5 - etapa I](#).

Activitatea: Act 1.14 - Modelarea dinamică a sistemului robotic autonom format din scaun cu roțile și manipulator robotic cu 7-DOF integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilități neuro-motorii;

Scaunul cu roțile are două roți diferențiale – motoare și două roți libere utilizate pentru stabilitatea platformei mobile. Roțile diferențiale au două grade de libertate; de rotație în jurul axei rotii motorizate și punctul de contact. Roțile libere (care se găsesc în partea din față a scaunului cu roțile) au trei grade de libertate - în jurul axei rotii de rotație, punctul de contact și roata.

Cele două roți motoare sunt alimentate de două motoare DC și au aceeași rază a rotii, r . Punctul P_c este originea axei scaunului cu roțile, care este amplasat la intersecția longitudinală dintre axa X și laterală Y . Centrul de masă (COM) se află la punctul P_G . b este distanța măsurată de la centrul scaunului cu roțile la centrul rotii de-alungul axei y a cadrului de referință. Se presupune ca modelul rotii este reprezentat de un disc subțire, solid având un singur punct de contact cu terenul de suprafață. d reprezintă distanța dintre punctul P_c și punctul P_G , care este de-alungul axei x . Poziția scaunului cu roțile poate să fie specificată complet prin următorul vector de coordonate generalizate,

$$q = [x_c, y_c, \varphi, \theta_1, \theta_2]^T$$

unde x_c și y_c sunt coordonate ale scaunului cu roțile. φ reprezintă orientarea cadrului WMR din cadru inertial și $[\theta_1, \theta_2]$ este vectorul de deplasare unghiulară pentru scaunul cu roțile ($wheel_1$ și respectiv $wheel_2$). Având în vedere ca sistemul este neholonomic și că nu există alunecare, constrângerile de rulare pentru ambele roți sunt scrise ca,

$$r\dot{\theta}_1 = \dot{x}_c \cos \varphi + \dot{y}_c \sin \varphi + b\dot{\varphi}$$

$$r\dot{\theta}_2 = \dot{x}_c \cos \varphi + \dot{y}_c \sin \varphi - b\dot{\varphi}$$

Ecuația de mai sus descrie viteza longitudinală a centrului de greutate a scaunului cu roțile care e constrans de viteza longitudinală a roților generate de rotația pură. Utilizând aceleași premise, constrângerea poate fi scrisă astfel,

$$0 = \dot{y}_c \cos \varphi - \dot{x}_c \sin \varphi - d\dot{\varphi}$$

unde viteza laterală măsurată de-alungul întoarcerii axelor scaunului cu roțile este constransă la viteza zero. În scopul de a obține ecuația dinamică a sistemului, utilizând formula Lagrangian, scaunul cu roțile poate fi compartimentat în trei părți și anume corpul platformei și cele două roți (de exemplu, $wheel_1, wheel_2$).

Determinarea sistemului de ecuații dinamice prin utilizarea metodei lui Newton:

Metoda lui Newton este o altă formalitate principală pentru a deriva ecuația legată de dinamica unui sistem mecanic.

Ecuațiile Newton pentru corpul scaunului cu roțile sunt date ca,

$$m_r \ddot{x} = \cos \varphi (R_1 + R_2) - \sin \varphi (R_3 + R_4)$$

$$m_r \ddot{y} = \sin \varphi (R_1 + R_2) + \cos \varphi (R_3 + R_4)$$

$$I_{rz} \ddot{\varphi} = b(R_1 - R_2) - d(R_3 + R_4) - 2I_{wz} \ddot{\varphi}$$

Se poate observa că setul de ecuații derivate utilizând metoda lui Newton are aceeași formă ca ecuațiile derivate utilizând metoda Lagrange dacă $R_i = \lambda_i$.

Aceasta arată consistent dintre cele două modele dezvoltate utilizând metodele Newton și Lagrange.

