

RST-CIDSACTEH-Etapa 2-2019

Denumire: Proiectarea si integrarea structurilor de conducere inteligenta si distribuita a sistemelor autonome in servicii de deservire medico-sociala si linii de fabricatie de laborator;

Rezumat: Modelul sistemic al configurației structurii senzoriale; Rezultatele simulării funcționale a configurația structurii senzoriale; Specificații de proiectare; Model experimental al MVD; Model funcțional al al unui sistem de control vizual amplasat pe un sistem robotic integrat într-o linie flexibilă de asamblare/dezasamblare; Interfata ISC dedicata pentru medii eterogene; Model funcțional al unei structurii de control predictiv al unui sistem servoing vizual bazat pe imagine; Sisteme de navigație ale sistemelor autonome complexe SAC-ARP și SAC-VAM integrate in tehnologii de asistare și deservire; -Sisteme de poziționare de precizie, bazate pe sistem video-servoing, a manipuloarelor care echipează sistemele autonome complexe SAC-ARP și SAC-VAM; Structura de conducere în timp real a LA/D de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, asistate în procesul reversibil de dezasamblare de SAC integrate în tehnologii de asistare, SAC-ARP, roboti mobili (2DW/1FW) echipat cu Manipulator 6-DOF Arm și SAC-VAM, roboti mobili (4DW/SW) echipați cu Manipulator 6-DOF; Model funcțional al structurii de conducere inteligentă si navigatie a scaunului cu roțile de tip "Cirrus Power Wheelchair" - parte integrantă din SAC-SI; Model funcțional al structurii de evitare a obstacolelor în timp real (formată din senzori de tip laser si video) pentru scaunul cu roțile de tip "Cirrus Power Wheelchair"- parte integrantă din SAC-SI; Model funcțional al structurii de conducere avansată bazată pe senzori performanți si sisteme servoing vizuale - pentru manipulatorul Cyton;

Proiect 1: Modelarea și simularea sistemului senzorial integrat

Activitatea 2.1: Modelarea si simularea senzorilor selectionati in Etapa 1

La această activitate s-a realizat modelarea și simularea utilizării senzorilor selectați, și anume: DJI Guidance, LIDAR, Kinect și Tobii eye tracker 4c. În cazul simulării utilizării DJI Guidance, pentru sistemul autonom complex destinat tehnologiilor de asistare personală medico-socială, intra/extra spital și acasă realizat în cadrul prezentului proiect de cercetare, au fost utilizate controllerul Guidance Core și 4 elemente senzoriale Guidance. Schema locală a conexiunilor este redată în figura de mai jos:

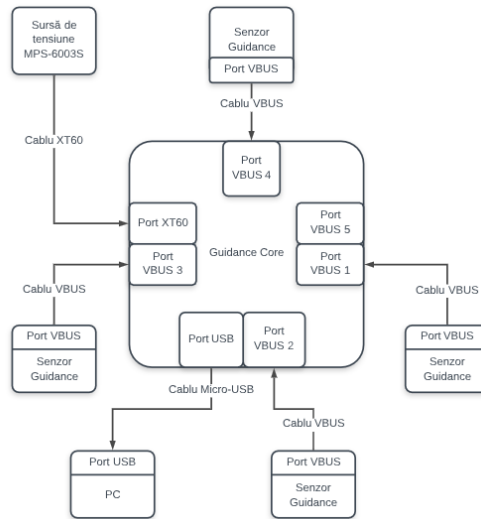


Figura 2.1.1 Schema locala a conexiunilor

În cazul simulării utilizării LIDAR, datele sunt furnizate de LIDAR-ul Velodyne sub urmatoarea structura:

VelodyneVLP16Data18										
X	Y	Z	intensity	laser_id	azimuth	distance_m	adjustedtime	timestamp	vertical_angle	
Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number
X	Y	Z	intensity	laser_id	azimuth	distance_m	adjustedtime	timestamp	vertical_angle	
0.01151305...	4.71177211...	-1.2625193...	4.0	0.0	14.0	4.878	104838287...	628782463.0	-15.0	
0.04580262...	17.4952750...	0.30538220...	34.0	1.0	15.0	17.498	104838287...	628782466.0	1.0	
0.01517746...	5.43501502...	-1.2547769...	4.0	2.0	16.0	5.578	104838287...	628782468.0	-13.0	
0.05185823...	17.4779371...	0.91598390...	67.0	3.0	17.0	17.502	104838287...	628782470.0	3.0	
0.01905385...	6.42177676...	-1.2482724...	3.0	4.0	17.0	6.542	104838287...	628782473.0	-11.0	
0.04390874...	13.9765426...	1.22279507...	42.0	5.0	18.0	14.03	104838287...	628782475.0	5.0	
0.02586826...	7.80071962...	-1.2355194...	3.0	6.0	19.0	7.89800000...	104838287...	628782477.0	-9.0	
0.03476412...	9.95914741...	1.22283699...	22.0	7.0	20.0	10.034	104838287...	628782479.0	7.0	
0.03645139...	9.94524563...	-1.2211308...	2.0	8.0	21.0	10.02	104838287...	628782482.0	-7.0	
0.02773689...	7.56761723...	1.19860087...	50.0	9.0	21.0	7.662	104838287...	628782484.0	9.0	
0.05290883...	13.7792634...	-1.2055382...	1.0	10.0	22.0	13.832	104838287...	628782486.0	-5.0	
0.02295731...	5.71891389...	1.11165320...	2.0	11.0	23.0	5.82600000...	104838287...	628782489.0	11.0	
0.07325335...	17.4878469...	-0.9165072...	54.0	12.0	24.0	17.512	104838287...	628782491.0	-3.0	

Pentru reprezentarea datelor in spatiul tridimensional a fost utilizata aplicatia Simulink. Mai jos este redata schema de blocuri realizata in Simulink, precum si functiile implementate de catre acestea.



Figura 2.1.10 Reprezentarea datelor în spațiu tridimensional

În cazul simulării utilizării Kinect, dispozitivul furnizează date 2D din imagini obținute pe spectru vizibil și date 3D achiziționate de o cameră cu timp de zbor pe spectrul IR. Cartografia este furnizată ca un nor de puncte reprezentat în coordonate polare și conține distanța de la senzor la cel mai apropiat obstacol în direcția polară respectivă.

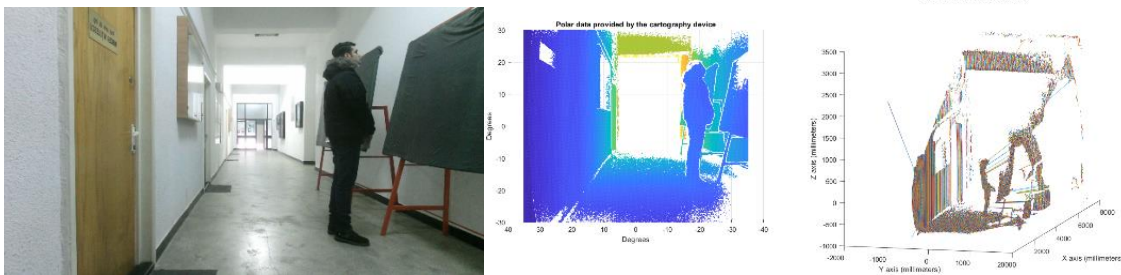


Figura 2.1.11 Imaginea din stanga: imaginea 2D acutizată pe spectru vizibil. Imaginea centrală: datele de adâncime dobândite de dispozitivul cartografic în coordonate polare; centrul imaginii reprezintă centrul sistemului de coordonate polare. Imaginea din dreapta: datele de adâncime din coordonatele spațiului cartesian (nor de puncte).

În cazul simulării utilizării Tobii eye tracker 4c, testul este conceput pentru a măsura precizia și acurately senzorului în corelație cu un anumit subiect. În acest sens, am definit zonele învecinate în jurul unor puncte-țintă specifice, pentru a determina poziția privirii ochilor raportată de senzor, în timp ce subiectul este convins că el / ea se uită la punctul țintă. Astfel, dacă privirea se află în interiorul unei zone vecine timp de 0,5 secunde, algoritmul marchează ținta corespunzătoare ca fiind "privita de subiect", modifică culoarea țintă și înregistrează poziția medie de vizionare în timpul celor 0,5 secunde.

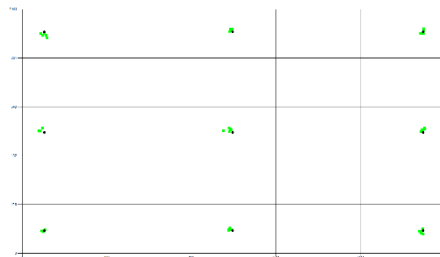


Figura 2.1.14 Datele privirii ochilor înregistrate pentru un test, subiectul A. Se poate observa o bună precizie și o acurately bună

Un test a constat în: Este afișat un ecran cu 9 puncte țintă (puncte negre în fig.3); Subiectul trebuie să se uite la fiecare punct timp de cel puțin 0,5 secunde, într-o ordine aleatorie, de cel puțin 5 ori; Pentru fiecare punct este definită o zonă învecinată; după ce a privit mai mult de 0,5 secunde într-un punct, punctul țintă schimbă culoarea pentru a permite utilizatorului să știe că au trecut 0,5 secunde; simultan, se înregistrează datele privind privirea ochilor extrase de către dispozitivul de urmărire a ochilor; Testul se încheie automat când utilizatorul analizează fiecare punct țintă de cel puțin 5 ori. Testele au fost efectuate pentru mai multe subiecte - în această etapă a proiectului de cercetare, subiecții au fost membri ai echipei; în viitor, vom efectua teste asupra persoanelor cu deficiențe de mobilitate grave, pentru a obține feedbackul lor (numai pentru condițiile de funcționare valabile, descrise după cum urmează). Pentru fiecare subiect, testele au fost repetate în diferite condiții de funcționare: în aer liber (lumina soarelui din diferite unghiuri în raport cu senzorul / subiect, parțial noros); interior (lumina naturală, lumina fluorescentă, lumina incandescentă, intensități diferite de lumină). Analiza datelor a arătat că senzorul nu este adecvat pentru funcționarea în aer liber la lumina directă a soarelui (provenind din orice unghi) și când este parțial inorat - testul a oferit date eronate sau chiar lipsesc date (senzorul a pierdut privirea ochilor).

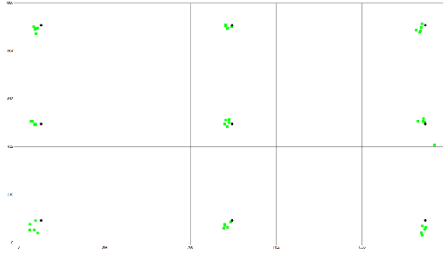


Figura 2.1.15 Datele de urmarire a pívirii ochilor înregistrate pentru subiectul B în aceleași condiții ca și datele înregistrate pentru subiectul A și prezentate în fig.3. Se poate observa că precizia și acuratetea sunt mai puțin bune.

Categorie activitate: A2 – Cercetare industrială

Rezultate așteptate: Modelele senzorilor selectați și rezultatele simulărilor

Activitatea 2.2: Modelarea și simularea sistemului senzorial pentru definit în Etapa 1.

La aceasta activitate s-a realizat sistemul de fuziune a datelor furnizate de sistemul senzorial global cu schema generală prezentată în figura de mai jos.

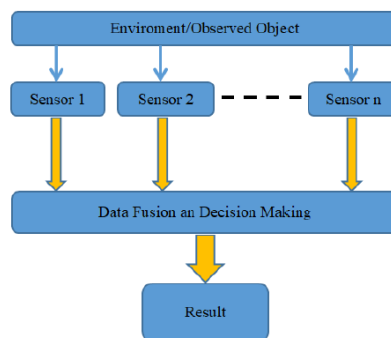


Figura 2.2.1 Sistem generic de fuziune a datelor.

Modelul sistemului senzorial propus pentru scaun cu roți (platforma mobilă) este compus din sistemul Kinect pentru achiziția video și sistemul Lidar VLP-16 pentru scanare cu laser. Sistemul video Kinect este poziționat frontal pe direcția de mișcare, la jumatea scaunului, scanând un sector unghiular de 120 de grade pe orizontală și 80 pe verticală.

Experimentele realizate pentru detectarea obiectelor au fost efectuate folosind setul de date KITTI. Asocierea dintre imaginile RGB-D obținute cu camera Kinect și punctele de cloud obținute cu LIDAR a fost bazată pe o versiune actualizată a algoritmului Adaptive Least Squares Correlation (GOTCHA).

Prima etapă constă în extragerea punctelor inițiale utilizând o implementare de potrivire a punctelor cheie SIFT din OpenCV. Următoarea etapă este combinarea subsetului de puncte cloud obținut din sursa LIDAR cu imaginile RGB-D generate de camera Kinect. Următoarele grafice arată curbele de Precision-Recall obținute, în care au fost utilizate doar imagini Kinect, numai imagini LIDAR și pentru experimentele în care s-au utilizat imagini combinate obținute ca urmare a fuziunii datelor între Kinect și LIDAR.

Pentru obiecte, la detectarea s-au utilizat trei algoritmi: Recunoașterea obiectelor SIFT care presupune 4 faze: detectarea caracteristicilor; descrierea imaginii locale; indexare, potrivire și verificare modelului; BlitzNet care propune o arhitectură complexă pentru o înțelegere a scenei în timp real cu implementarea sa; Tensorflow Object Detection care creează modele precise de învățare automată capabile să localizeze și să identifice mai multe obiecte într-o singură imagine cu implementarea sa; Curbele Precision-Recall sunt desenate cu culoare albastră pentru algoritmul SIFT, cu verde pentru BlitzNet și cu roșu pentru Tensorflow.

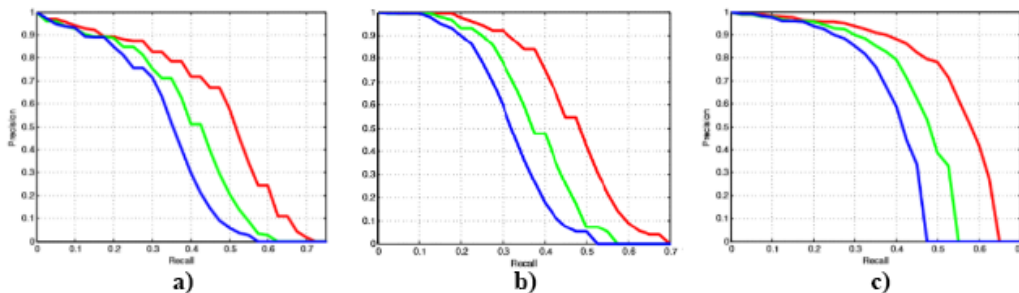


Figura 2.2.5 a) graficul Precision-Recall pentru setul de date Kinect; b) graficul Precision-Recall pentru setul de date LiDAR; c) graficul Precision-Recall pentru setul de date obținut în urma procesului de fuziune a datelor

Categorie activitate: A2 – Cercetare industrială

Rezultate așteptate: Modelul sistemului senzorial și rezultatele simulării;

Activitatea 2.3. Simularea algoritmilor de control ai traiectoriilor cu ocolirea obstacolelor bazați pe informația furnizată de sistemul senzorial distribuit.

În această etapă s-a realizat simularea următorilor algoritmi de control ai traiectoriilor cu ocolirea obstacolelor bazati pe informația furnizată de sistemul senzorial distribuit: VFH+, algoritm de control în jurul obstacolelor utilizând logica Fuzzy și algoritm de control bazat pe metoda câmpului de potențial artificial și pe logica Fuzzy. Metoda VFH+ folosește un proces, în patru etape, de reducere a datelor pentru a calcula noua direcție de mișcare. În primele trei etape, grila de hartă bidimensională este redusă la histograme polare care sunt construite în jurul locației actuale a robotului. În a patra etapă, algoritmul selectează direcția cea mai potrivită pe baza histogramei polare mascate și a unei funcții de cost. Scopul algoritmului de control în jurul obstacolelor utilizand logica Fuzzy propus este de a mișca vehiculul aproape de granița obiectului cu evitarea de coliziuni.

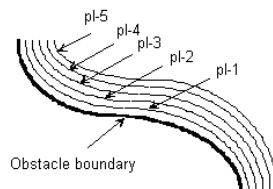


Figura 2.3.5 Granitele obstacolelor și nivele de proximitate

Metoda câmpului de potențial artificial este considerată o metodă “locală” care se bazează pe următoarea idee: vehiculul electric în mișcarea sa pe traiectorie trebuie să fie “atras” de ținta și respins de frontierele obstacolelor și, eventual, ale câmpului de operare.

Câmpului de potențial artificial de atracție este o funcție de potențial ale cărei puncte de minim sunt elemente atrătoare pentru sistemul controlat.

Ideea principală ce decurge din definiția potențialului de respingere este aceea de a crea o barieră de potențial în jurul obstacolelor astfel încât aceasta să nu fie traversată de traiectoria platformei mobile.

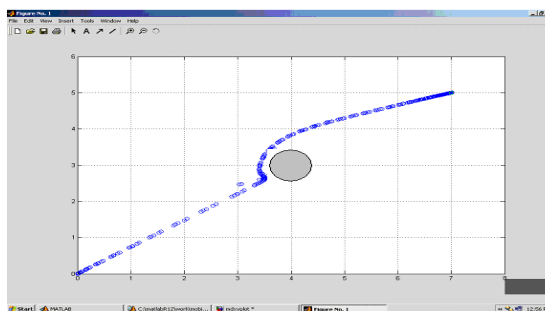


Figura 2.3.11 Traiectoria vehiculului mobil autonom în prezența unui obstacol

Categorie activitate: A2 – Cercetare industrială

Rezultate așteptate: Algoritmi de control ai traiectoriilor cu ocolirea obstacolelor bazați pe informația furnizată de sistemul senzorial definit în etapele anterioare; Rezultatele simulărilor funcționale bazate pe algoritmi definiți; Participare conferințe, workshop-uri, articole în revistă ISI/BDI;

CONCLUZII: Raportul științific detaliat pune în evidență soluțiile științifice pe care echipa de lucru a Proiectului 1 le oferă pentru cerințele Etapei 2. În raportul științific detaliat în carcat pe platforma proiectului P1 (<http://cidsactech.ucv.ro/data/uploaded/Documente/RAPORT%20CIDSACTEH%20P1%202019%20UCV.pdf>), se pot vizualiza soluțiile/rezultatele pentru cercetări aferente Etapei 2. 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) - <http://cidsactech.ucv.ro/index.php/Publicatii>

ISI- Proceedings Paper

- 1) Manta L.F., Cojocaru D., Vladu I.C., Dragomir A., Mariniuc A., 2019, Wheelchair Control by Head Motion Using a Non-contact Method in Relation to the Patient, 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC), May 26 – 29, Kraków-Wieliczka, Poland, Electronic ISBN: 978-1-7281-0702-8, DOI: 10.1109/CarpathianCC.2019.8765982, WOS:000490570500097, ISBN:978-1-7281-0701-1
- 2) Viorel Stoian, Ionel Cristian Vladu, Cristina Pana, Daniela Pătrașcu, Ileana Vladu, Locomotion Solution for Stair Climbing Wheelchair with ER Fluid Based Control, 2019, Proceedings of the 20th International Carpathian Control Conference (ICCC'2019), Krakow-Wieliczka, Poland, May 26-29, 2019, ISBN: 978-1-7281-0701-1, IEEE Catalog Number: CFP1942L-USB, WOS:000490570500070

BDI – IEEE XPLORE

3) Dorian Cojocaru, Andrei Dragomir, Florin Manta, Alexandru Mariniuc, Cristian Ionel Vladu, Iulian Deaconu, Involving Students with Special Needs In Research Projects, 29th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE) 2019, 4-6 September, University of Ruse, Ruse, Bulgaria, (in curs de aparitie)

4) Cojocaru D., Manta L. F., Vladu I.C., Dragomir A., Mariniuc A., 2019, Using an Eye Gaze New Combined Approach to Control a Wheelchair Movement, 2019 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), October 9-11, 2019, Sinaia, Romania, ISSN: 2372-1618, DOI: 10.1109/ICSTCC.2019.8886158.