Determinări ale limitărilor dinamice

Utilizând constrângerile din secțiunea descrisă în [Raport extins Pr.5 - etapa I](#), valorile maxime de viteză, accelerație și decelerație pot fi obținute. Viteza, accelerația, și decelerația scaunului cu roțile au următoarele constrângeri:

$$v(t) \leq V_{lim} \quad a(t) \leq A_{lim} \quad d(t) \leq D_{lim}$$

$$\text{unde: } V_{lim} = \min(v_{robot}, v_{alunecare}, v_{siguranta}) = \min(1.7, 1.073, 0.5) = 0.5 \text{ m/s}$$

$$A_{lim} = \min(a_{robot}, a_{basculare}, a_{alunecare}) = \min(0.9650, 0.225, 1.0593) = 0.225 \text{ m/s}^2$$

$$D_{lim} = \min(d_{robot}, d_{basculare}, d_{alunecare}) = (-1.3950, -0.225, -1.0593) = -1.3950 \text{ m/s}^2$$

unde $v_{robot}, v_{alunecare}, v_{siguranta}$ sunt prezentate în ecuațiile (1.14.22), (1.14.31) și respectiv (1.14.42), $A_{robot}, A_{basculare}, A_{siguranta}$ sunt prezentate în ecuațiile (1.14.28), (1.14.40), și respectiv (1.14.36), $D_{robot}, D_{basculare}, D_{siguranta}$ sunt definite în ecuațiile (1.14.24), (1.14.41), și respectiv (1.14.37).

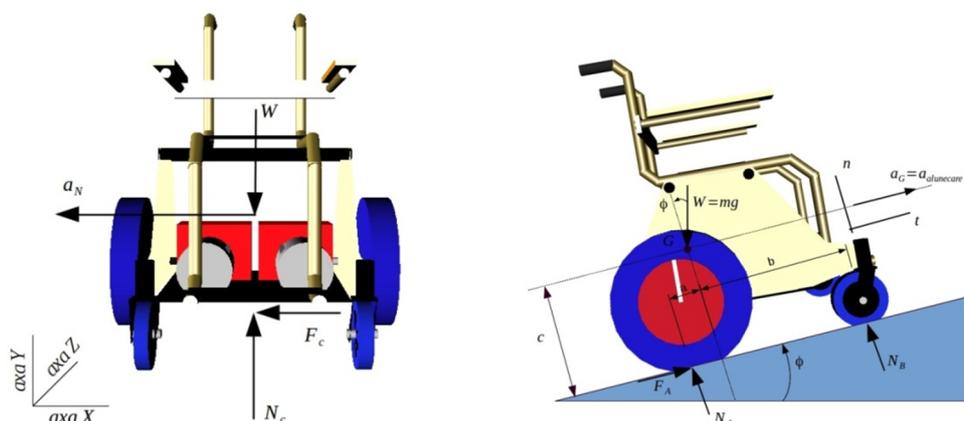


Figura 1.14.. Diagrama scaunului cu roțile pe o traiectorie curbă, în planul XZ - stanga. Diagrama corpului, pentru a găsi maximul de accelerație înainte de patinarea roții - dreapta.

Activitatea: Act 1.15 – Testarea prin simulare numerică a modelelor cinematice și dinamice ale scaunului cu roțile împreună cu manipulator robotic cu 7-DOF integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilități neuro-motorii;

Pentru vizualizarea comportamentului scaunului virtual s-a creat un mediu 3D în care putem vizualiza modul în care se v-a deplasa scaunul cu roțile.

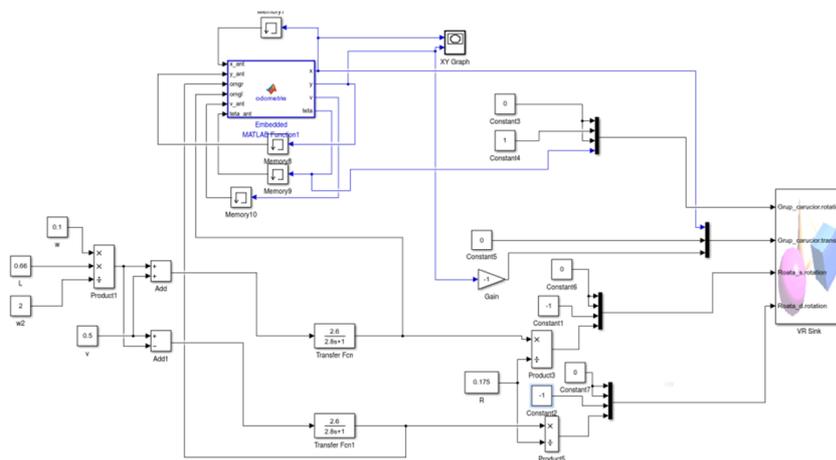


Fig.1.15.1 Schema Simulink de virtualizare a scaunului cu roțile utilizând modelul dinamic