5) Resceanu Ionut Cristian, Vladu Ionel Cristian, Ganea Eugen, Roibu Horatiu, Bazavan Lidia-Cristina, Decision Making using Data Fusion for Wheelchair Navigation, Proc. of 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), Sinaia, October 9-11, 2019, Page(s): 614 - 619, IEEE Catalog Number: CFP1936P-USB, ISBN: 978-1-7281-0698-4, DOI: 10.1109/ICSTCC.2019.8885823

6) I.C. Vladu, D Cojocaru, F. Manta, I Resceanu, Rheological Based Hibrid Hyper-Redundant Robot - Design, Proc. of 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), Sinaia, October 9-11, 2019, Page(s): 603 - 607, IEEE Catalog Number: CFP1936P-USB, ISBN: 978-1-7281-0698-4, DOI: 10.1109/ICSTCC.2019.8885467

Conference under the patronage of Ministry of Research and Innovation:

7) Pană Cristiana Floriana, Vladu Ionel Cristian, Pătrașcu Pană Daniela Maria, Manta Liviu Florin, Cojocaru Dorian, Tarniță Daniela, Bîzdoacă Nicu George, *Smart Fluid Based Variable Geometry Wheel*, Proceedings of the 11th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT 2019, 17-19 mai, 2019, ISSN Print: 2601-4564

Prezentări în cadrul unor manifestări naționale organizate în 2019 :

1. Prezentare proiect - în cadrul conferinței **11th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT 2019, 17-19 mai, 2019**, patronată de Ministerul Cercetării și Inovării

Premii: <http://cidsactech.ucv.ro/index.php/Publicatii>

- Diplomă și Medalie de aur pentru: *Smart Fluid Based Variable Geometry Wheel* - Cerere de Brevetare A/00212/2019, Universitatea din Craiova, Pentru Proiectul Complex: CIDSATECH, autori: Pană Cristiana Floriana, Vladu Ionel Cristian, Pătrașcu Pană Daniela Maria, Manta Liviu Florin, Cojocaru Dorian, Tarniță Daniela, Bîzdoacă Nicu George, EUROINVENT 2019
 - Diplomă și Medalie de aur pentru: *Smart Fluid Based Variable Geometry Wheel* - Cerere de Brevetare A/00212/2019, Universitatea din Craiova, Pentru Proiectul Complex: CIDSATECH, autori: Pană Cristiana Floriana, Vladu Ionel Cristian, Pătrașcu Pană Daniela Maria, Manta Liviu Florin, Cojocaru Dorian, Tarniță Daniela, Bîzdoacă Nicu George, EUROINVENT 2019
2. **Prezentarea proiectului CIDSACTEH** în cadrul evenimentului „*Noaptea cercetătorilor*” 27 Septembrie 2019 organizat la Universitatea din Craiova. <http://cidsactech.ucv.ro/index.php/Noaptea-Cercetatorilor>
3. Prezentare proiect - în cadrul conferinței: **29th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE) 2019**, 4-6 September, University of Ruse, Ruse, Bulgaria

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

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

Activitatea 2.4. : Definirea modelelor de bază pentru configurațiile distribuite de senzori și sisteme servoing vizuale asociate liniilor flexibile de fabricație

2.4.1. Implementarea modelului experimental al MVD.

2.4.1.1. Caracteristica de baza: Mediul de dezvoltare cuprinde două componente principale: aplicația web și modulul de execuție. Legătura între cele două se face printr-un schimb de mesaje de tip REST, reprezentate în format XML.

Aplicația web are ca elemente principale: Interfața cu utilizatorul; Editorul grafic pentru crearea structurilor de legătură; Modulul de pregătire a execuției; Modulul de interfață cu serverul de execuție. Un utilizator poate lansa în execuție structuri de funcții executabile. Din punctul de vedere al execuției, aceasta poate fi: 1) Locală, pe serverul aplicației web; 2) In mediul de dezvoltare, în timp real prin interconectarea printr-un protocol de comunicare industrial; 3) In mediul de dezvoltare, în mod offline utilizând fișiere de istoric cu datele de intrare și fișiere de rezultat pentru comunicarea rezultatelor execuției. Funcționalitățile oferite de platformă sunt prezentate în Anexa 1.

2.4.1.2. Implementarea interfețelor REST: REST provine de la Representational State Transfer și este o arhitectură

bazată pe standarde web, folosind protocolul HTTP pentru transfer de date. În arhitectura REST, un server REST acordă unui client accesul la resurse. Fiecare resursă este identificată unic printr-un URI (Uniform Resource Identifier) sau Identificator Uniform de Resurse. REST folosește următoarele reprezentări pentru a defini o resursă: XML, JSON sau Text. În proiectul CIDSACTEH este folosită reprezentarea în XML. Detalii privind implementarea sunt prezentate în Anexa 2.

2.4.1.3. Descrierea mecanismului de execuție: *Execuția locală* care permite execuția unui model cu un singur bloc, care rulează pe masina locală, folosind un server OPC pentru a obține datele de intrare și a furniza utilizatorului datele de ieșire; *Execuția în cloud* care se poate face în două moduri: Execuția bazată pe un set de date stocate într-un fișier de istoric și respectiv Execuția în timp real.

2.4.1.4. Testarea MVD în regim de simulare: Testarea a fost realizată atât după finalizarea fiecărui modul al aplicației, în timpul dezvoltării acesteia, cât și în final, în forma integrată. Această abordare a permis ajustarea soluției tehnice propusă inițial în conformitate cu rezultatele obținute pe parcurs, astfel încât nivelul de performanță să fie cât mai ridicat. Partea de testare a inclus 5 etape: i) Testarea execuției scripturilor pe server; ii) Testarea clientului de server OPC în Java; iii) Testarea interfețelor REST; iv) Testarea interfeței web; v) Testarea aplicației ca întreg.

2.4.2. Implementarea în MVD a cadrului de proiectare și testare în tehnologie Digital Twin: Trei tehnologii emergente domină în prezent cercetarea în domeniul conducerii digitale a proceselor: analiza volumelor mari de date (Big Data Analytics - BDA), învățarea automată (Machine Learning - ML) și avatarul digital (Digital Twin - DT). Dintre acestea, DT s-a impus ca esențial în domeniul sistemelor robotizate de fabricație. În cadrul special creat în MVD pentru simulare, DT este reprezentat în trei ipostaze: 1) Prototip Digital Twin (PDT): un PDT descrie informațiile pentru a crea un activ (*asset*) virtual, de exemplu, modelul 3D al activului; (2) Instanță Digital Twin (IDT): IDT descrie o singură instanță fizică specifică a unui activ, de exemplu lista pieselor care au fost utilizate la producerea acestui activ sau etapele exacte ale procesului care au fost parcurse în producerea activului dat; IDT conține, de asemenea stările operaționale capturate de senzorii conectați la activ; 3) Agregat Digital Twin (ADT): ADT este o asociere de mai multe IDT și permite interogarea informațiilor despre un grup de active. Implementările bazate pe DT se încadrează în trei categorii: 1. Modele simple de echipament; ele conțin două seturi principale de informații: setul de valori curente, măsurate prin senzorii echipamentului și respective setul de valori dorite pe care aplicația de control sper să le obțină. 2. Avatari digitali încorporați (EDT- Embedded Digital Twins); ei sunt implicați în toate activitățile care le implică DT, de ex. controlul resurselor sau managementul producției. Conexiunea dintre modelul fizic și avatarul virtual aferent este stabilit în modul dual: prin generarea de date în timp real folosind senzori și prin generarea de comenzi de control în timp real cu ajutorul unei entități care ia decizii. Un EDT este singurul punct de interacțiune și singura sursă de informații pentru omologul său din lumea sa reală. 3. Avatari digitali în rețea (NDT – Networked Digital Twins); rețeaua oferă fiecărui EDT capacitatea de a interacționa cu alte EDT din mediul său, reflectând astfel o realitate fizică extinsă. Prin extensie, pentru sistemul global de fabricație va exista un NDT care agregă DTE pentru fiecare resursă, și pentru fiecare instanță de echipament. În platforma de simulare, cadrul de emulare DT este plasat la nivelul cel mai înalt – nivelul 6 într-o arhitectura cu 6 niveluri, definite după cum urmează: Niveluri în lumea fizică reală: Nivel 1 – Senzori și echipamente (atât de măsurare, cât și de execuție); Nivel 2 - Surse de date prelucrate – de regulă echipamente de conducere a proceselor (automate programabile, calculatoare de proces, controller): Niveluri în lumea fizică virtuală; Nivelul 3 – Depozite de date la nivel local (în platforma CIDSACTEH am folosit un server OPC UA compatibil SOA, implementat cu licență GPL 2.0); Nivelul 4 – Gateway IoT (în validare s-a folosit dispozitivul de interfață de frontieră în tehnologie Edge descris la activitatea 2.6); Nivelul 5 – Depozite de date în Cloud; Nivelul 6 – Emulare și simulare (care apare ca o anvelopă a nivelurilor 3, 4 și 5). În Fig. 2.4.12 este descrisă o aplicație de simulare DT pentru un scenariu tipic de linie de fabricație care constă din mai multe stații pentru un proces tipic de preluare și plasare. Concret, avem 4 entități fizice PT (Physical Twin): un robot fără efector final (PT-A), un dispozitiv inteligent de prindere (gripper) (PT-B), un robot cu un dispozitiv de prindere controlat complet de controlerul robotului (PT-C) și un transportor (conveior) de piese care ajung de la sursă la destinație (PT-D). Fiecare PT, care oferă toate datele sursă, are un avatar digital corespunzător (DT-A, DT-B, DT-C și DT-D). DT-AB reprezintă o agregare între DT-A și DT-B. La nivel global DT-ABCD este o agregare între DT-AB, DT-C și DT-D. După cum se constată din fig. 2.4.12 a, dacă un PT este conectat la o sursă de date (de regulă un controler), serverul OPC UA de la nivelul 3 este capabil să obțină starea PT omolog. Prin urmare, chiar dacă PT-A și PT-B fac parte dintr-un ansamblu, fiecare poate avea propriul său PT. Serverele OPC UA ale DT-A și DT-B pot să fie configurate astfel încât DT-AB să aibă acces doar la informațiile care sunt puse la dispoziție la DT-A și DT-B, menținând astfel confidențialitatea datelor, în cazul în care PT-A și PT-B ar proveni de la furnizori diferiți.

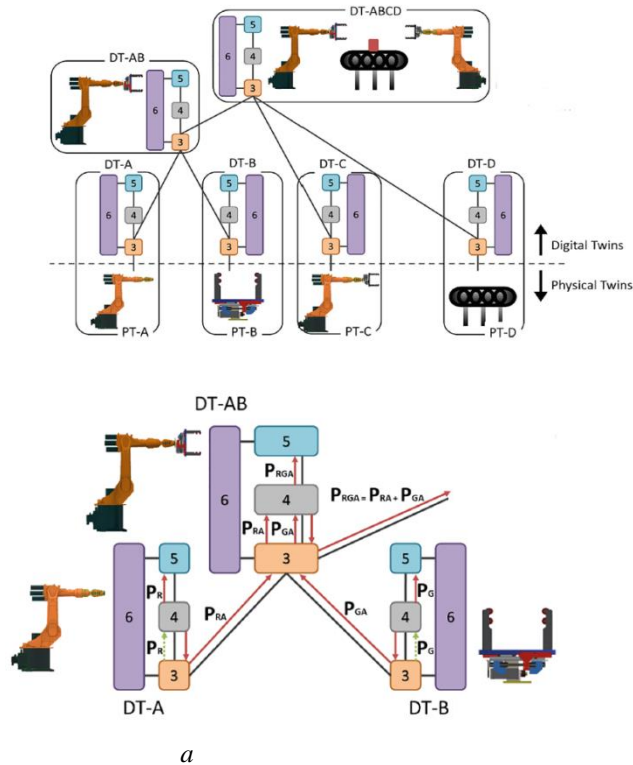


Fig. 2.4.12. Utilizarea DT într-un scenariu de simulare a unei linii de fabricație (a-amplasare;b-conexiuni)

Fluxurile de informație pot fi vizualizate în Fig.2.4.12 b. În acest exemplu simplu, necesarul de putere de calcul al fiecărei componente este agregat la un DT de nivel superior. Datele privind consumul de putere de calcul brută la robotul (PR) și dispozitivul de prindere (PG) sunt obținute din sursele de date (nivelul 2) al DT prin nivelul 3. Gateway-urile IoT ale DT-A și DT-B obțin aceste date din nivelul 3 și permit calcularea consumului mediu de putere al robotului (PRA) și al dispozitivului de prindere (PGA). Agregatul DT-AB poate calcula apoi consumul mediu de putere al combinației robot-griper (PRGA) folosind gateway-ul IoT de la nivelul 4.

2.4.3. Implementarea și testarea modelului funcțional al unui sistem de control vizual amplasat pe un sistem robotic integrat într-o linie flexibilă de asamblare/dezasamblare: 2.4.3.1. Amplasarea senzorilor pe linia flexibila. Linia flexibilă de asamblare are 5 stații(codificate: 10, 20, 30, 40 și 50). In fig.2.4.15 (a...e) este marcata amplasarea senzorilor pentru fiecare dintre cele 5 stații.

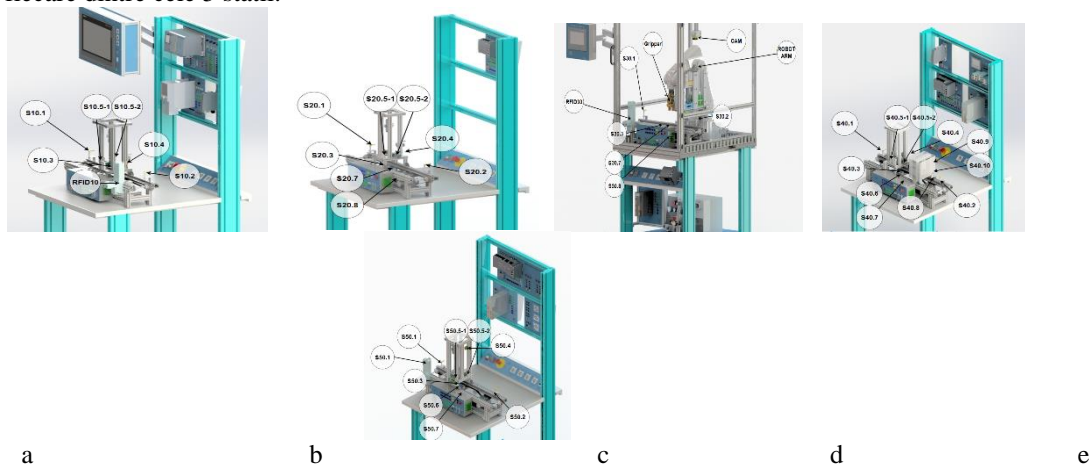


Fig. 2. 4.15. Amplasarea senzorilor pe statiile individuale

Semnificatia notiatiilor din fig. 2.4.15 (a...e) este dată în Tabelul 2.4.1

Tabel 2.4.1

Senzor	St atia 10	St atia 20	St atia 30	Stat ia 40	St atia 50
Sesizare palet la intrare in statie	S 10.1	S 20.1	S 20.1	S40 .1	S 50.1
Sesizare palet la iesirea	S	S	S	S40	S

din statie	10.2	20.2	20.2	.2	50.2
Sesizare palet in zona de asamblare	S 10.3	S 20.3	S 20.3	S40 .3	S 50.3
Sesizare prezenta piesa in magazine	S 10.4	S 20.4	-	S40 .4	S 50.4
Sesizare cilindru 1 magazine actionat	S 10.5-1	S 20.5-1	-	S40 .5-1	S 50.5-1
Sesizare cilindru 2 magazine actionat	S 10.5-2	S 20.5-2	-	S40 .5-2	S 50.5-2
Antena RFID	R FID10	-	R FID30	-	R FID50
Sesizare cilindru indexare ridicat	-	S 20.7	S 20.7	S40 .6	S 50.6
Sesizare cilindru indexare ridicat	-	S 20.8	S 20.8	S40 .7	S 50.7
Sistem vision	-	-	C AM	-	S 50.1
Manipulator (Robot arm + Gripper)	-	-	-	-	-
Sesizare palet la presa	-	-	-	S40 .8	-
Sesizare cilindru presa ridicat	-	-	-	S40 .9	-
Sesizare cilindru presa coborat	-	-	-	S40 .10	-

2.4.3.2.Schema bloc a sistemului vizual de control: Sistemul de control vizual poate fi reprezentat in buclă de reacție conform schemei ilustrate in fig.2.4.16. In acest sistem, referinta provine de la sistemul de la statia 10, caracteristicile piesei fiind introduse de la terminalul HMI. Configurația este efectuată de operator pe ecranul HMI unde se specifică numărul de produse finale pentru un ciclu de funcționare a sistemului și numărul și pozițiile pieselor mici asamblate de robot pentru fiecare produs.

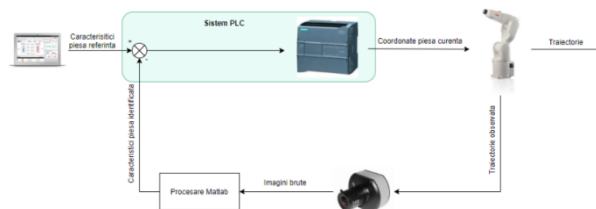


Fig. 2.4.16. Sistem de control vizual – bucla de reacție

Caracteristicile pieselor sunt transferate in sistemul PLC al statiei 30. Sistemul PLC analizeaza rezultatele obtinute de la sistemul de procesare imagine prin comunicatie directa MODBUS TCP si selecteaza informatiile necesare din tabela de registri, conform referintelor primite, spre a transfera manipulatorului coordonatele pieselor de interes.

În Fig.2.4.18 este prezentată schema funcțională pentru comunicația camerei cu aplicația Matlab® IBVSVIEWER, alături de principalele rutine de scriere și citire în serverul Modbus.

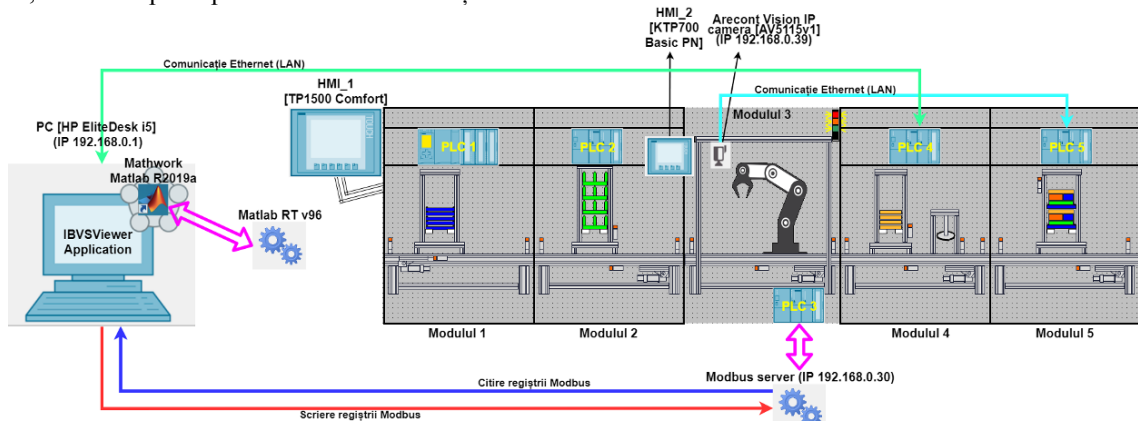


Fig.2.4.18. Schema funcțională pentru integrarea senzorului în linia de asamblare

Activitatea 2.5. Integrarea tehnologiilor bazate pe rețele de senzori în modele de sisteme flexibile de fabricație

2.5.1. Model funcțional al unei structuri de control predictiv al unui sistem servoing vizual bazat pe imagine

2.5.1.1. Caracteristici de baza ale controlului predictive: Pentru atingerea obiectivelor asumate privind proiectarea, monitorizarea și controlul liniilor de fabricație în cadrul acestei activități s-a urmărit coroborarea a două noi tehnologii: 1) tehnologia Digital Twin (DT) pentru reprezentare în mediul de simulare 3D, tehnologie care permite o reprezentare virtuală dinamică a unui obiect sau sistem fizic de-a lungul ciclului său de viață, folosind date în timp real; 2) tehnologia Preventive Assets Management (Managementul Preventiv al Activelor – MPA) pentru a permite optimizarea proceselor de întreținere și de menținere în funcție a instalațiilor industriale.

2.5.1.2. Metodologie pentru activarea modelării bazate pe tehnologia Digital Twin în întreținerea predictive: Pentru a reduce eforturile de modelare pentru a oferi un cadru comun pentru modelarea unor resurse diferite, care permit avatari digitali, am propus o metodologie generică de modelare compusa din trei faze. La rândul ei, fiecare fază poate fi împărțită în acțiuni și subacțiuni: Faza 1. Modelarea instalației tehnologice; Acțiunile din faza 1 sunt: 1. Definirea componentelor instalației care este modelată. 2. Definirea nivelului de modelare a componentei fiecărei instalații. 3. Construirea modelului digital complet al instalației; Faza 2. Modelarea senzorilor virtuali. Acțiunile din faza 2 sunt: 1. Definiția datelor care trebuie monitorizate cu senzori virtuali. 2. Selectarea senzorilor virtuali și crearea modelelor acestora. 3. Integrarea senzorilor virtuali în modelul instalației; Faza 3. Definiția parametrilor de modelare actualizabili (ajustabili). Acțiunile fazei 3 sunt următoarele: 1. Selectarea componentelor Digital Twin care urmează să fie ajustate, 2. Definirea datelor disponibile care vor fi utilizate pentru ajustări relaționate cu sursa acestor date. 3. Selectarea parametrilor de modelare actualizabili.

2.5.1.3. Model funcțional pentru un sistem de control adaptiv bazat pe imagine pentru ajustarea parametrilor de acționare a unui manipulator. În această secțiune se prezintă modelul funcțional al unui sistem de control adaptiv robust care permite evidențierea modului în care pot fi luați în considerație parametri necunoscuți - în cazul de față neliniarități de tip histerezis care apar la acționarea unui braț manipulator prin control video bazat pe imagine (IBVSC - Image-based visual servoing control). Cercetarea efectuată a dus la obținerea a două rezultate notabile: 1. Posibilitatea de investigare a histerezisului actuatorului cu ajutorul IBVSC; 2. Elaborarea unei noi legi adaptive, care are drept scop estimarea parametrilor de histerezis necunoscuți.

2.5.2. Testare modele functionale SAC-ARP și SAC-VAM integrate in tehnologii hibride pe linii de fabricație flexibilă de asamblare/dezasamblare: Testele efectuate în această etapă au urmărit doar validarea soluțiilor de reprezentare în mediu virtual a componentelor sistemelor autonome de tip SAC-ARP și SAC-VAM, precum și posibilitatea de agregare a modelelor funcționale ale acestor componente în modele complexe.

2.5.2.1. Testare modele functionale SAC-ARP: Pentru realizarea modelului funcțional al sistemului de control vizual amplasat pe sistemul robotic integrat într-o linie de fabricație flexibilă s-au studiat platformele de dezvoltare și evaluare a performanțelor de asamblare ale celulelor de fabricație, dintre care a fost selectat mediul de dezvoltare și simulare CIROS produs de compania germană FESTO. Motivul acestei alegeri este faptul că biblioteca de modele 3D oferită de CIROS Studio include manipulatorul ABB IRB120, model ce se regăsește în componența liniei de fabricație flexibile pe care se lucrează în cadrul proiectului CIDSACTECH. În figura 2.5.6 (a, b, c) sunt ilustrate câteva capturi cu modelul experimental folosit pentru evaluare în mediul de simulare CIROS.

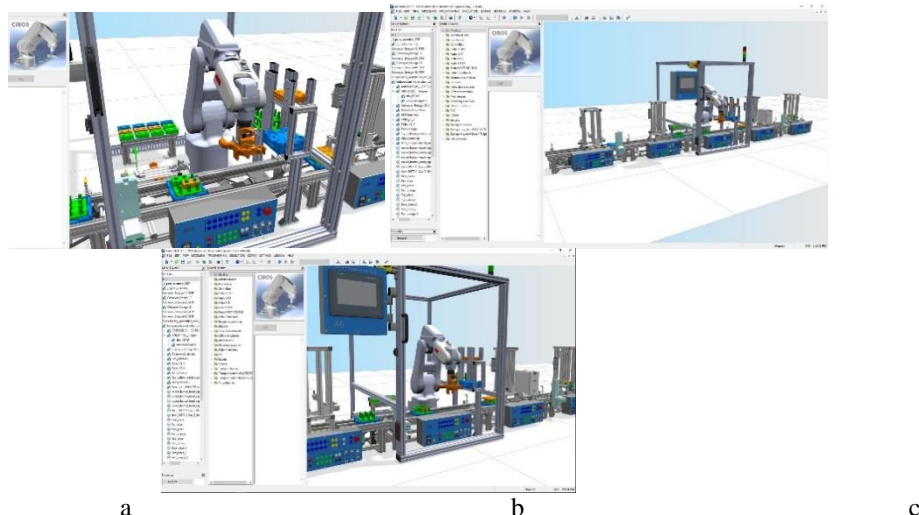


Fig. 2.5.6. Capturi din modelul de simulare a liniei de asamblare flexibilă (a - stația brațului robot; b - vedere linie completă; c - celulă de asamblare)

2.5.2.2. Testare modele functionale SAC-VAM: Pentru testarea modelului funcțional al unui robot mobil (acesta va fi procurat în etapa 3 a proiectului) s-a decis construirea unui model experimental de vehicul autonom de scală redusă (1:10) cu 4 roți motoare, cu ajutorul căruia s-au testat câțiva algoritmi de conducere pe bază de imagini: Din punct de vedere al navigării, au fost luate în calcul mai multe scenarii. Primul caz de utilizare este cel al navigării bazate pe coduri QR plasate pe traectoria dorită. Al doilea scenariu este cel al unui vehicul care se ghidează după o linie trasată în

fabrică, care trebuie să treacă de la o poziție marcată pe linie la o altă poziție marcată. Un al treilea caz de utilizare este cel al conducerii mașinii între două linii de delimitare, care formează o bandă.

Activitatea 2.6. Proiectarea și implementarea interfeței sensor-cloud (ISC) de preluare în mediu virtual a datelor de la senzori fizici

2.6.1. Infrastructura de preluare în cloud a datelor de la senzori fizici: 2.6.1.1. Arhitectura software ISC – detalii de implementare. Arhitectura software ISC are 7 componente: 1) *Client*: Utilizatorii pot accesa interfața utilizator a ISC prin browsere Web; 2) *Portal*: Portalul furnizează interfața utilizator a ISC. 3) *Alocare*: Punere în funcțiune/alocare automată a senzorilor virtuali. 4) *Managementul resurselor*: ISC utilizează resurse IT pentru senzorii virtuali. 5) *Monitorizare*: ISC furnizează mecanisme dedicate de supraveghere și monitorizare. 6) *Gruparea Senzorilor Virtuali*: ISC permite gruparea senzorilor la utilizatorii finali; 7) *Senzori*: Senzori fizici (reali) utilizați în ISC

2.6.1.2. Analiza posibilităților de interfațare. Au fost analizate două tehnici de interfațare: Interfațarea M2M (machine-to-machine) pentru integrare în cloud; Interfațarea cu arhitecturi unificate OPC.

2.6.2. Dispozitiv de interfața de frontieră în tehnologie EDGE pentru eficientizarea transferului de date între IIOT și Cloud;

2.6.2.1. Caracteristici de baza ale tehnologiei Edge. Arhitectura Edge Computing transferă sarcinile de procesare mai aproape de utilizatori și dispozitivele care au nevoie de ea. Avantajul a devenit esențial pentru procesele industriale și de fabricație care utilizează cantități vaste de date, care necesită timp rapid de reacție și care au nevoie de o securitate riguroasă. În principiu, puterea de calcul în dispozitivele EDGE este asigurată de microcipuri sau micro-controlere încorporate pe dispozitiv. Deși capacitatea lor de procesare este limitată, apar avantaje prin reducerea consumului de energie pentru transferarea către cloud a unui volum mai mic de informații. Resursele de calcul ale dispozitivelor de frontieră pot fi localizate pe două părți: pe partea operatorului și respectiv pe partea utilizatorului. Resursele din partea operatorului sunt denumite infrastructură de margine, în timp ce resursele din partea utilizatorului sunt denumite dispozitive de margine. Facilitățile de calcul sunt disponibile pe ambele părți, funcționând în coordonare cu calculele efectuate în Cloud.

2.6.2.2. Proiectarea dispozitivului de interfața de frontieră. Dispozitivul proiectat este un produs original, pentru care s-a înaintat la OSIM o cerere de brevet. El a fost înscris cu acronimul MEG (Mid Edge Gateway), deoarece el este capabil să interacționeze atât ca intermediar între rețeaua IIoT (nivelul fizic) și nivelurile superioare din Cloud, cât și cu unele entități autonome externe cu același profil. Scopul acestui dispozitiv este de a îmbunătăți procesul de luare a deciziilor, precum și timpul de răspuns și comunicațiile în diferite aplicații bazate pe IIoT. Poziția MEG în rețeaua informatică ierarhizată este prezentată în figura 2.6.5. După cum se poate observa, MEG acționează ca o poartă inteligentă care, în funcție de natura aplicației, poate fi plasat ca dispozitiv MIST (ca intermediar între IIoT și un nivel FOG) sau ca dispozitiv FOG (ca intermediar între IIoT și Cloud).

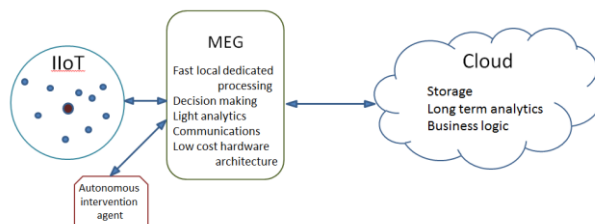


Fig.2.6.5 Funcțiile MEG ca dispozitiv intermediar în rețeaua informatică multi-nivel

În cazul concret al proiectului CIDSACTEH, MEG este utilizat ca dispozitiv front-end încorporat în Infrastructura Sensor-Cloud.

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

REZULTATE ETAPA 2: S-au obținut următoarele rezultate: 1. Model experimental al Mediului Virtual de Dezvoltare (MVD); 2. Model funcțional al unui sistem de control vizual amplasat pe un sistem robotic integrat într-o linie flexibilă de asamblare/dezasamblare; 3. Model funcțional al unei structuri de control predictiv al unui sistem servoing vizual bazat pe imagine; 4. Interfața de frontieră dedicată pentru medii eterogene (ISC – Interfața Senzori-Cloud).

INDICATORII DE REALIZARE ATINȘI: *Activitatea 2.4:* 1 loc de muncă în cercetare susținut prin program; Cadru de proiectare și testare în modelul experimental MVD al tehnologiei Digital Twin pentru linii flexibile de asamblare/dezasamblare (Produs software nou); Model funcțional al unui sistem de control vizual amplasat pe un sistem robotic integrat într-o linie flexibile de asamblare/dezasamblare

Activitatea 2.5: Model funcțional al unei structuri de control predictiv al unui sistem servoing vizual bazat pe imagine; Testare modele funcționale SAC-ARP și SAC-VAM integrate în tehnologii hibride pe linii de fabricație flexibile de asamblare/dezasamblare.

Activitatea 1.6: Dispozitiv de interfața de frontieră în tehnologie EDGE pentru eficientizarea transferului de date între IIOT și Cloud (Tehnologie sensibil îmbunătățită, susținută prin cerere de brevet).

DISEMINARE : *Lucrări publicate în volumele unor manifestări științifice internaționale:*

1. Viorel Mihai, Razvan Adrian Luchian, Cristian Dragana, Dan Popescu - Leveraging industrial communication in technical training systems, 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019, pp. 536-540, DOI: 10.1109/CSCS.2019.00098, Electronic ISBN: 978-1-7281-2331-8, Electronic ISSN: 2379-0482, Publisher: IEEE
2. Romeo Cojocaru, Loretta Ichim, Dan Popescu - Image Based Fault Detection Algorithm for Flexible Industrial Assembly Line, 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019, pp.541-546, DOI: 10.1109/CSCS.2019.00099, Electronic ISBN: 978-1-7281-2331-8, Electronic ISSN: 2379-0482, Publisher: IEEE
3. Alexandru Mihai Vulcan, Maximilian Nicolae - Distributed Concurrent Actor Models with Akka.NET and CAF, 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019, pp. 563-568, DOI: 10.1109/CSCS.2019.00103, Electronic ISBN: 978-1-7281-2331-8, Electronic ISSN: 2379-0482, Publisher: IEEE
4. Mihai Craciunescu, Diana Baicu, Maria Circiumaru, Stefan Mocanu, Radu Dobrescu - Towards the development of autonomous wheelchair, 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS22), 2019, pp. 552-557, DOI: 10.1109/CSCS.2019.00101, Electronic ISBN: 978-1-7281-2331-8, Electronic ISSN: 2379-0482, Publisher: IEEE
5. Dan Popescu, Radu Dobrescu, Loretta Ichim - Romanian Complex Project - CIDSACTEH as an Education - Research - Industry Triad – Proceedings of the 13th International Technology, Education and Development Conference (INTED), 2019, p. 6173-6181, DOI: 10.21125/inted.2019.1506, ISBN: 978-84-09-08619-1, ISSN: 2340-1079
6. Viorel Mihai, Dan Popescu, Loretta Ichim, Cristian Dragana - Fog Computing Monitoring System for a Flexible Assembly Line, 9th Workshop on Service Oriented, Holonic and Multi-agent Manufacturing Systems for Industry of the Future, SOHOMA 2019, pp. 197-209, https://doi.org/10.1007/978-3-030-27477-1_15, on line ISBN 978-3-030-27477-1
7. Crăciunescu M., Chenaru O., Dobrescu R., Florea G., Mocanu S. - IIoT Gateway for Edge Computing Applications. In: Borangiu T., Trentesaux D., Leitão P., Giret Boggino A., Botti V. (eds) Service Oriented, Holonic and Multi-agent Manufacturing Systems for Industry of the Future. SOHOMA 2019. Studies in Computational Intelligence, vol 853, pp.220-231, Springer DOI: 10.1007/978-3-030-27477-1_17, Print ISBN 978-3-030-27476-4, on line ISBN 978-3-030-27477-1

Nota: Autorii subliniați fac parte din echipa UPB pentru proiectul CIDSACTEH

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

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 fac parte doi tineri cercetatori (doctoranzi) angajați cu normă întreagă la partenerul UPB, pe poziția de Asistent de cercetare.

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

SERVICII DE CERCETARE SI TEHNOLOGICE: 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- Vehicol 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**

Proiect 3: Rezumatul etapei:Raportul tehnico-științific prezintă rezultatele cercetărilor care au avut în vedere două obiective:

1. **Proiectarea și implementarea structurii de navigație pentru cele două sisteme complexe SAC-ARP și SAC-VAM.** Rezultatele obținute în urma îndeplinirii acestui prim obiectiv, corespund realizării celor două activități: **Activitatea 2.7** -Proiectarea și implementarea structurii de navigație a SAC-ARP, cu tehnici avansate, bazată pe ultrasunete și laser; **Activitatea 2.8** -Proiectarea și implementarea structurii de navigație a SAC-VAM, cu tehnici avansate, structură bazată pe ultrasunete și laser. În rezolvarea problemei de navigație a sistemelor robotice autonome, abilitatea de evitare de obstacole este o cerință fundamentală. Pentru SAC-ARP a fost propusă o structură de navigație utilizând laser-pentru trecerea prin uși și alte spații înguste- și sonare pentru navigația cu păstrarea distanței față de un perete. Această structură de navigație a fost simulată și implementată pentru robotul Pioneer 3DX.Problema navigației cu detectarea obstacolelor pentru SAC-VAM a fost rezolvată pentru un obstacol fix și pentru un obstacol fix și unul mobil, utilizând pentru detecție, senzorul laser.

2. **Proiectarea și implementarea structurii de conducere pentru poziționare precisă a manipuloarelor care echipează SAC-ARP și SAC-VAM.** Rezultatele obținute în urmărirea acestui al doilea obiectiv, sunt corespunzătoare activității: **Activitatea 2.9** - Proiectarea și implementarea structurii de conducere pentru poziționarea precisă a manipuloarelor care echipează SAC-ARP și SAC-VAM, bazată pe sisteme servoing vizuale mobile.Pentru închiderea buclei de reglare a poziției manipulatorului robotic, a fost utilizată extragerea de trăsături ale obiectelor din sistemul de fabricație deservit. În funcție de poziția camerei, ce furnizează informațiile pentru închiderea buclei de reglare sistemul servoing poate fi fix sau mobil. În această lucrare este prezentată o structura de conducere bazată pe servoing vizual mobil (eye in hand)utilizată pentru extragerea unei piese defecte din stația de verificare a calității, depunerea ei pe un

robot ce realizează transferul la stația de prelucrare și apoi depunerea piesei (pentru re prelucrare) în stația aferentă operațiunii respective.

Obiectivul 1: În acest raport sunt prezentate rezultatele cecetărilor pentru atingerea primului obiectiv, considerând două direcții: **1.a** -Proiectarea și implementarea structurii de navigație a SAC-ARP, cu tehnici avansate, bazată pe ultrasunete și laser; **1.b** -Proiectarea și implementare structurii de navigație a SAC-VAM, cu tehnici avansate, structura bazată pe ultrasunete și laser

Într-un mediu industrial, vehicolul autonom care deservește o linie tehnologică de fabricație, este necesar să fie echipat cu un sistem de navigație pentru a evita obstacole fixe (stâlpi, cutii, mese), sau mobile (persoane, alte sisteme autonome). Dacă roboții mobili sunt folosiți pentru a rezolva diferite sarcini, este necesar ca ei să poată genera, fără intervenția operatorului, o traiectorie de deplasare prin intermediul căreia să evite obiectele întâlnite, de aceea algoritmul trebuie să fie cât mai bine structurat, pentru a realiza independența robotului, reușind astfel să treacă peste diferite situații fără a fi nevoie ca acesta să fie asistat. Echipamentele care sunt considerate pentru structurile de navigație propuse sunt prezentate în raportul extins, care se găsește la <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>. Pentru rezolvarea problemei de navigație în mediu necunoscut, prima etapă vizează detectarea de obstacole, pe baza informațiilor provenite de la senzori și se elaborează o hartă a poziționării. În urma analizei, se determină cel mai apropiat obstacol de pe direcția de deplasare a sistemului autonom. Această informație contribuie la ajustarea vitezei și este utilizată în etapa a doua, de generare a traiectoriei de ocolire. Urmărirea traiectoriei de ocolire trebuie făcută cu satisfacerea unor performanțe de urmărire (poziție, viteză, accelerație). În final urmează etapa a treia, în care sistemul autonom trebuie să urmărească traiectoria inițială cu performanțele impuse. Cele trei etape sunt prezentate în Fig.1

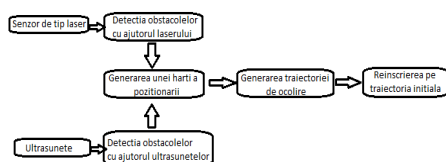


Figura 1. Etapele parcurse pentru rezolvarea problemei de navigație cu detectarea obstacolelor

Senzorii utilizați în structurile de navigație din acest proiect, sunt senzori laser și senzori cu ultrasunete și informațiile furnizate sunt fuzionate. Având în vedere avantajele și dezavantajele utilizării celor două tipuri de senzori, în structurile de navigație propuse sunt utilizați împreună și sistemul de navigație conține o componentă în care se face fuziunea celor doi senzori. Senzorii cu ultrasunete au zonele „oarbe”, pentru eliminarea cărora se utilizează laserul, care nu prezintă zone cu unghi mort. Acest avantaj al utilizării senzorilor de tip laser este prezentat în Fig.3. În MobileSim, zona de detecție a laserului este de culoare albastră.