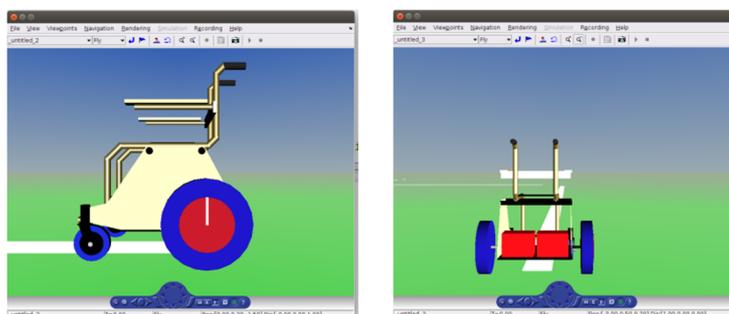


Fig. 1.15.2 Scaun virtual

În Fig.1.15.2 este prezentat scaunul virtual implementat cu vedere din lateral și din spate. Softul realizat permite schimbarea vizualizării.

Cu schema Simulink din fig.1.15.2 s-au realizat o serie de simulări pentru a determina dacă scaunului virtual are comportamentul scaunului cu roțile fizic.

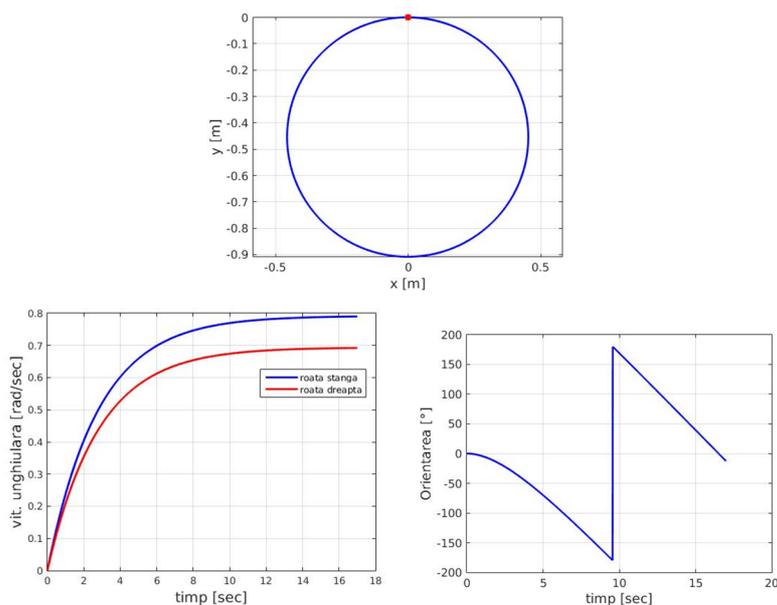


Fig. 1.15.5 Rezultate obtinute in Matlab/Simulink utilizand modelul dinamic al scaunului cu rotile.

Caz: II

Unghi	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7
[°]	0	45	45	0	0	90	0