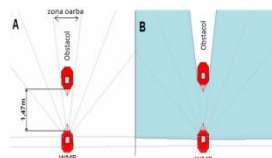


Figura 3. Comparație între senzorul cu ultrasunete și senzorul laser

Activitatea 2.7 1.a-Proiectarea și implementarea structurii de navigație a SAC-ARP, cu tehnici avansate, bazată pe ultrasunete și laser: Navigația sistemului SAC-ARP destinată asistenței persoanelor cu dizabilități, are particularități specifice, și anume urmărirea unei traiectorii definite între un punct de plecare și un punct de destinație. Parcurgerea acestei traiectorii, de către sistemul Asistent Robotic Personal, trebuie să se facă în condiții de siguranță pentru pacient. Traiectoria determinată trebuie să fie parcursă fără coliziuni cu obstacolele fixe sau mobile și câteodată trecând prin spații înguste și evitând coliziunea cu pereții sau alte obstacole. Deplasarea SAC-ARP se face, fără cunoșterea apriori a mediului în care se deplasează, și de aceea am considerat deplasarea cu urmărirea pereților (cu păstrarea unei distanțe constante față de pereți) și completată cu algoritmul de deplasare prin spații înguste (spre exemplu o ușă). Algoritmul de deplasare cu păstrarea unei distanțe constante față de pereți se bazează pentru evaluarea distanței pe senzorul cu ultrasunete (sonar).

Algoritmul de detectare și trecere prin spații înguste: Algoritmul de detectare a spațiilor înguste are la bază un algoritm de grupare adaptiv. Acesta utilizează informațiile obținute de la senzorul laser și este proiectat pentru a detecta o traiectorie optimă de traversare a unui spațiu îngust ținând cont de dimensiunile SAC-ARP.

Schema logică de funcționare a platformei mobile este descrisă în Fig.1a.1.



Figura.1a.1. Schema de sistemului de navigație a platformei mobile SAC-ARP

În Fig.1a.2 este reprezentată situația în care punctele de frontieră se află pe o traiectorie care nu este navigabilă pentru robotul mobil. În acest caz, se ia în considerare distanța pe care laserul o poate scana, iar cu ajutorul algoritmului se

realizează o medie a punctelor întâlnite, stabilind punctele intermediare ce alcătuiesc traseul ce urmează a fi parcurs de către robotul mobil.

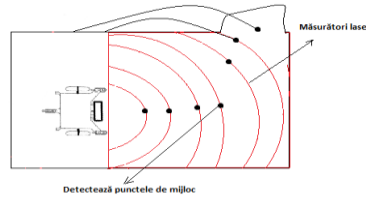


Figura 1a.2. Puncte mediane detectate pe un traseu necunoscut

Algoritmul pseudocod ce a fost implementat este dat mai jos

```

for dim.arc=0.5:0.2:4
  for nr.fereastra=1:6
    for puncte_fereastra=1:85
      dacă dim.arc<citire_laser
        atunci fereastra=goală
        altfel fereastra=obstacol
      END
    END
  END
  Salvare date în matricea A
END
for dim.arc=0.5:0.2:4
  for nr.fereastra=1:6
    dacă fereastra=goală
      atunci calculează "medie" pt. toate ferestrele succesive
      altfel medie=0
    END
  END
  Salvare valori medii/arc
  
```

Reultatele obținute în simulare și după implementarea în timp real, se găsesc în raportul complet, la adresa <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>.

Navigația SAC-ARP la distanță constantă față de pereți: Robotul utilizat pentru rezolvarea problemei de navigație la distanță constantă de pereții incintei este Pioneer 3DX, care are o greutate de 9kg si poate lucra cu maxim 17kg . Viteza maximă de deplasare este de 1,2m/s si cea de rotatie este 300°/s. Deși robotul poate avea până la maxim 16 sonare, pentru acest algoritm s-au folosit doar 8, fiecare sonar având o rază de 20 de grade, începând din partea stângă cu sonarul 0 și terminându-se cu sonarul 7 din partea dreaptă, care se văd în Fig. 1a. 3.

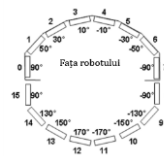


Figura 1a.3 Sonarele robotului

Algoritmul propus spre utilizare constă în faptul că robotul urmărește peretele cu ajutorul sonarelor. Sonarul trimite un sunet pentru a detecta peretele, apoi acesta așteaptă ecoul revenirii. Sonarul trimite un semnal de tensiune la microcontroler, iar acesta calculează distanța până la perete. În acest algoritm au fost folosite sonarul 2 și sonarul 5 ale robotului. Distanța calculată este împărțită în trei niveluri. Pentru partea stângă vom avea L1,L2,L3 iar pentru cea dreaptă R1,R2,R3, așa cum se poate vedea în Fig.1.a.4 Pentru cele trei niveluri vom lua următoarele valori L1=R1=1 metru , L2=R2=2 metri si L3=R3=3 metri.

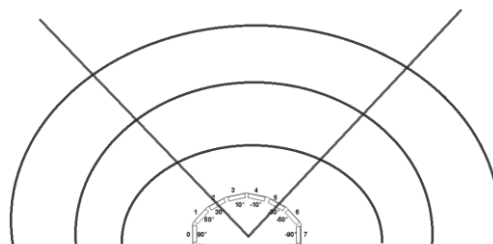


Figura 1a.4. Sonarele robotului

Pentru a planifica acțiunile robotului mobil, utilizăm tabelul prezentat în Tabelul 1a.1. Dacă nici un sonar nu detectează un obstacol atunci robotul se va deplasa la viteza maxima. Când unul (sau ambele) sonare detectează unul (sau mai multe) obstacole, nivelul L3 și / sau R3, robotul se va mișca viteză medie. Când unul (sau ambele) sonare detectează unul (sau mai multe) obstacole, la nivel L2 și / sau R2, atunci robotul se va mișca la viteză mica. Dacă un senzor (sau ambii) detectează unul (sau mai multe) obstacole, la nivelul L1 și / sau R1, atunci robotul se va misca la stânga sau la dreapta, în funcție de poziția obstacolelor.

L ₃	L ₂	L ₁	R ₃	R ₂	R ₁	
0	0	0	0	0	0	Mișcare foarte rapidă

0	1	0	0	0	0	Mișcare rapida
0	1	0	1	0	0	Mișcare incepta
0	1	0	1	0	1	Întoarcere 25 ° la stânga
1	0	0	0	0	0	Mișcare rapidă
1	0	1	0	0	0	Mișcare inceptă
1	0	1	0	1	0	Întoarcere 45 ° la stânga
1	1	0	0	0	0	Mișcare rapida
1	1	1	0	0	0	Mișcare începtă
1	1	1	0	1	0	Întoarcere 45 ° la stânga
1	1	0	1	0	0	Mișcare incepta
1	1	0	1	0	1	Întoarcere 25 ° la stânga
1	1	1	1	0	0	Mișcare începtă
1	1	1	1	0	1	Întoarcere 25 ° la stânga
1	1	1	1	1	0	Întoarcere 25 ° la stânga
1	1	1	1	1	1	Întoarcere 25 ° la stânga

Tabel 1a.1. Comportamentul robotului, în funcție de obstacole și poziția peretelui

Simularea acestui algoritm s-a făcut utilizând Aria, în Mobile Sim, utilizând două hărți diferite. Prima hartă a fost utilizată pentru verificarea corectitudinii urmăririi peretelui, și rezultatul este prezentat în Fig. 1a.7.

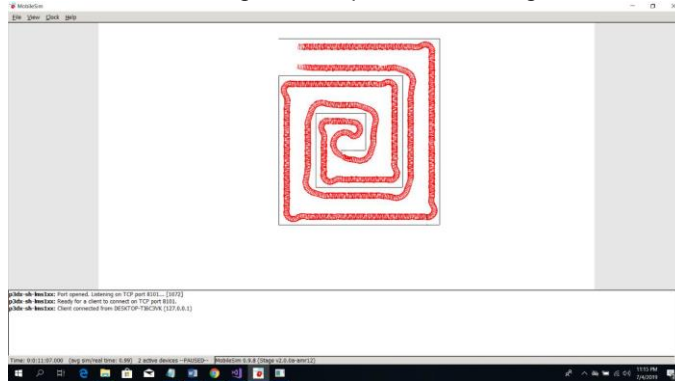


Figura 1a.7. Verificarea corectitudinii urmăririi traseului

A doua etapă de validare a algoritmului a avut ca obiectiv deplasarea cu păstrarea distanței și evitarea obstacolelor. În această etapă a fost simulată deplasarea robotului la etajul 4 al clădirii Facultății Automatică, calculatoare, Inginerie Electrică și Electronică, iar rezultatul este prezentat în Fig. 1a.8, din raportul complet, care se găsește la <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/proiecte-componente/proiect3>.

Activitatea 2.8: 1.b -Proiectarea și implementare structurii de navigație a SAC-VAM, cu tehnici avansate, structura bazată pe ultrasunete și laser: Algoritmul reactiv “bubble rebound”, a fost utilizat pentru evitarea obstacolelor. Algoritmul definește o bulă de sensibilitate în jurul robotului care este ajustată în funcție de viteza de deplasare a acestuia. Odată definită bula, se verifică dacă un obstacol a pătruns în interior. Dacă este detectat un obstacol în interiorul bulei, se generează o traiectorie de ocolire, dată de densitatea minimă de obstacole, până când obstacolul a fost evitat sau este detectat un nou obstacol. Algoritmul include cele 3 faze de conducere (toate bazate pe conducere utilizând controllere Sliding Mode Control) SMC în urmărirea următoarelor traiectorii: impusă pentru destinația finală; de ocolire a obstacolului; reînscrisere pe traiectoria impusă. În Fig.1.b.1 este prezentată schema bloc a algoritmului pentru evitarea de obstacole.

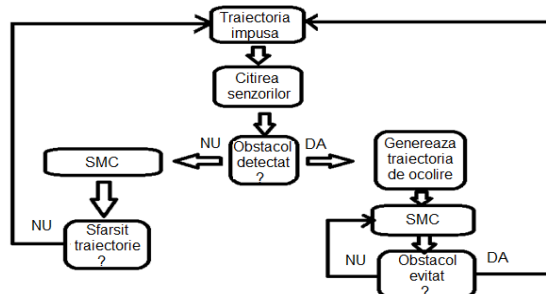


Fig.1b.1. Schema bloc a algoritmului pentru evitarea de obstacole

Au fost realizate două experimente în care traiectoria impusă este liniară. Această traiectorie este în primul caz blocată de un singur obstacol, Fig.1.b.6, iar în al doilea caz, traiectoria este blocată de două obstacole, Fig.1.b.7. WMR trebuie să evite obstacolele, care au aceeași dimensiune ca robotul și să se reînscrisă pe traiectoria impusă. Datele din urma simulării în bucla închisă obținute în MobileSim au fost introduse în Matlab pentru reprezentare grafică, Fig.1.b.8, în care traiectoria impusă este de culoare roșie și traiectoria robotului mobil obținută în simulare este de culoare albastră. În

Fig.1.b.9 este prezentată o hartă a mediului în care sunt prezente două obstacole, unul pe partea stângă și unul pe partea dreaptă, creată cu ajutorul Mapper3Basic și încărcată în MobileSim.

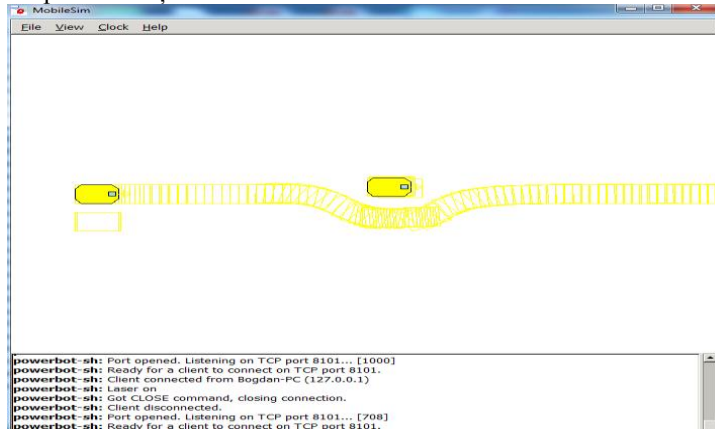


Figura 1.b.6. Evitarea unui singur obstacol în MobileSim

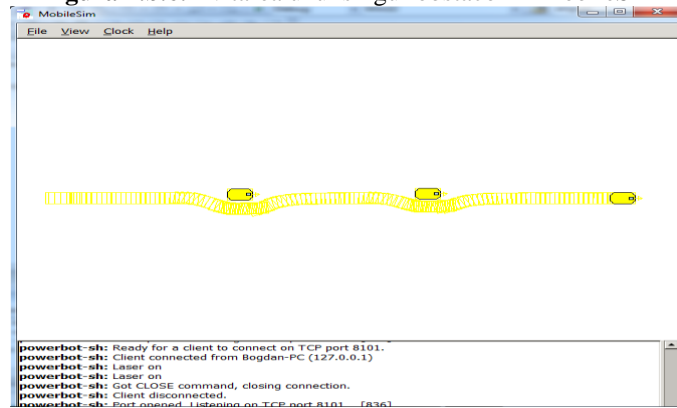


Figura 1.b.7 Evitarea a două obstacole în MobileSim

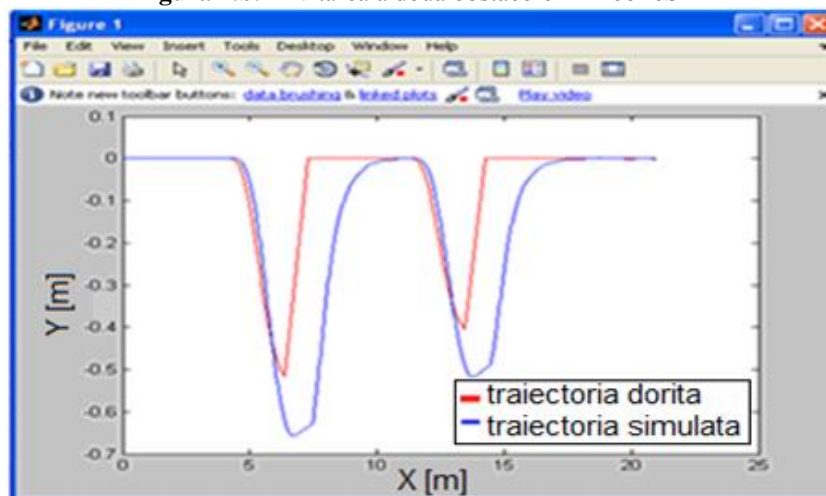


Figura 1.b.8. Comanda calculată și traiectoria robotului mobil în simulare

În cadrul experimentului în timp real cu WMR PowerBot se dorește evitarea unui obstacol situat la o distanță de 2.5 metri. Dimensiunile obstacolului sunt: 40 cm lățime și 50 cm lungime. Evitarea obstacolului se face pe partea stângă, după cum se vede în Fig.1.b.10. Rezultatele experimentului au fost introduse în Matlab pentru reprezentare grafică și sunt prezentate în Fig.1.b.11.

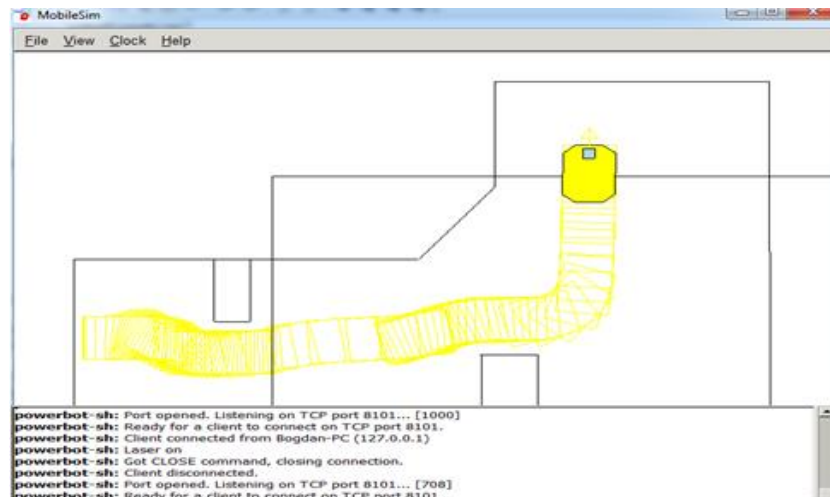


Figura 1.b.9 Evitare pe partea stângă și partea dreaptă în MobileSim

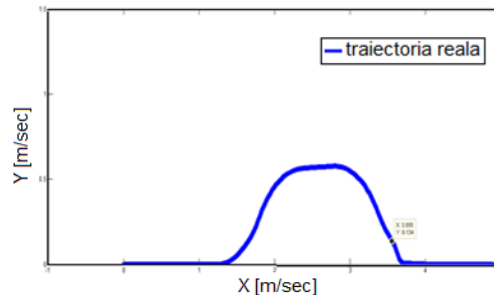


Figura 1.b.11. Traiectoria în timp real a WMR PowerBot când întâlnește un obstacol

Livrabile: structura de navigație, propusă, bazată pe ultrasunete și laser a fost simulată și implementată în timp real

Obiectivul 2: Activitatea 2.9: Proiectarea și implementarea structurii de conducere pentru poziționare precisă a manipuloarelor care echipeză SAC-ARP și SAC-VAM, bazată pe sisteme servoing vizuale mobile

Structura de conducere pentru poziționarea precisă a manipuloarelor, bazată pe sisteme servoing vizuale mobile este proiectată pentru o linie de prelucrare flexibilă Festo MPS-200 ce conține și o stație de verificare a calității pieselor astfel încât piesele care nu au defecte iremediabile să poată să fie reprelucrate. Pentru reprelucrare, piesele sunt aduse la prima stație de prelucrare, de către un robot Pioneer P3-DX echipat cu un manipulator robotic Cyton Gamma 1500. Prelucrarea piesei defecte se bazează pe un sistem Servoing Visual (SV) care lucrează împreună cu manipulatorul robotic Cyton Gamma 1500. Sensorul pentru sistemul Servoing Visual este o cameră video utilizată pentru poziționarea manipulatorului astfel încât să apuce piesa cu precizie. În funcție de locul de montaj al camerei video, se disting două arhitecturi de lucru pentru sistemele SV. Sensorul vizual montat în poziție fixă în spațiul de lucru definește arhitectura **eye-to-hand** (Fig. 2.1 a), iar montajul camerei pe ultima articulație a manipulatorului robotic definește configurația **eye-in-hand** (Fig. 2.1 b). Fiecare dintre aceste două tipuri de arhitecturi prezintă avantaje și dezavantaje, și în funcție de acestea și de aplicația dorită se poate face alegerea configurației.

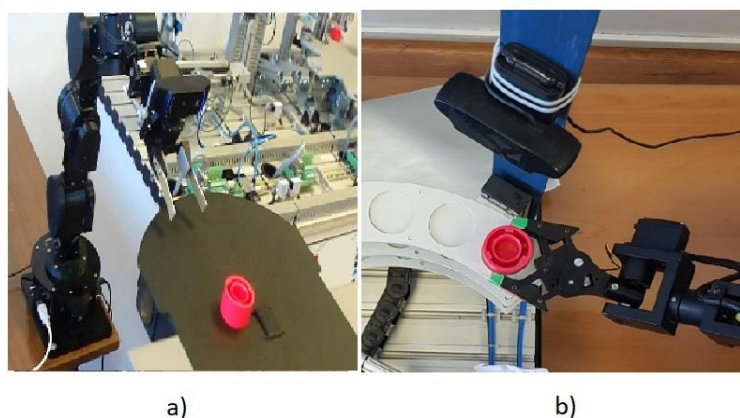


Figura 2.1. - Tipuri de arhitecturi: a) Configurația eye-in-hand b) Configurația eye-to-hand

Proiectarea și implementarea structurii de conducere pentru poziționare precisă a manipuloarelor care echipeză SAC-ARP și SAC-VAM, bazată pe sisteme servoing vizuale mobile: Prelucrări preliminare ale imaginii. O cameră video furnizează semnal video ce este recepționat de calculatorul de proces sub forma unei matrici bidimensionale care va furniza informații despre fiecare pixel care face parte din imagine. Aceste informații se referă la

luminanță și culoare. Utilizând reprezentare sub formă de matrice bidimensională, semnalul video este convertit în semnal numeric bidimensional (2D), în care luminanța va fi reprezentată funcție de două coordonate spațiale. În cazul în care imaginea este color, semnalul video rezultat va fi o combinație de 3 semnale bidimensionale. Semnalele color pot fi reprezentate fie prin varianta RGB, care se referă la utilizarea valorii intensității celor 3 culori de bază componente (roșu, verde și albastru) fie prin varianta YUV care se referă la utilizarea valorii luminanței și a două diferențe de culoare (la fel ca în standardul PAL). Filtrarea pentru eliminarea zgomotului de tip impuls se va realiza în faza preliminară, deoarece este necesară pentru oricare din prelucrările ulterioare.