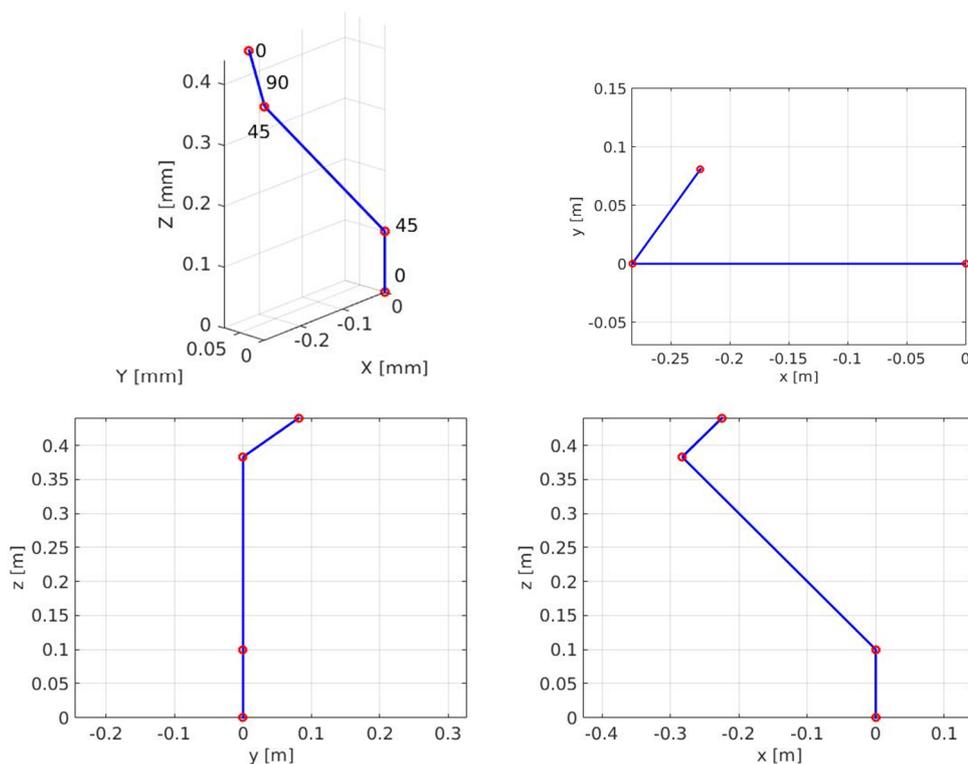


Fig.1.15.6. Rezultate în urma simulărilor (bratul robotic cu 7 grade de libertate) pentru 2 cazuri utilizand mediul Matlab.

În figurile 1.15.6 apar doar 5 dintre cele 7(+end-effector=8) articulații deoarece a doua articulație, a treia și a patra, din figură, reprezintă de fapt câte două articulații. Motivul este unul simplu, distanțele dintre articulațiile menționate anterior sunt setate la 0. Acest lucru simulează un braț uman care are câte două grade de libertate la o singură articulație.

REZULTATE ETAPA 1

S-a obtinut urmatorul rezultat:

- Modelul funcțional a SAC-SI integrat in tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilitati neuro-motorii.

INDICATORII DE REALIZARE ATINSI*Activitatea 1.13.*

- Analize, model cinematic nonholonomic, cu intrari/iesiri si restrictii;

Activitatea 1.14.

- Studii, analize, model dinamic nonholonomic, cu intrari/iesiri si restrictii;

Activitatea 1.15.

- Model funcțional al scaunului cu roțile și manipulator cu 7 grade de libertate în mediul de simulare Matlab/Simulink.

- Rezultate de simulare în aplicația Matlab/Simulink a SAC-SI integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilitati neuro-motorii.

DISEMINARE:**Articole (ISI Proceedings sau BDI)**

1. A. Filipescu, R. Solea, A. Filipescu Jr., G. Stamatescu, G. Ciubuciu, "Trajectory-Tracking Sliding-Mode Control of the Autonomous Wheelchair Modeled as a Nonholonomic WMR", 2018 IEEE 14th International Conference on Control and Automation (ICCA), June 12-15, 2018. Anchorage, Alaska, USA, pp. 1168-1173, [DOI: 10.1109/ICCA.2018.8444335](https://doi.org/10.1109/ICCA.2018.8444335) - [link](#)

PREZENTAREA STRUCTURII OFERTEI DE SERVICII DE CERCETARE SI TEHNOLOGICE CU INDICAREA LINK-ULUI DIN PLATFORMA ERRIS - SERVICII DE CERCETARE SI TEHNOLOGICE

PROIECT 1 : Denumire - Analiza structurala si arhitecturala a platformelor mobile pentru persoane cu dizabilitati