Modelarea sistemului SV: Un sistem SV are la bază următoarele componente: un ansamblu robot manipulator, un senzor vizual și un regulator. Modelarea unui sistem de SV se va reduce la minimizarea erorii apărute între trăsăturile reale ale sistemului, extrase de senzorul vizual și trăsăturile dorite ale cadrului de lucru. Fig. 2.6 ilustrează structura unui sistem SV.

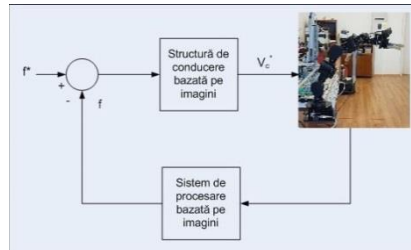


Figura 2.6. – Structura de conducere a unui sistem robotic utilizând un sistem SV

Modelarea în buclă deschisă a sistemului conduce la necesitatea analizării separate atât a structurii robotice, cât și a senzorului vizual. Semnalul v_c^* asociat ieșirii regulatorului reprezintă comanda pentru ansamblul robotic și reprezintă viteza de referință a camerei având structura $v_c^* = (v^*, \omega^*)^T$, unde: $v^* = [v_x^*, v_y^*, v_z^*]^T$ și $\omega^* = [\omega_x^*, \omega_y^*, \omega_z^*]^T$ definesc componentele liniare și unghiulare ale vitezei.

Conducerea în timp real a liniei de prelucrare utilizând un sistem SV mobil: Pentru creșterea productivității liniei de Asamblare/ Dezasamblare, prin micșorarea timpului de transport și eficientizării utilizării resurselor disponibile. În scopul acesta în cadrul sistemului P/RML definit anterior s-au integrat, de asemenea, un robot PeopleBot, pentru transportul pieselor de prelucrat și un manipulator robotic Cyton Gamma 1500 pentru preluarea și reintroducerea pe linie a pieselor, în vederea reprecării.

În acest caz, conducerea în timp real al sistemului descris are la bază de asemenea conducerea procesului prin bucla de conducere aferentă automatelor programabile Siemens S7-300 cu procesoare 313C-2 DP, conducerea robotului mobil și a manipulatorului robotic și suplimentar, buclele de conducere pentru robotul PeopleBot și pentru manipulatorul Cyton. Acesta din urmă va fi controlat printr-un sistem SV mobil, având montat pe structura efectorului o cameră video de înaltă rezoluție. La fel ca în cazul structurii descrise anterior, un PC de proces va realiza interfațarea tuturor buclilor de conducere, rezultând schema de principiu din figura 5.10. Astfel, prin utilizarea acelorași medii de programare, Microsoft Visual Studio și Matlab, se realizează conducerea în timp real a sistemului. Pentru etapa de recuperare a pieselor se va utiliza același robot Pioneer P3-DX, conectat la PC printr-o comunicație wireless. Etapa de transport va fi deservită de robotul PeopleBot, nou integrat în proces și dispunând de același tip de comunicație, bazată pe protocolul TCP/IP și fiind condus, de asemenea, cu ajutorul SM. Pentru etapa de predare a piesei în vederea reprecării se va utiliza manipulatorul Cyton, comandat printr-o comunicație USB 2.0. De această dată, cea de-a doua cameră, utilizată pentru predare piesei pe linia de procesare, va fi amplasată pe efectorul manipulatorului.

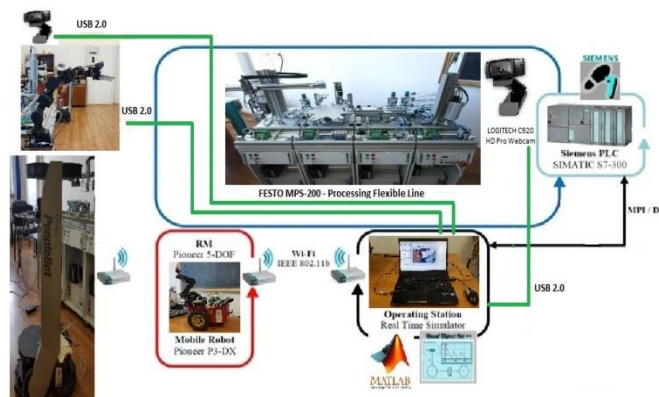


Figura 2.7. - Structura de conducere și comunicație a liniei de prelucrare deservită de 3 sisteme autonome și sisteme SV fixe și mobile

Pentru deservirea liniei P/RML Festo conform structurii prezentate în figura 5.10, în vederea utilizării și a unui sistem SV mobil a fost păstrată structura și dezvoltarea prezentată în prima etapă, aceea de recuperare a piesei de reprecuat. Aceasta se va realiza cu ajutorul aceluiași robot Pioneer P3-DX echipat cu manipulator și utilizând sistemul SV fix

disponibil la capătul liniei de prelucrare. De asemenea se vor păstra toate convențiile declarate inițial, legate de culoarea și locul de depozitare al pieselor de reprocessat. Noutățile din cadrul acestei noi structuri sunt reprezentate de utilizarea robotului PeopleBot pentru a realiza transportul pieselor și utilizarea manipulatorului Cyton Gamma 1500 pentru reintroducerea pe linia de prelucrare a pieselor de reprocessat. Avantajele acestei noi structuri, a cărei interfață grafică este dată în Fig.2.10, se referă la îmbunătățirea timpilor de livrare ai pieselor de reprocessat, degrevarea robotului Pioneer de task-ul de transport și posibilitatea transportării mai multor piese în același timp. Conducerea robotului de transport PeopleBot se realizează utilizând, de asemenea, o buclă de tip sliding-mode.



Figura 2.8. - Robotul PeopleBot preluând piesa de reprocessat

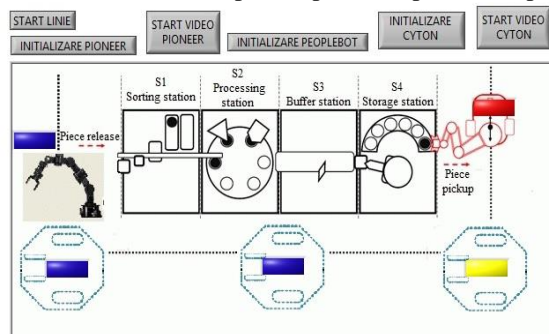


Figura 2.10. - Interfața grafică pentru vizualizarea și conducerea liniei de prelucrare deservită de 2 roboți și manipulator fix

Rezultatele implementării în timp real, pentru această structura servoing vizuală pentru poziționarea precisă a manipuloarelor care echipează SAC-ARP și SAC-VAM integrate în tehnologii de asistare medico-socială și servirea de linii fabricație flexibilă de precizie, de laborator (linii de mecatronică sunt explicitate pe larg pe site-ul proiectului, la adresa <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>, unde se găsesc și câteva filmulețe, din care se pot vedea rezultatele implementării în timp real ale acestei structuri.

Activitatea: Act 2.9 - Proiectarea și implementarea structurii de conducere pentru poziționare precisă a manipuloarelor care echipează SAC-ARP și SAC-VAM, bazată pe sisteme servoing vizuale mobile;

Livrabile: Structură servoing vizuală pentru poziționarea precisă a manipuloarelor care echipează SAC-ARP și SAC-VAM integrate în tehnologii de asistare medico-socială și servirea de linii fabricație flexibilă de precizie, de laborator (linii de mecatronică), structura bazată pe sisteme servoing vizuale mobile; **GRAD DE ÎNDEPLINIRE 100%**

Rezultatele Etapei 2(2019) PROIECT 3: Activitatea Act 2.7 - -Proiectarea și implementare structurii de navigație a SAC-ARP, cu tehnici avansate, bazată pe ultrasunete și laser <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>

Livrabile:Structură de navigație a SAC-ARP integrată în tehnologie de asistare personală medico-socială, structură bazată pe ultrasunete și laser; **GRAD DE ÎNDEPLINIRE 100%**; **Activitatea 2.8** -Proiectarea și implementarea structurii de navigație a SAC-VAM, cu tehnici avansate, structură bazată pe ultrasunete și laser.

Diseminarea rezultatelor. Livrabile: structura de navigație, propusă, bazată pe ultrasunete și laser a fost simulată și implementată în timp real. Rezultatetele obținute, justifică îndeplinirea obiectivului în proporție de 100%. <http://cidsacteh.ugal.ro/index.php/rezultatep3>

Diseminare rezultate:

- F. Dragomir, E. Minca, O. Dragomir, A. Filipescu, "Modelling and Control of Mechatronics Lines Served by Collaborative Complex Autonomous Systems", *Sensors Journal*, **2019**, vol.19, Issue 15, 3266; <https://doi.org/10.3390/s19153266>, IF 3.302 (Q1)
- Filipescu, E. Minca, A. Filipescu jr, „Mechatronics Manufacturing Line with Integrated Autonomous Robots and Visual Servoing Systems”, 9th IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, and Robotics, Automation and Mechatronics (CIS-RAM 2019), November 18-20, 2019, Bangkok, Thailand
- Adrian Filipescu, Adriana Filipescu and Eugenia Minca, “Assisted Technology of a Mechatronics Line with Integrated Robotic and Visual Servoing systems”, The 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING, Galati, Romania from 18th to 20th October 2019
- Adrian Filipescu, Adriana Filipescu, Silviu Filipescu, Eugenia Minca - Technology on a Mechatronics Line Assisted by Autonomous Robots and Visual Servoing Systems, The 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING, Galati, Romania from 18th to 20th October 2019

- Justin Aurelian Braharu, Razvan Solea - Trajectory-Tracking First Order Sliding-Mode Control of a WMR, ISEE The 6th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering
- Dan Ionescu. Trajectory - Tracking Cascade Control of a Nonholonomic WMR based on Kinematic and Dynamic Model, The 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING, Galati, Romania from 18th to 20th October 2019

GRAD DE ÎNDEPLINIRE 100%

Activitatea: Act 2.9 - Proiectarea și implementarea structurii de conducere pentru poziționare precisă a manipuloarelor care echipează SAC-ARP și SAC-VAM, bazată pe sisteme servoing vizuale mobile;

Livrabile: Structură servoing vizuală pentru poziționarea precisă a manipuloarelor care echipează SAC-ARP și SAC-VAM integrate în tehnologii de asistare medico-socială și deservire de linii fabricație flexibilă de precizie, de laborator (linii de mecatronică), structura bazată pe sisteme servoing vizuale mobile;

GRAD DE ÎNDEPLINIRE 100%

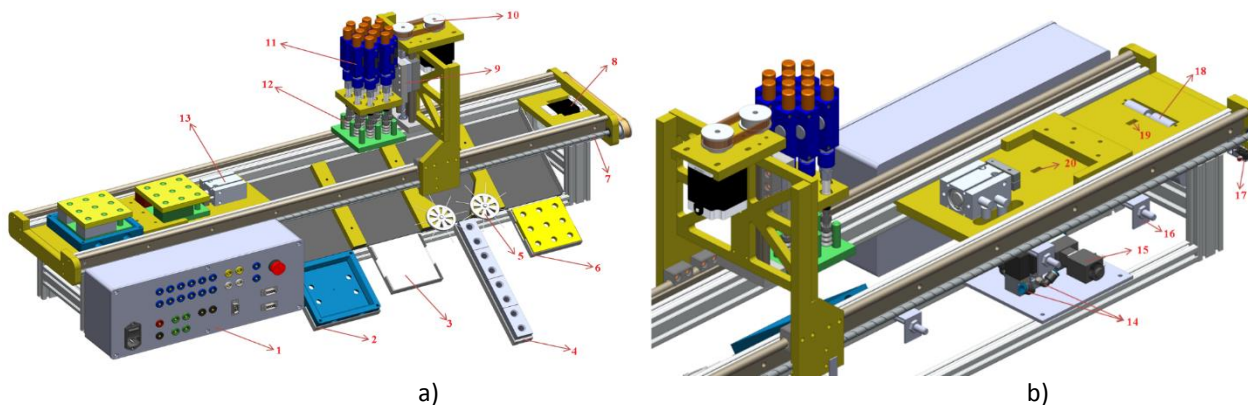
Servicii ERRIS <https://erris.gov.ro/Process-Control-Systems> : **2.2.**Serviciu de cercetare pe platforma SAC-ARP pentru asistare personală medico-socială în spital și acasă; **2.3.**Serviciu de cercetare pe platforma SAC-VAM pentru asistare personală intra/extra Spitalicească și salvare în teren accidentat.

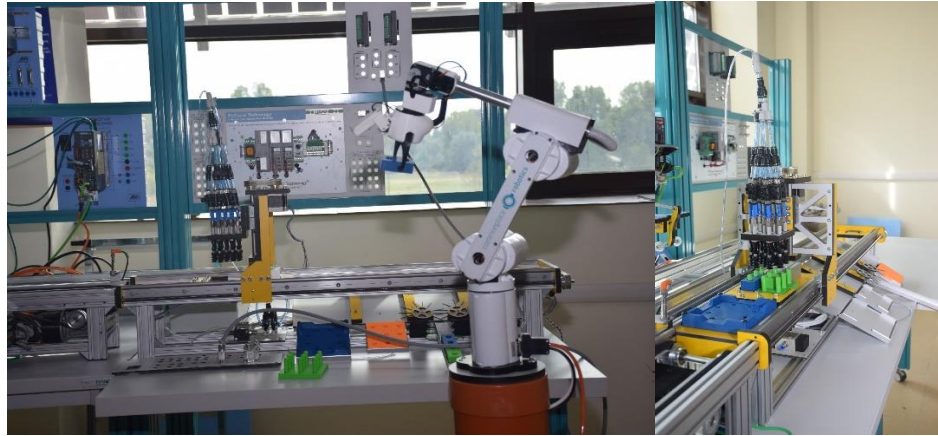
Tehnologii ERRIS <https://erris.gov.ro/Process-Control-Systems>: **Teh.1.**Tehnologia hibridă de fabricație flexibilă, de precizie, pe linii de laborator și industriale, cu Sistemul Autonom Complex – Vehicul Autonom Multidirecțional (SAC-VAM) integrat; **Teh.2.**Tehnologia hibridă de fabricație felxibilă, de precizie, pe linii de laborator și industriale, cu Sistem Autonom Complex - Asistent Robotic Personal (SAC-ARP) integrat;

Locuri de muncă susținute prin proiectul P3: echipa de cercetare a proiectului P3 și, în plus, **doi tineri cercetători nou -angajați:** ing. Răzvan BUHOSU și ing.Justin Aurelian BRAHARU/ing.George SIMION

Proiect 4. REZUMATUL ETAPEI: Cercetările Etapei 2 răspund obiectivelor de cercetare aferente activităților 2.10, 2.11, 2.12, din planul de realizare al proiectului complex, si au condus în final la realizarea conducerii în timp real a liniei de fabricație asistată de sisteme autonome complexe, SAC-ARP și SAC-VAM integrate în tehnologie hibridă de fabricație flexibilă, de A/D, de laborator.In acesta etapa s-a realizat echiparea postului de dezasamblare cu o structura de conducere complet automatizata. Fabricația flexibila se produce in posturile liniei A/DML, deservita de un sistem dedicat pentru transport/manipulare. Ambele posturi de lucru, precum si structurile de conducere automatizata aferente proceselor de dezasamblare si fabricație flexibila, au fost proiectate/implementate in cadrul activităților Etapei 2. Linia mecatronica de asamblare devine astfel un sistem mecatronic complet automatizat, dedicat fabricatei in linie/fabricației flexibile, dar si asamblării / dezasamblării si recuperării componentelor reutilizabile. Închiderea fluxului de operații pe linia mecatronica: fabricație in linie/fabricație flexibila/dezasamblare/reciclare piese reutilizabile, s-a realizat prin echiparea întregului sistem mecatronic cu SAC-ARP, robot mobil (2DW/1FW) echipat cu manipulator 6DOF. S-au elaborat produsele software de sincronizare a conducerii liniilor de fabricație flexibilă de precizie, cu cu structurile de conducere visual servoing a sistemelor robotice complexe., SAC-ARP. La finalul acestei etape se livrează structuri de conducere în timp real a LA/D de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, asistate în procesul reversibil de dezasamblare de SAC integrate în tehnologii de asistare, SAC-ARP, roboti mobili Pioneer 3-DX (2DW/1FW) echipat cu Manipulator 6-DOF Arm și SAC-VAM, roboti mobili (2DW/2SW) echipați cu Manipulator 6-DOF

Activitatea 2.10: 2.10.1 Realizarea compatibilității hardware între linia de fabricație flexibila LA/D și deplasare /transport/manipulare a SAC-ARP și SAC-VAM. Proiectarea si implementarea structurii de conducere a dezamblării in post dedicat. La linia de fabricație, dezamblare începe după ce se încheie asamblarea, numai daca produsul final nu satisface cerințele de calitate, pentru a se recupera componentele. SAC-ARP și SAC-VAM, roboti mobili echipați cu manipuloare, vor prelua componentele de la locațiile unde se operează dezamblările și le vor transporta la magaziiile de depozitare, pentru a fi reutilizate în procesul de asamblare. Astfel, se pot reutiliza componente. Postul de dezamblare a fost proiectat in SolidWorks (Figura 1), elementele componente sunt detaliate in http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport_Etapa2_extins.pdf. După încheierea asamblării si după efectuarea testului de calitate, piesa defecta ajunge în locația pentru Start dezamblare. Un manipulator cartezian, printr-un sistem cu acționare pneumatica, apuca succesiv componente, prin matrice cu ventuze si le depune în tăvile colectoare aferente.



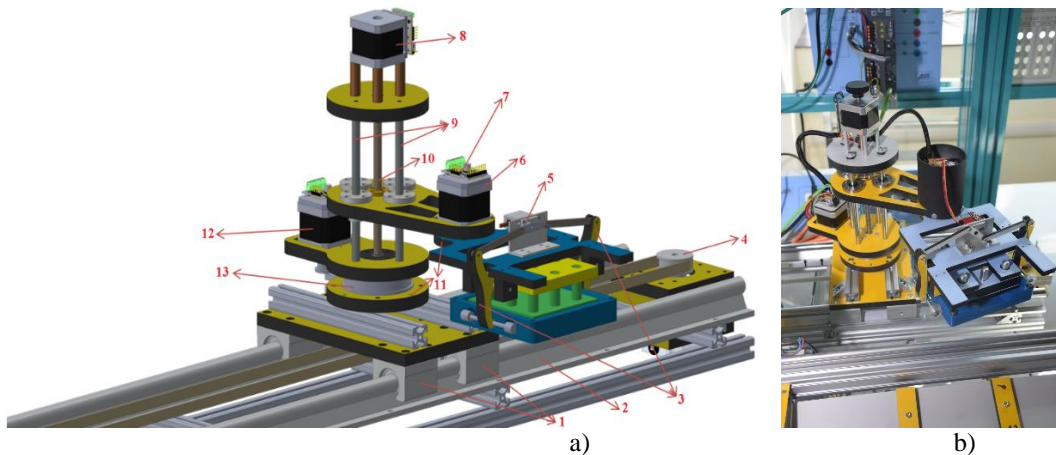


c)

Figura 1. Proiectare post de dezamblare. a,b) proiect SolidWorks; c) implementare

Proiectarea și implementarea structurii de conducere automatizată a fabricației flexibile pe o linie mecatronică dedicată. Fabricația flexibilă se realizează în posturile liniei mecatronice de A/DML, deservită de un sistem dedicat de transport/manipulare, proiectat și implementat în Etapa 2 a proiectului. Sistemul de transport/manipulare componente pentru fabricație flexibilă, a fost proiectat în SolidWorks (Figura 2), elementele componente sunt detaliate în [http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport Etapa2_extins.pdf](http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport%20Etapa2_extins.pdf).