- Analiza si selectarea solutiilor integrare si interfatare a sistemelor senzoriale in arhitecturi de conducere pentru platforme mobile destinate persoanelor cu dizabilitati
- Studiu privind "Integrarea Senzorilor Inteligenti in Structuri de Conducere pentru Roboti"
- Servicii de proiectare asistata a platformelor mobile pentru persoane cu dizabilitati
- Servicii de integrare si interfatare a sistemelor senzoriale in arhitecturi de conducere pentru platforme mobile destinate persoanelor cu dizabilitati

Link: <https://erris.gov.ro/Computer-Aided-Design-CAD--C>

PROIECT 2. Denumire - Linie de fabricație flexibilă de precizie si reversibila, deservita de SAC-ARP (Sistem autonom complex -Asistent Robotic Personal) si SAC-VAM (Sistem autonom complex- Vehicul Autonom Mobil)

Descriere - Structura de conducere în timp real a liniilor de asamblare /dezasamblare de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, asistate în procesul reversibil de dezamblare de SAC integrate în tehnologii de asistare.

Echipamente – SMART Flexible Assembly System , Producator: ASTI Automation SRL

Link la platforma ERRIS: <https://erris.gov.ro/PRECIS-UPB>

Research services: Pozitia **L9:Innovative Products and Processes to Increase Life Quality**

Equipments: Pozitia **SMART Flexible Assembly System**

PROIECT 3: Servicii ERRIS <https://erris.gov.ro/Process-Control-Systems> :

2.2. Serviciu de cercetare pe platforma SAC-ARP pentru asistare personală medico-socială în spital și acasă.

-Researches for the Autonomous Complex System - Personal Robotic Assistant platform to ensure the medical and social assistance in the hospital and at home

2.3. Serviciu de cercetare pe platforma SAC-VAM pentru asistare personală intra/extra Spitalicească și salvare în teren accidentat.

-Researches for the Autonomous Complex System- Multidirectional Autonomous Vehicle platform for personal assistance in/out the hospital and rescue in rough terrain

Tehnologii ERRIS <https://erris.gov.ro/Process-Control-Systems>

Teh.1. Tehnologia hibridă de fabricație flexibilă, de precizie, pe linii de laborator și industriale, cu Sistemul Autonom Complex – Vehicul Autonom Multidirecțional (SAC-VAM) integrat;

-Hybrid flexible manufacturing systems control technologies for precision flexible assembly/manufacturing lines for laboratory or industrial use, integrating the Autonomous Complex System -Multidirectional Autonomous Vehicle

Teh.2. Tehnologia hibridă de fabricație flexibilă, de precizie, pe linii de laborator și industriale, cu Sistem Autonom Complex - Asistent Robotic Personal (SAC-ARP) integrat;

Hybrid flexible manufacturing systems control technologies for precision flexible assembly/manufacturing lines for laboratory or industrial use, Hybrid flexible manufacturing systems control technologies for precision flexible assembly/manufacturing lines for laboratory or industrial use, integrating the Autonomous Complex System - Personal Robotic Assistant

Echipamentele:

- [1. Hera flexible assembly line – 6 workstations](#) ,
- [2. Autonomous electric robot with 2 motor wheels - PIONEER 3DX](#)
- [3. Manipulator structure with 7 degrees of freedom](#)

- [4. Autonomous electric wheelchair for disabled people](#)
- [5. Modular Systems for Mechatronics Training System - FESTO](#)

PROIECT 4:SERVICII DE CERCETARE SI TEHNOLOGICE

1. Produse/ Produse informatice/ Tehnologii

Linie de fabricație flexibilă de precizie și reversibilă, deservită de SAC-ARP (Sistem autonom complex - Asistent Robotic Personal) și SAC-VAM (Sistem autonom complex- Vehicul Autonom Mobil)

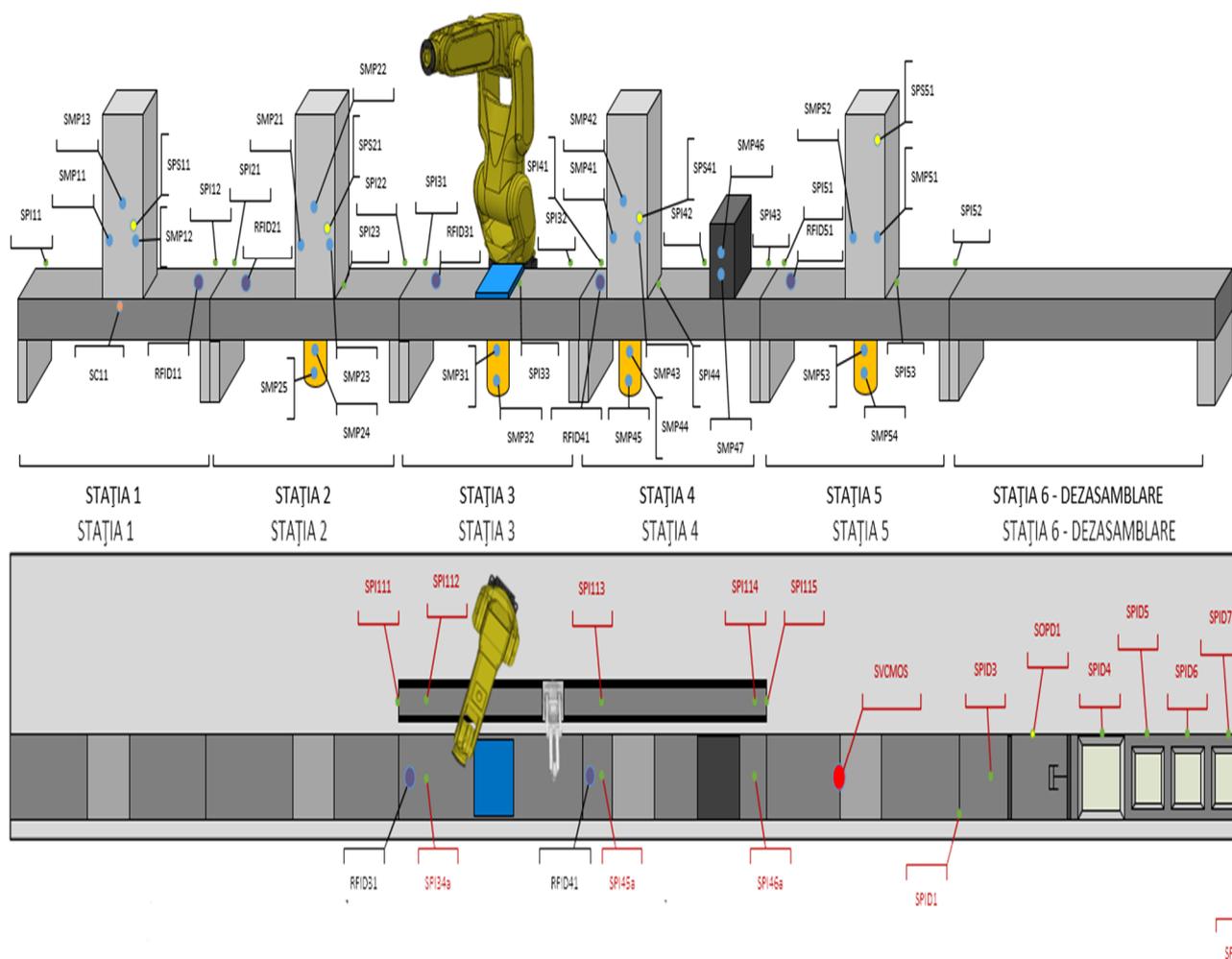
Descriere - Structura de conducere în timp real a liniilor de asamblare /dezasamblare de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, asistate în procesul reversibil de dezamblare de SAC integrate în tehnologii de asistare. *Realizare în progres.*

<https://erris.gov.ro/Valahia-University-of-Targoviste>

2. Servicii

Tehnologie hibridă de fabricație flexibilă, de precizie, de asamblare/dezasamblare pe linii mecatronice de laborator cu SAC_ARP și SAC-VAM integrate