Realizarea compatibilității hardware între linia de fabricație flexibilă LA/D și deplasare/transport/manipulare a SAC-ARP și SAC-VAM. Soluția tehnică pentru compatibilitatea hardware între linia de fabricație și roboții mobili presupune compatibilizarea interacțiunii fizice robot - linie mecatronică și compatibilizarea la nivel fizic de comunicație. Pentru compatibilizarea celor două entități pe nivelul fizic de comunicație, s-a ales comunicația vizuală. Prin utilizarea algoritmilor de servoing vizual, s-a proiectat sistemul de poziționare a robotului față de linia de fabricație și transmiterea de semnale (Fig. 3). Pentru realizarea interacțiunii la nivel fizic, roboții mobili echipați cu manipuloare 6DoF au structura hardware modificată pentru a permite alinierea zonei de lucru a robotului (acțiuni de pick-up și dropping), cu posturile liniei de fabricație.



a)

b)

Figura 2. Sistem de transport/manipulare dedicat fabricației flexibile. a) proiect; b) implementare

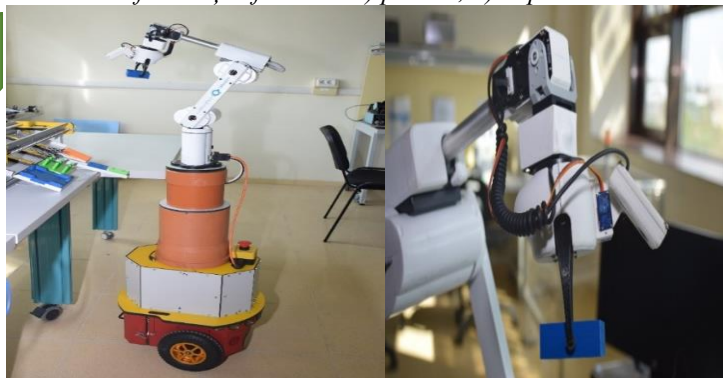
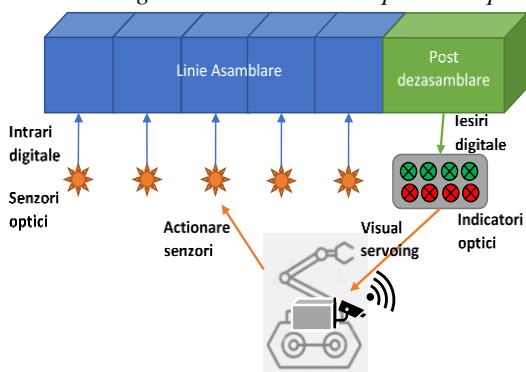


Fig. 3. Diagrama fluxului de semnale de sincronizare Fig. 4. SAC-ARP

Fig. 5. Cameră visual servoing

Pentru testarea compatibilităților de interacțiune și transport a componentelor reutilizabile, de la postul de dezamblare înapoi în magazinele de depozitare ale fiecărei stații de lucru, linia mecatronică este deservită de un robot mobil (Pioneer

3DX) echipat cu un manipulator robotic (Mover6) și sistem cu camera video, montată pe brațul robotic. Camera video va furniza informații vizuale despre prezența componentelor dezasamblate în magaziiile aferente dezasamblării. Un indicator optic cu modele interschimbabile, permite robotului să identifice secvența de operare necesară pentru a deplasa componenta i la depozitul stației i . Pentru testarea conceptului de compatibilitatea hardware linie de fabricație – robot mobil, robotul mobil Pioneer 3DX echipat cu un manipulator 6DoF. Sistemul robotic mobil de tip SAC-ARP a fost special modificat pentru servirea linie de asamblare/dezasamblare (Fig.4). Astfel brațul robotic a fost montat la o elevație care să permită manipularea pieselor reutilizabile și plasarea acestora în depozitele de asamblare ale fiecărei stații. Elevația brațului a fost calculată luând în calcul raza de acțiune a brațului robotic și constrângerile mecanice date atât de platforma mobilă, brațul robotic și linia de fabricație. Soluția optimă pentru adaptarea robotului mobil a fost realizarea bazei hexagonale care să găzduiască elementele de comandă și comunicație. Componenta cilindrică care permite elevarea brațului robotic fără modificarea semnificativă a centrului de greutate al întregii platforme. Astfel a fost obținut un sistem SAC-PA proiectat exclusiv pentru deservirea liniei de mecatronică de laborator SMART_ASTI. Pentru testarea compatibilității comunicației hardware a fost adăugată o cameră video pe end-efectorul (Fig.5) brațului robotic. Sistemul video servoing identifica indicatorii optici dați de către stația de dezasamblare sau stațiile de asamblare. Acești indicatori optici pot fi reprezentați de indicatori luminoși sau pur și simplu de prezența unei piese în o anumită poziție a stației de lucru. Camera video prezintă și un mecanism de rotație care se permite o posibilitate redusă de ajustare a unghiului de vizualizare care permite identificarea mai ușoară a anumitor indicatori sau chiar identificarea de defecte în dezvoltări ulterioare. Prin utilizarea combinației de visual servoing și senzori ultrasonici, robotul devine un sistem de deservire a liniei de fabricație de tip SAC-ARP. SAC-ARP are implementată o structură de conducere automatizată care permite deplasări prin conducere sliding-mode cu ocolire de obstacole, sau comenzi de manipulare (pick-up și dropping) a componentelor.

2.10.2. Integrarea în structura de conducere a liniilor de fabricație flexibilă de precizie, a structurilor de conducere complexe SAC-ARP și SAC-VAM și a configurațiilor distribuite de senzori și sisteme servoing vizuale definite în Proiectele 2 și 3.

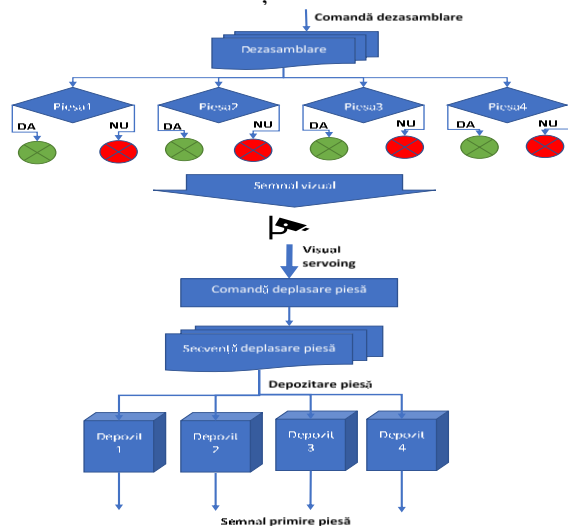


Figura 6. Diagrama de comandă linie de fabricație - robot mobil

Structura de conducere a liniei de fabricație flexibilă deservită de sisteme robotice mobile și sisteme distribuite de senzori este similară cu cea a unui sistem clasic de fabricație deservit de senzori și sisteme robotice fixe, modificându-se doar modul de transmitere a informației prin diferite tehnologii de comunicație, comparativ cu structura de lucru a unui sistem clasic. Astfel, pentru realizarea comunicației dintre linia de fabricație – robot mobil, a fost aleasă metoda de servoing vizual, care deși este o metodă de comunicație într-un singur sens, se asigură transmiterea eficientă a informațiilor, fără a fi necesare echipamente și proceduri suplimentare. La rândul lui robotul transmite informații către linia de fabricație prin interacționarea cu diferiți senzori, deși acest feedback este doar unul redundant, interacțiunea robot – linie de fabricație făcându-se fără a perturba procesul de producție. În Fig.6 se prezintă schema de integrare a părții de servoing vizual, în structura de conducere a liniei de fabricație deservită de robotul mobil. Structura completă de comandă poate opera atât în buclă deschisă cât și în buclă închisă, în funcție de algoritmi implementați. Algoritmii de comandă stabilesc modul de relaționare a comenzilor de dezasamblare, cu semnalele de livrare componenta din stațiile de asamblare. Interacțiunea robot mobil – linie de fabricație fără perturbații de proces, este realizată prin sistemul distribuit de senzori, integrați atât în linia de fabricație cât și în sistemele robotice mobile. Se realizează astfel o monitorizare continuă și precisă a întregului proces. Linia mecatronică de laborator a fost echipată cu senzori senzori inductivi IEC201, senzori magnetici: D-A93, CST-232, SMT/SME-8, senzori optici: O8P202, poziționați astfel încât să se asigure precizia monitorizării procesului de fabricație. Suplimentar, linia de fabricație prezintă și un sistem de comunicație locală de tip RFID 6GT2821-4AC10 care permite monitorizarea stadiului producției la fiecare stație, pentru controlul fiecărei etape a fabricației.

Activitatea 2.11: Elaborare produs software de sincronizare a conducerii liniilor de fabricație flexibilă de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, cu structurile de conducere visual servoing a sistemelor

complexe SAC-ARP și SAC-VAM conform specificațiilor din proiectele 2 și 3, sub platforma LabView/Matlab/Visual C++

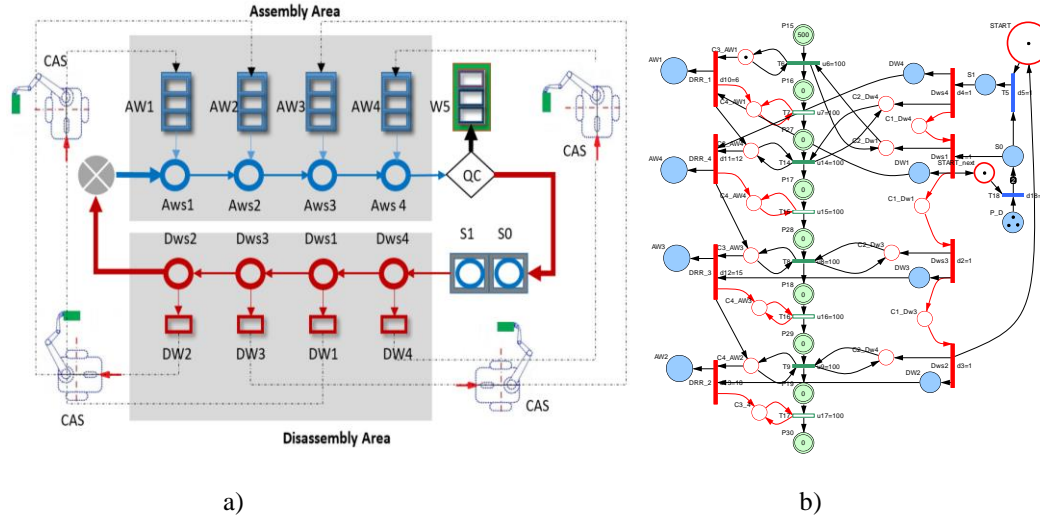


Figura 7. a) Schema de lucru a liniei A/DML deservita de SAC; b) Modelul HPN pentru A/DML deservita de CAS

Proiectarea algoritmului de sincronizare a celor doua entități, linie A/DML și SAC-ARP (Fig.7a), se bazează pe modelul HPN construit pentru procesul de A/DML deservită de roboti mobili (fig.7b, Fig.8). Deoarece comunicația directă linie de fabricație – robot mobil se realizează la nivelul fiecărui post de dezasamblare, sincronizarea liniei de fabricației cu SAC-ARP s-a realizat prin integrarea procedurilor de sincronizare în programul PLC al stației de dezasamblare. Pentru sincronizarea liniei de fabricație cu restul modulelor a fost folosită comunicația ProfiNet, cu modificări software în fiecare stație.

În final, s-a obținut un sistem software distribuit de sincronizare, care s-a dovedit avantajos în raport cu unul centralizat. Astfel sincronizarea între modulele de comandă se face ținând cont de interacțiunea dintre aceste și de etapele de producție. Algoritmul de conducere implementat, considera nivelul de comunicație local, în care fiecare modul curent comunica cu modulul anterior și cel următor, dar și cu modulul de control centralizat.

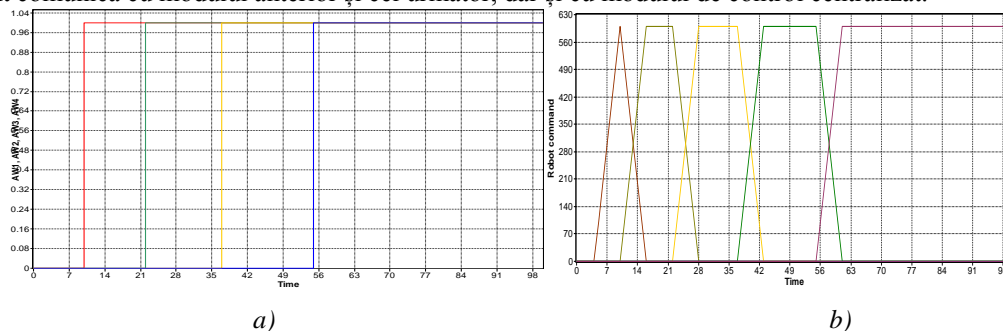


Figura 8. Evoluția starilor: a) dinamica umplerii fiecărei magazii; b) comanda robotului pentru dezasamblare

Avantajul principal în alegerea unui software distribuit de sincronizare, este rezistența la propagarea nesincronizărilor locale la nivelul întregului proces. În cazul unui defect de sincronizare locală, acest defect este limitat la modulul local, restul modulelor continuând să comunice între ele, și chiar să continue fabricația. Acest mod descentralizat permite și o monitorizare sincronizată a unor subsisteme de senzori, conform algoritmilor de supervizare proiectați. Prin comparație, un sistem centralizat de sincronizare ar opera în funcție de numărul de noduri de comunicație și interacțiune, fiind necesară scalarea continuă a acestuia, pentru a se opera toate sincronizările necesare. Un astfel de sistem, pe lângă costuri suplimentare, poate cauza secvențe de oprire totală a producției, datorate erorilor de sincronizare pe porțiuni.

Activitatea 2.12: Conducerea în timp real a liniilor de fabricație flexibilă de precizie, LA/D asistate în procesul reversibil de dezasamblare de SAC integrate în tehnologii de asistare, SAC-ARP, roboti mobili (2DW/1FW) echipați cu Manipulator 6-DOF și SAC-VAM, roboti mobili (2DW/2SW) echipați cu Manipulator 6-DOF.

Fabricația flexibilă presupune acțiuni de fabricației (asamblare în cazul liniei de laborator) în posturile liniei A/DML, dar deservita de un sistem dedicat de manipulare/transport piese de la un post la altul, în ordine diferită de fabricația în flux. Sistemul de transport/manipulare, pentru fabricația flexibilă (FF), reprezintă o extensie a liniei mecatronice de laborator și permite realizarea fabricației flexibile - game diferite de produse care se obțin prin operații de producție specifice posturilor de lucru, dar în ordine dictată de tehnologia de execuție a produsului final. Linia A/DML devine în final rezulta un sistem mecatronic complex, capabil să suporte secvențele de producție:

asamblare/dezasamblare/fabricație_flexibila/recuperare componente reutilizabile. Integrarea sistemului de transport/manipulare pentru fabricația flexibila (T/MFF) respecta fluxul de comunicație de date din Fig.9. Astfel, se utilizează comunicații de semnale I/O digitale, furnizate de senzori, cu modulul de comandă LattePanda.

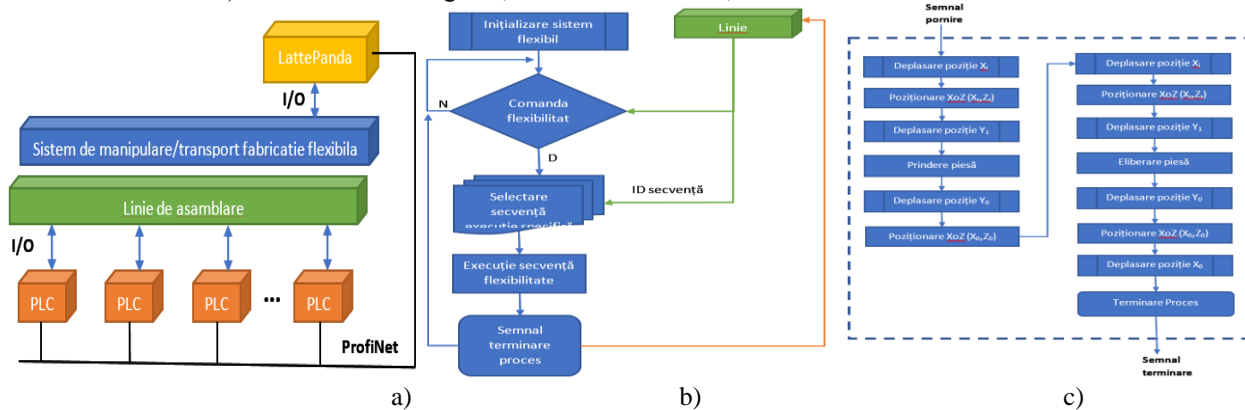


Figura 9. a)Diagrama de comunicație între module; b) Algoritm de conducere fabricație flexibilă; c) Algoritm de poziționare/manipulare a robotului cartezian in cadrul unei secvențe de FF

Sincronizarea conducerii liniei A/DML cu T/MFF se realizează prin rețeaua ProfiNet, care asigura astfel comunicația rapidă între modulele de comandă. Comunicația ProfiNet asigura suportul de monitorizare centralizata a întregului proces de fabricație. Conducerea T/MFF se realizează prin programarea interfeței HMI, care permite selectarea secvențelor de fabricație cerute de tehnologia de execuție a produsului final, in acord cu algoritmii de conducere proiectați.