<https://erris.gov.ro/Valahia-University-of-Targoviste>



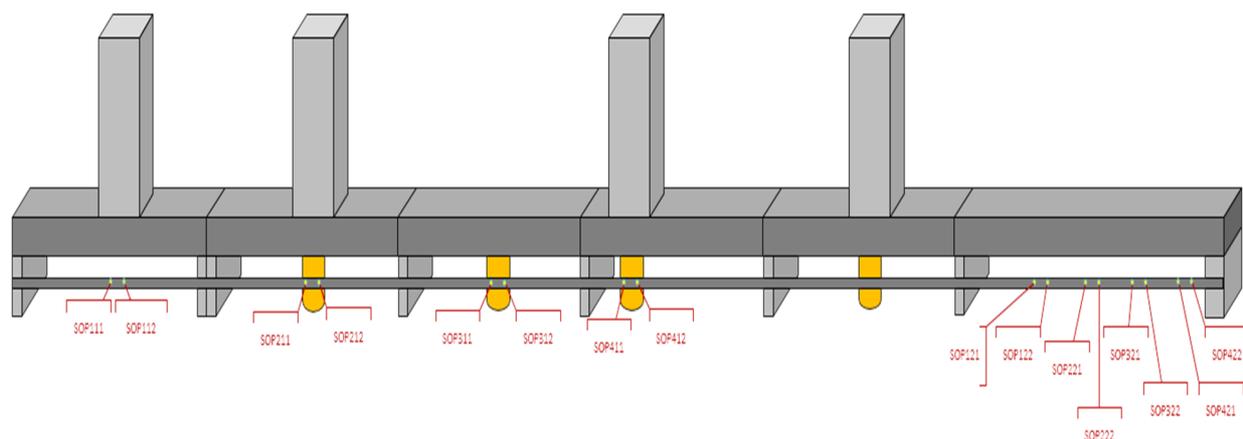


Figura 5

PROIECT 5: SERVICII DE CERCETARE SI TEHNOLOGICE

Denumire - *ErrisServ.1.Serviciu de cercetare pe platforma SAC-SI pentru asistare medicală a persoanelor cu dizabilități severe.*

- *Teh.3. Tehnologia de asistare medicală a persoanelor cu dizabilități severe cu Sistem autonom complex - Scaun inteligent (SAC-SI) integrat.*

Link la platforma ERRIS: <https://erris.gov.ro/Process-Control-Systems>

Research services: 2.1. Researches for the Autonomous Complex System-Intelligent Wheeled Chair platform to assist people with severe neuromotor disabilities.

Technological services: 3. Medical assistance technologies for elderly and people with severe neuromotor disabilities using the integrated Autonomous Complex System-Intelligent Wheeled Chair.

Equipments: 3. Manipulator structure with 7 degrees of freedom.
4. Autonomous electric wheelchair for disabled people.

LOCURI DE MUNCA SUSTINUTE PRIN PROGRAM, INCLUSIV RESURSA UMANA NOU ANGAJATA

PROIECT 1: <http://cidsactech.ucv.ro/index.php/Angajare-tineri-cercetatori>

PROIECT 2 : Echipa de proiect care a contribuit la cercetari in Etapa 1.Proiect 2, este formata din 11(unsprezece) cercetatori (inclusi in lista de personal a proiectului 2). Dintre acestia unul este tânăr cercetator (doctorand) nou angajat la partenerul UPB, pe pozitia de Asistent de cercetare.

PROIECT 3:Echipa de proiect care a contribuit la cercetări în Etapa 1.Proiect 3, este formata din 12 cercetători, incluși în lista de personal a proiectului 3. Dintre aceștia, (doi) sunt tinerii cercetători nou angajați la Coordonator, UDJG, pe poziții de Membru-cercetator (nou): Răzvan BUHOSU și Iustin Aurelian BRAHARU

Proiect 4: Echipa de proiect care a contribuit la cercetări în Etapa 1.Proiect 4, este formata din 11(unsprezece) cercetători(incluși în lista de personal a proiectului 4). Dintre aceștia, 2(doi) sunt tinerii cercetători nou angajați la partenerul UVT, pe poziția de Cercetător în automatică.

Proiect 5: Echipa de proiect care a contribuit la cercetari in Etapa 1. Proiect 5, este formata din 3 (trei) cercetatori (inclusi in lista de personal a proiectului 5), Dintre aceștia, unul este tânăr cercetător nou angajat la Coordonator, UDJG, pe poziții de Membru-cercetator (nou), Ionescu Dan.

Director proiect complex
Prof. Dr. Ing. Adrian FILIPESCU