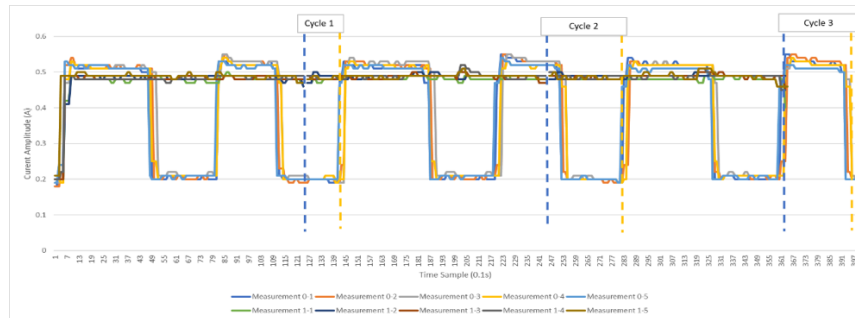
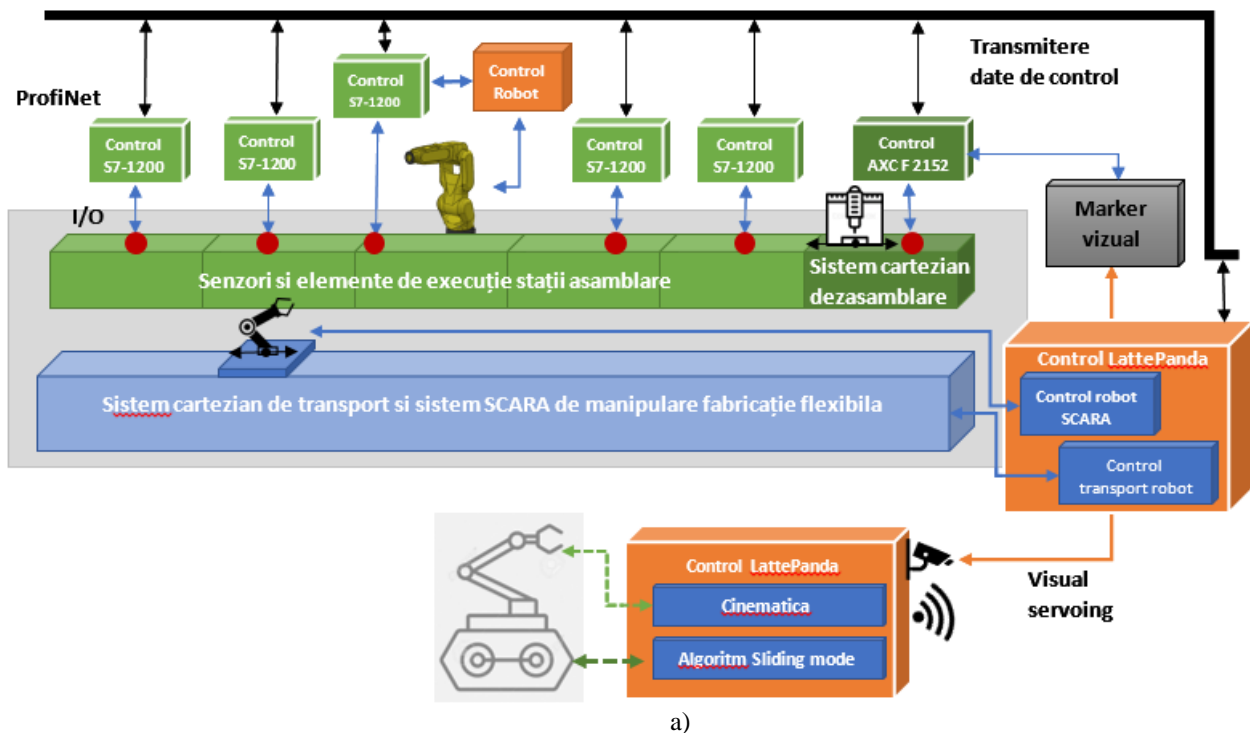


Figura 10. Optimizarea puterii consumate de sistemul de transport pe conveier (articol ICSTCC 2019)

În cadrul unei secvențe de operare a FF, se realizează programarea poziționărilor și a operațiilor pe care le realizează robotul cartezian al T/MFF. Coordonata de poziționare pe axa X (X_i , X_j Fig.9c) este cea care se modifică la fiecare secvență, si este coordonata cu ordinea operațiilor elementare introduse de operator prin interfața HMI.



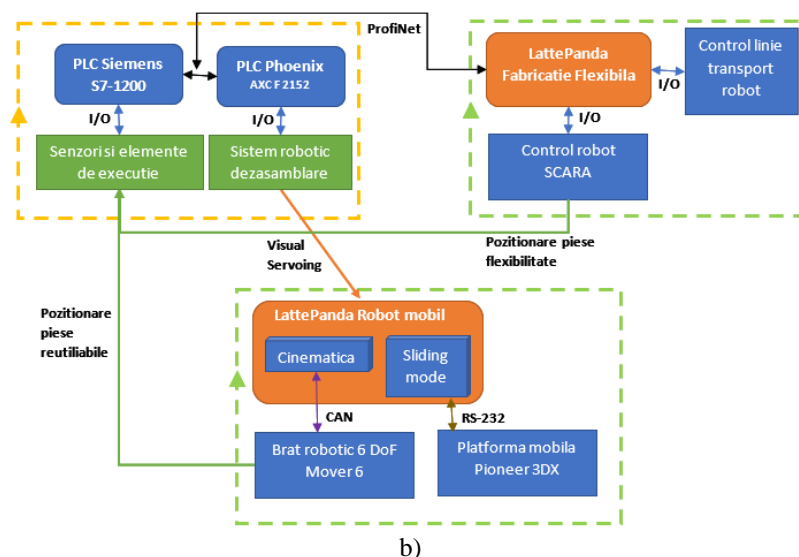


Figura 11. Structura de conducere a liniei de asamblare/dezasamblare/fabricație flexibilă/recuperare componente



Figura 12. Linia de fabricație flexibilă de precizie, de laborator, asistată în procesul reversibil de dezamblare de SAC-ARP (2DW/1FW), robot mobil echipat cu Manipulator 6-DOF, cu conducere integrată în tehnologii de asistare. După programarea fiecărei secvențe de operații și atribuirea unui ID, acestea vor fi apelate din modulele de conducere ale liniei mecatronice, în acord cu programarea fabricației operată în HMI. Se raportează și cercetări pentru optimizarea conducerii sistemului de transport pe conveier, al liniei de laborator SMART_ASTI (Fig.10) care fac obiectul articolului "Optimal Control of the Complete Assembly/disassembly Cycle for a Mechatronics Line Prototype", prezentat la 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 2019. Structura de conducere a Liniei de fabricație flexibilă de precizie, de laborator, asistată în procesul reversibil de dezamblare de SAC-ARP (2DW/1FW), robot mobil echipat cu Manipulator 6-DOF, cu conducere integrată în tehnologii de asistare, este reprezentată în Fig.11, Fig.12. În Etapa2, s-au proiectat și implementat structuri de conducere pentru postul de dezamblare, pentru fabricația flexibilă precum și a sistemelor robotice: robot mobil echipat cu manipulator SAC-ARP, manipulator cartezian care deservește postul de dezamblare, manipulator robotic care deservește fabricația flexibilă (Fig.11b). Conducerea automatizată a liniei de asamblare, a fost reconfigurată astfel încât să se sincronizeze cu taskurile specifice dezamblării, fabricației flexibile și recuperării în magazii a componentelor reutilizabile.

Concluzii: Raportul științific detaliat pune în evidență soluțiile științifice pe care echipa de lucru a Proiectului 4 le oferă pentru cerințele Etapei 2. În Raportul științific detaliat (http://cidsacteh.valahia.ro/p4/files/Raport_Etapa2_extins.pdf) se pot vizualiza soluțiile pentru Conducerea în timp real a liniilor de fabricație flexibilă de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație de A/D, cu SAC-ARP, platformă robotică autonomă cu două roți motoare, una sau două roți libere și manipulator, și SAC-VAM, vehicul autonom cu 4 roți motoare multidirecționale și manipulator. Etapa 2 se finalizează prin implementarea structurii de conducere a Liniei de fabricație flexibilă de precizie, de laborator, asistată în procesul reversibil de dezamblare de SAC-ARP (2DW/1FW), robot mobil echipat cu Manipulator 6-DOF(Fig.11), cu conducere integrată în tehnologii de asistare, testată pe linia mecatronica de laborator SMART_ASTI echipată cu modulele suplimentare, necesare realizării fabricației flexibile, dezamblării automatizate și recuperării de componente reutilizabile.

Rezultate așteptate: În cadrul Etapei 2 a proiectului 4 s-a obținut următoarele rezultate: Produs software de sincronizare a conducerii liniilor de fabricație cu sistemul servoing vizual sub platforma LabView/Matlab/Visual C++; Produs software de sincronizare a conducerii liniilor de fabricație și a navigației bazată pe tehnici de conducere avansată pentru ocolire obstacole, localizare și manipulare sub platforma LabView/Matlab/Visual C++; Structura de conducere în timp real a LA/D de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, asistate în procesul reversibil de

dezasamblare de SAC integrate în tehnologii de asistare, SAC-ARP, roboți mobili (2DW/1FW) echipat cu Manipulator 6-DOF Arm și SAC-VAM, roboți mobili (2DW/2SW) echipați cu Manipulator 6-DOF.

Indicatori de realizare: SAC-ARP și SAC-VAM integrate în tehnologii hibride pe linii de fabricație flexibilă de A/D; Produs software de sincronizare a conducerii liniilor de fabricație flexibilă de precizie, integrate în tehnologii hibride de fabricație, cu structurile de conducere visual servoing și de navigație; Tehnologie hibride de fabricație flexibilă, de precizie, de A/D pe linii de laborator (de mecatronică) cu SAC-ARP și SAC-VAM integrate; 2 locuri noi de muncă în cercetare susținute prin program. La partenerul UVT sunt angajați 2 cercetători noi în domeniul Ingineriei sistemelor, pe poziția de Cercetător în Automatică, care sunt incluși în lista de personal a partenerului UVT.

Diseminare:

1. F. Dragomir, E. Minca, O. Dragomir, A. Filipescu, "Modelling and Control of Mechatronics Lines Served by Collaborative Complex Autonomous Systems", *Sensors Journal*, **2019**, vol.19, Issue 15, 3266; <https://doi.org/10.3390/s19153266>, IF 3.302 (Q2)
2. Octavian Gabriel DUCA, Ion Valentin Gurgu, Eugenia Minca, Adrian Filipescu, Florin Dragomir, Otilia Dragomir, "Optimal Control of the Complete Assembly/disassembly Cycle for a Mechatronics Line Prototype", 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), Sinaia, Romania during October 9-11, 2019
3. A. Filipescu, E. Minca, A. Filipescu jr, „Mechatronics Manufacturing Line with Integrated Autonomous Robots and Visual Servoing Systems”, 9th IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, and Robotics, Automation and Mechatronics (CIS-RAM 2019), November 18-20, 2019, Bangkok, Thailand
4. A. Filipescu, A. Filipescu Jr., S. Filipescu, E. Minca, Technology on a Mechatronics Line Assisted by Autonomous Robots and Visual Servoing Systems, The 6th International Symposium on Electrical, and Electronics Engineering, ISEEE 2019, 18-19, Oct, Galati, 2019, ISBN: 978-1-7281-2906-8/19/\$31.00 ©2019 IEEE
5. FLORIN DRAGOMIR, MIHAI STEFAN CARAMIDA, OTILIA ELENA DRAGOMIR, EUGENIA MINCA, Towards neural control of the mobile robots, *Journal of Science and Arts*, Year 19, No. 2(47), pp. 529-540, 2019

LOCURI DE MUNCA SUSTINUTE PRIN PROGRAM, INCLUSIV RESURSA UMANA NOU ANGAJATA: Echipa de proiect care a contribuit la cercetari in 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.

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

SERVICIILE DE CERCETARE SI TEHNOLOGICE

Produse/ Produse informatice/ Tehnologii

Linie de fabricație flexibilă de precizie si reversibila, deservita de SAC-ARP (Sistem autonom complex -Asistent Robotic Personal) si SAC-VAM (Sistem autonom complex- Vehicol 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. *Implementare pe linie mecatronica de laborator.* <https://erris.gov.ro/Valahia-University-of-Targoviste>

Servicii

Tehnologie hibrida de fabricație flexibilă, de precizie, de asamblare/dezasamblare pe linii mecatronice de laborator cu SAC_ARP si SAC-VAM integrate. <https://erris.gov.ro/Valahia-University-of-Targoviste>.

Proiect 5:

Activitatea: 2.13: *Proiectarea structurii de conducere inteligentă (bazată pe tehnici avansate) precum și a structurii de navigație (bazată pe senzori performanți) pentru sistemul autonom complex SAC-SI integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilitati neuro-motorii severe*

Indicatori de realizare: *Structură de conducere inteligentă si structură de navigare pentru SAC-SI, "Cirrus Power Wheelchair" integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilități neuro-motorii severe; Produs software nou*
În cadrul acestei activități s-a dezvoltat o metoda de comandă a unui scaun cu rotile pentru persoanele cu dizabilități severe care nu pot acționa manual joystick-ul scaunului cu rotile. S-a pornit de la ideea îmbunătățirii unui scaun cu rotile, dotat cu motoare electric și cu echipamentul de calcul necesar pentru a efectua detecția feței și pentru a trimite comenzile către motoare. Scopul final fiind controlul simplu, sigur și ușor de învățat pentru o persoana cu dizabilități locomotorii severe. Folosind metoda propusa, scaunul cu rotile poate fi controlat astfel încât acesta poate merge înainte, poate vira, și poate merge cu viteză variabilă în funcție de nevoile utilizatorului. Schema general propusă este prezentată în Figura 2.13.1.

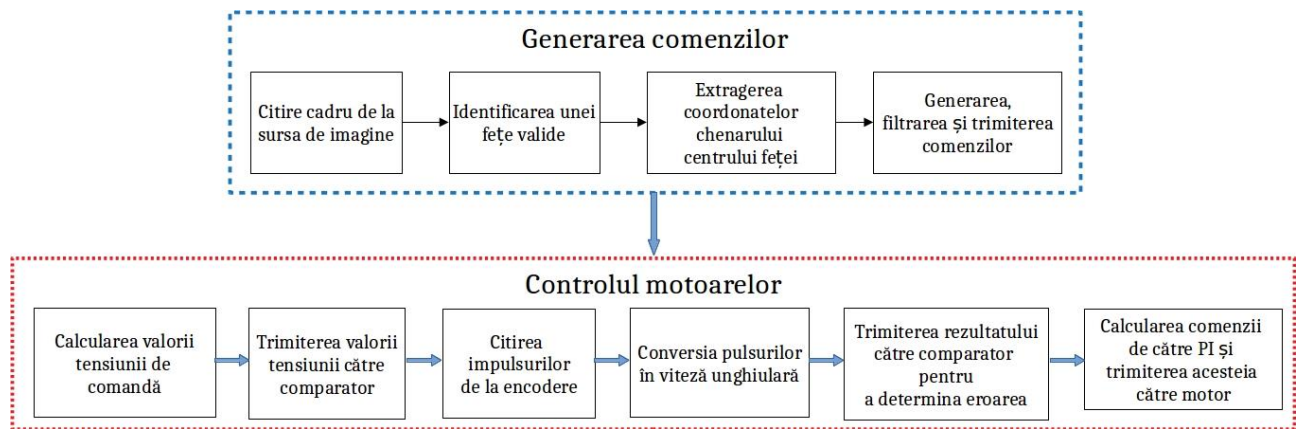


Fig. 2.13.1 Schema bloc funcțională.

Pentru a putea efectua detecția feței în timp real s-a utilizat librăria OpenCV (OpenCV este o bibliotecă software, open-source ce are o multitudine de utilizări în domenii ce necesită recunoașterea formelor obiectelor). În proiectul de față s-a utilizat o camera Microsoft LifeCam HD-3000 care are o rezoluție de 1280x720 pixeli și care furnizează 30 de cadre pe secundă. Fiecare cadru achiziționat de către cameră trebuie prelucrat pentru a permite clasificatorului din OpenCV să identifice fața utilizatorului. Prelucrarea are loc imediat după achiziția fiecărui cadru. După ce imaginea color a fost transformată într-o imagine alb-negru, aceasta este trimisă către un clasificator care este responsabil de detecția propriuzisă a feței. În cazul de față, clasificatorul este o componentă software care folosește un set de reguli pentru identificarea feței utilizatorului. Setul de reguli pentru clasificator este obținut prin introducerea unor imagini ce reprezintă exemple pozitive (imagini în care apar fețe umane) și negative (imagini fără fețe). Clasificatorul folosit în această etapă este Haar Cascade. Acesta primește imaginea alb-negru procesată anterior și începe să caute în imagine caracteristici (forme) ce corespund setului de reguli obținut anterior utilizând o fereastră de căutare. Fereastra de căutare joacă un rol foarte important în acuratețea detecției feței. Cu cât fereastra de căutare este mai mică, cu atât rezultatele vor fi mai precise, dar, nu se va mai putea asigura caracteristica de timp real deoarece acest proces necesită foarte multe resurse hardware și un timp de calcul ridicat. De aceea trebuie găsită o dimensiune a ferestrei de căutare care să permită o detecție bună a feței și, în același timp, să nu consume toate resursele hardware, deoarece în sistem există și alte procese care au nevoie de timp de calcul. Pentru generarea comenzilor utilizatorul trebuie să își miște capul, de exemplu ridicarea ușoară a capului reprezintă comanda „înainte”, iar coborârea capului oprește scaunul cu roțile. Soluția aleasă a fost utilizarea a doua patrulater. Un patrulater, cel inițial, este utilizat ca și punct de plecare (de referință), iar cel de-al doilea este utilizat pentru determinarea poziției actuale a feței (a se vedea Figura 2.13.2).

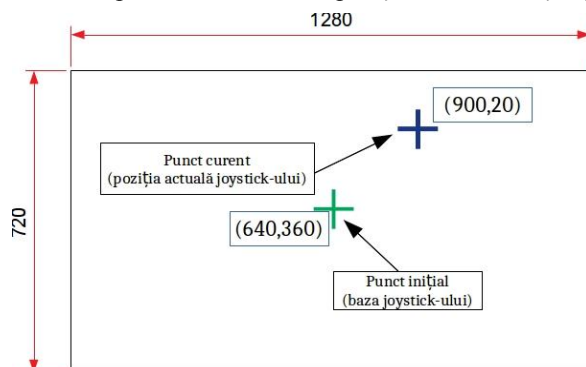


Fig. 2.13.2. Reprezentarea centrelor patrulaterelor a căror coordonate sunt utilizate pentru a determina direcția de mers și viteza de deplasare.



Fig. 2.13.3. Exemplu de patrulater valid - dreptunghi validare ochi și dreptunghi încadrare față.

În cazul de față, un patrulater valid ce poate fi folosit pentru a genera comenzi este un patrulater care încadrează atât fața utilizatorului cât și ochii acestuia (a se vedea Figura 2.13.3). Pentru aceasta se folosesc două clasificatoare. Un clasificator este pentru față, iar celălalt este doar pentru ochi. Dacă patrulaterul pentru ochi este înscris în patrulaterul feței atunci patrulaterul feței este considerat valid și astfel se poate genera următoarea comandă. În caz contrar acesta este ignorat și se repetă comanda anterioară. Dacă în decurs de 2 secunde nu este detectat nici un patrulater valid atunci scaunul cu roțile va fi oprit din motive de siguranță, iar utilizatorul va trebui să plaseze fața în punctul inițial după care scaunul cu roțile va putea fi folosit în continuare. Pentru generarea comenzii se folosesc doar centrele celor două patrulater (cel de referință și cel actual), restul atributelor nu mai sunt necesare. Pentru eliminarea perturbațiilor s-a folosit un filtru Kalman. Motivul pentru care s-a ales filtrul Kalman, în detrimentul altor metode de eliminare a perturbațiilor, este consumul redus de resurse pentru filtrare și simplitatea implementării. În același timp, filtrul Kalman oferă o filtrare bună pentru obținerea unor valori cât mai stabile ale semnalului. La o primă vedere, modulul bazat pe OpenCV nu pare a fi un sistem cu buclă închisă însă acest lucru nu este adevărat, elementul responsabil de închiderea buclei de

control fiind utilizatorul. Acesta joacă rolul de regulator și de comparator fiind responsabil de „calcularea” erorii (unde vrea să se deplaseze și unde se duce scaunul cu roțile) precum și de „generarea” unei comenzi corective.

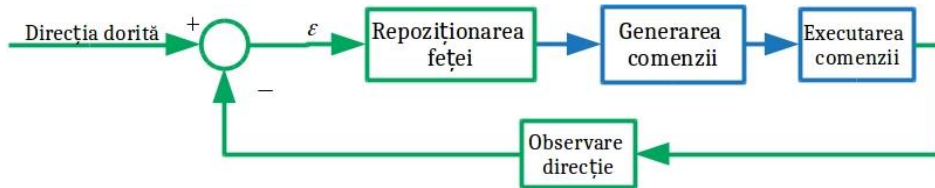


Fig. 2.13.4. Schema de generare a comenzilor în buclă închisă

În Figura 2.13.4 este ilustrat modul în care comanda generată de către utilizator este corectată în cazul în care aceasta nu corespunde cu referința (direcția dorită). În Figura 2.13.5 este dezvoltată schema algoritmului propus pentru generarea comenzilor. Interfața grafică implementată în OpenCV este exemplificată în Figura 2.13.6. Aplicația realizată a fost proiectată și implementată astfel încât aceasta să poată fi extinsă ușor și pe alte tipuri de platforme mobile (necesare deplasării persoanelor vârstnice și/sau cu dizabilități locomotorii). Pe baza soluției propuse a fost publicat un articol indexat BDI (cu propunere de indexare ISI Proceedings).

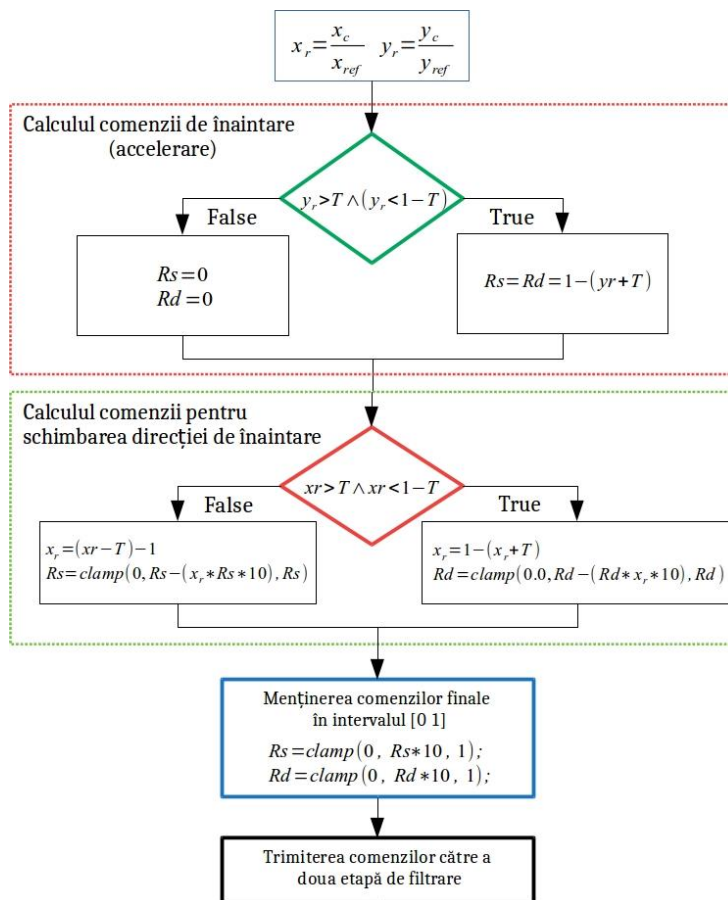


Fig.2.13.5. Schema bloc a algoritmului propus pentru generarea comenzilor



Fig. 2.13.6. Interfața grafică a aplicației dezvoltate (produs software nou)

Activitatea: Act 2.14: Proiectarea structurii de evitare a obstacolelor (bazată pe senzori de tip laser și video) pentru sistemul complex SAC-SI integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilități neuro-motorii severe.

Indicatori de realizare: i) Structură de evitare a obstacolelor (bazată pe senzori de tip laser și video) ce deservește scaunul cu roțile de tip "Cirrus Power Wheelchair" (SAC-SI) integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilități neuro-motorii severe; ii) Produs software nou;

În cadrul acestei etape s-a realizarea în MATLAB un algoritm pentru determinarea automată a unei traiectorii (ce permite evitarea obstacolelor fixe) pentru un scaun cu roțile/fotoliu rulant cu două roți motoare utilizând PSO (Particle Swarm Optimization). Fiecare particulă actualizează poziția și viteza sa utilizând următoarele ecuații:

$$\begin{cases} V_i^{k+1} = W V_i^k + c_1 r_1 (P_i - S_i^k) + c_2 r_2 (P_g - S_i^k) \\ S_i^{k+1} = S_i^k + V_i^k \end{cases} \quad (2.14.1)$$

Forma generală a funcției fitness este:

$$\text{Fitness} = K_{\text{goal}} \cdot D_{\text{goal}} + K_{\theta_{\text{goal}}} \cdot |\theta_{\text{goal}}| + K_{\text{obs}} \cdot \sum_{m=1}^{\text{no.of obs.}} e^{-K_{D_{\text{obs}}} \cdot D_{\text{obs}}(m)} \cdot |\theta_{\text{obs}}(m)|^{-K_{\theta_{\text{obs}}}} \quad (2.14.2)$$

În metode globale de găsiere a unui traseu, mediul se presupune a fi complet cunoscut și traseul (calea) este optimizat luând în considerare toate informațiile care apar în hartă. Traseul de referință poate duce robotul la destinație într-un mod rafinat. Mai mult, traseul optim este găsit numai dacă obstacolele din cale sunt fixe și nu există zone fără ieșire.

Algoritmul utilizat pentru metoda globală este descris în tabelul de mai jos:

Tabelul I: Algoritmul „Path Planning” utilizat pentru metoda globală

Initialization Parameters:	
:	iterations, swarm size, initial swarm position, initial velocity.
	FOR iter = 1 to iterations DO
:	
	FOR i = 1 to swarm size DO
:	
	update particles S_i (see eq. 2.14.1)
:	
	calculate the Fitness (see eq. 2.14.2)
:	
	IF new position is better THEN
:	update best S_i
	update the best value
:	End IF
:	
	End FOR

```

:                               update global best positioning
:
0:                               FOR i = 1 to swarm size DO
1:                               updating velocity vectors Vi (see eq. 2.14.1)
2:                               End FOR
3:                               End FOR

```

In Fig. 2.14.1 este prezentat un studiu de caz cu trei obstacole fixe pe calea robot mobil. Este ușor de observat din această figură că drumul până la destinație este găsit după 21 de iterații ale algoritmului. Tot în Figura 2.14.1 este arătată detaliat situația în care scaunul cu roțile trebuie să treacă printre două obstacole fixe. Se poate observa că doar 13 din cele 25 de particule (dimensiunea roiului utilizat pentru acest studiu de caz) sunt luate în considerare. Celelalte particule se suprapun cu obstacolele. Rezultatul final pentru acest algoritm este dat de setul de puncte intermediare ale traseului (x_i, y_i) . Setul de puncte intermediare reprezintă intrarea pentru controllerul de urmărire al traseului scaunului cu roțile. Sarcina controllerului este de a deplasa autonom platforma mobilă pe traseul găsit utilizând algoritmul PSO. În această etapă s-a folosit un senzor laser de tip Hokuyo URG-04LX-UG01 pentru detecția și evitarea obstacolelor de către un scaun cu roțile până la destinația finală. Tot în această etapă s-a implementat în MATLAB un algoritm pentru realizarea automată a unei traiectorii ce ține cont de restricțiile de timp și confort pentru un scaun cu roțile. În această etapă au fost generați vectorii de viteză (liniari și unghiulari) necesari conducerii în timp real a platformei mobile (sistemului autonom).

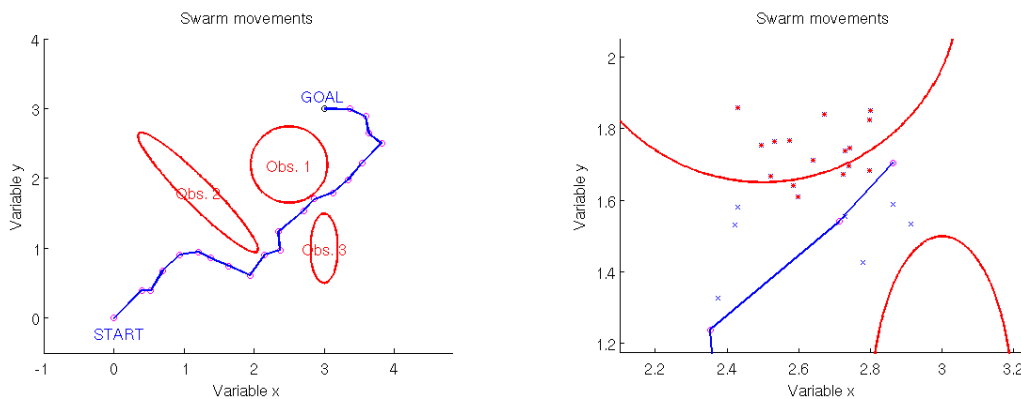


Fig. 2.14.1. Rezultatul algoritmului de găsim a traseului optim între punctul de START și cel FINAL folosind PSO (metoda globală); detaliul zonei dintre obstacolele 1 și 3.

Pentru determinarea traiectoriei unui robot mobil se utilizează ecuații de gradul 5.

$$\text{Pos}_{j,j+1}(u) = \begin{bmatrix} x_{j,j+1}(u) \\ y_{j,j+1}(u) \\ \theta_{j,j+1}(u) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{j,0} + \alpha_{j,1}u + \alpha_{j,2}u^2 + \alpha_{j,3}u^3 + \alpha_{j,4}u^4 + \alpha_{j,5}u^5 \\ \beta_{j,0} + \beta_{j,1}u + \beta_{j,2}u^2 + \beta_{j,3}u^3 + \beta_{j,4}u^4 + \beta_{j,5}u^5 \\ \theta_j(u) \end{bmatrix} \quad (2.14.3)$$

Ecuția curburii realizată pentru fiecare segment din traiectorie este:

$$K_{j,j+1}(u) = \frac{\dot{x}_{j,j+1}(u) \cdot \ddot{y}_{j,j+1}(u) - \ddot{x}_{j,j+1}(u) \cdot \dot{y}_{j,j+1}(u)}{(\dot{x}_{j,j+1}^2(u) + \dot{y}_{j,j+1}^2(u))^{2/3}} \quad (2.14.4)$$

Lungimea curburii este dată de ecuația:

$$L_{j,j+1}(u) = \int_{u=0}^{u=1} \sqrt{\dot{x}_{j,j+1}^2(u) + \dot{y}_{j,j+1}^2(u)} \cdot du \quad (2.14.5)$$

Profilul de viteză care corespunde fiecărui segment este împărțit în 5 părți $m = 1, 2, \dots, 5$:

$$v_{(j,j+1),m}(t) = \gamma_{1m} + 2 \cdot \gamma_{2m} \cdot t + 3 \cdot \gamma_{3m} \cdot t^2 \quad (2.14.6)$$

Similar, lungimea și accelerația longitudinală pentru fiecare segment sunt calculate astfel:

$$s_{(j,j+1),m}(t) = \gamma_{1m} \cdot t + \gamma_{2m} \cdot t^2 + \gamma_{3m} \cdot t^3 \quad (2.14.7)$$

$$a_{T(j,j+1),m}(t) = 2 \cdot \gamma_{2m} + 6 \cdot \gamma_{3m} \cdot t \quad (2.14.8)$$

Viteza unghiulară poate fi calculată utilizând formula lui Frenet:

$$\omega_{j,j+1}(t) = v_{j,j+1} \cdot K_{j,j+1} \quad (2.14.9)$$

iar accelerația laterală cu relația:

$$a_{L,j,j+1}(t) = v_{j,j+1}^2 \cdot K_{j,j+1} \quad (2.14.10)$$

Confortul uman este calculat conform ecuației de mai jos (conform ISO 2631-1 și ISO2631-5)

$$a_w = \sqrt{\tau_x^2 \cdot a_{wx} + \tau_y^2 \cdot a_{wy} + \tau_z^2 \cdot a_{wz}} \quad (2.14.11)$$

unde a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} sunt accelețațiile medii pătratice calculate pe fiecare segment al traiectoriei, iar τ_x , τ_y , τ_z factori de multiplicare: $\tau_x = 1.4$, $\tau_y = 1.4$, $\tau_z = 0$. Algoritmul propus pentru calcularea vitezelor lineare și unghiulare ce țin cont de restricțiile de timp pentru un robot mobil cu două roți motoare este descris în tabelul II.

Tabelul II: Trajectory Planning Algorithm

:	Calculate $x_{j,j+1}(u)$ and $y_{j,j+1}(u)$ for each curve (eq. 2.14.3)
:	calculate the curvature $K_{j,j+1}(u)$ for each curve (eq. 2.14.4) and
:	calculate the curve length $L_{j,j+1}(u)$ for each curve (eq. 2.14.5)
:	Determine a time $t_{j,j+1}$ for each seg. Pos $_{j,j+1}$ of the path
:	The time is calculate function of the comfort of human
:	body constraint: $t_{j,j+1} = ((2L_{j,j+1})/a_w)^{1/2}$
:	FOR j = 1 to goal (final position) DO
:	Calculate an average velocity $\bar{v}_{j,j+1} = a_w \cdot t_{j,j+1}$
:	Calculate an initial velocity profile $v_{j,j+1}(t)$ with $t \in [0, t_{j,j+1}]$ (see eq. 2.14.6)
:	and longitudinal accel. profile $a_{Tj,j+1}(t)$ using eq. 2.14.8
:	Calculate angular velocity profile $\omega_{j,j+1}(t)$ (see eq. 2.14.9) and lateral accel.
:	profile $a_{Lj,j+1}(t)$ using eq. 2.14.10
:	Calculate the overall r.m.s. acc. $a_{wj,j+1}$ for segment (eq. 2.14.11)
:	IF $a_{wj,j+1} > 0.4 \text{ m/s}^2$ THEN
:	increase the time $t_{j,j+1}$ for this segm. and go to step 4
:	End FOR
0:	

În figurile următoare sunt reprezentate rezultatele obținute în urma simulării algoritmului propus (tabel II):

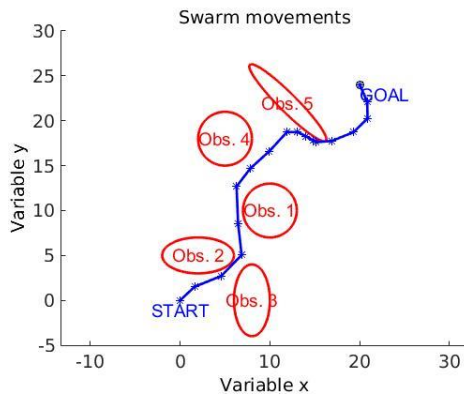


Fig. 2.14.3 Exemplu de traiectorie utilizand ecuații de gradul cinci.

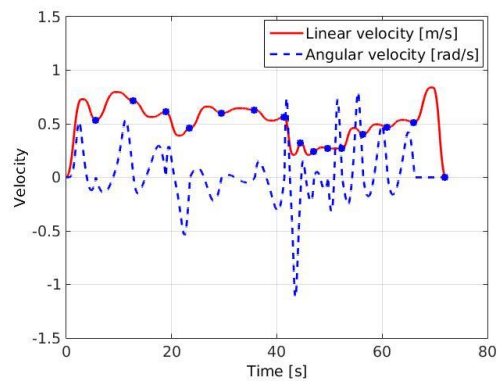


Fig.2.14.4 Viteza liniară și unghiulară calculate cu ajutorul algoritmului propus.

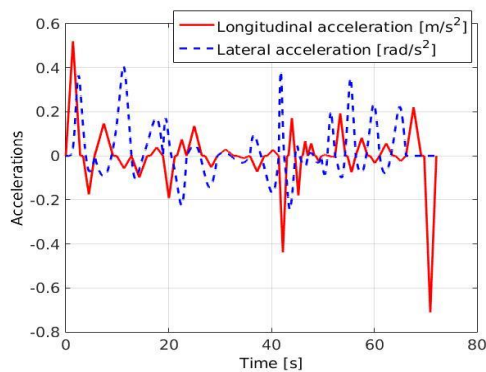


Fig. 2.14.5 Accelețațiile liniare și laterale pentru exemplul din figura 2.14.3.

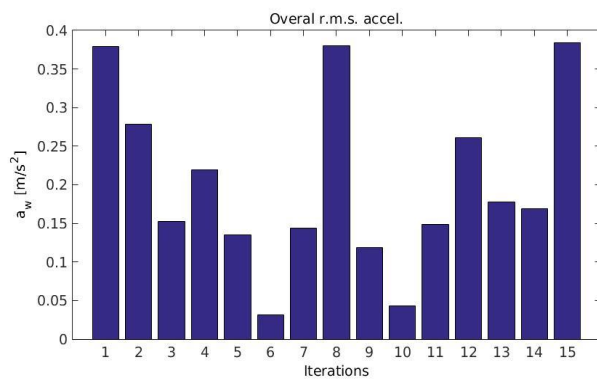


Fig. 2.14.6 Valorile medii pătratice ale accelețațiilor pentru exemplul din figura 2.14.3.

Activitatea: Act 2.15: Proiectarea și realizarea structurii de conducere avansată bazată pe sisteme servoing vizuale

(pt. manipulatorul robotic cu 7DOF) ce deservește sistemului autonom complex SAC-SI integrat în tehnologia de asistare a pers. cu dizabilități neuro-motorii severe

Indicatori de realizare: i) Structură de conducere avansată bazată pe senzori performanți și sistem servoing visual mobil a manipulatorului Cyton 1500 care echipează SAC-SI; ii) Produs software nou.

În cadrul acestei activități s-a realizat sortarea unor obiecte de pe o suprafață de lucru după mărimea lor, urmată de manipularea lor utilizând un braț robotic (Cyton Gamma 1500) și o cameră video (Logitech HD Pro Webcam C920). Algoritmul propus oferă posibilitatea selecției celui mai mic obiect de pe suprafața de lucru, selecția celui mai mare obiect sau aranjarea obiectelor într-o stivă în ordinea mărimii lor, de la cel mai mare la cel mai mic. Algoritmul este dezvoltat utilizând software-ul MATLAB, împreună cu toolbox-ul pentru procesare de imagini. Detectarea obiectelor este o tehnologie care face parte din domeniul procesării computerizate a imaginilor. Structura echipamentelor hardware utilizate este prezentată în figura 2.15.1.

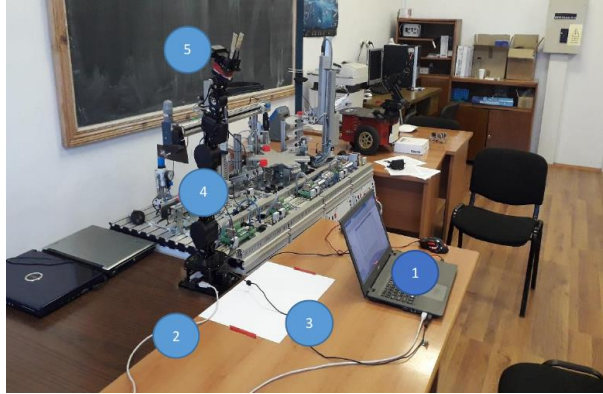


Fig. 2.15.1 Schema fizică a ansamblului: 1-PC, 2-Cablu USB pentru conectare PC-braț robotic, 3-Cablu USB pentru conectare PC-cameră video, 4-Braț robotic Cyton Gamma 1500, 5-Cameră video Logitech HD Pro Webcam C920.

O primă etapă este plasarea end-effector-ului brațului robotic la o distanță de 6cm deasupra obiectelor. După această etapă intră în funcțiune algoritmul pentru prelucrarea imaginii și de apelare a programelor de control ale brațului robotic. Programul MATLAB este responsabil pentru următoarele funcții: apelarea programelor pentru comanda brațului robotic, captura imaginii, identificarea obiectelor din imagine, sortarea arilor obiectelor descrescătoare și calculul coordonatelor obiectelor. După ce brațul robotic a ajuns în poziția de scanare, se efectuează captura și prelucrarea imaginii conform schemei prezentate în figura 2.15.2.

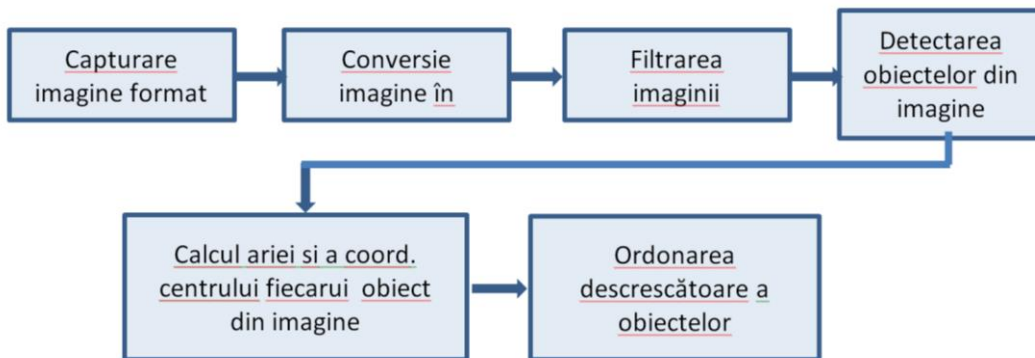


Fig. 2.15.2 Schema algoritmului pentru procesarea imaginii

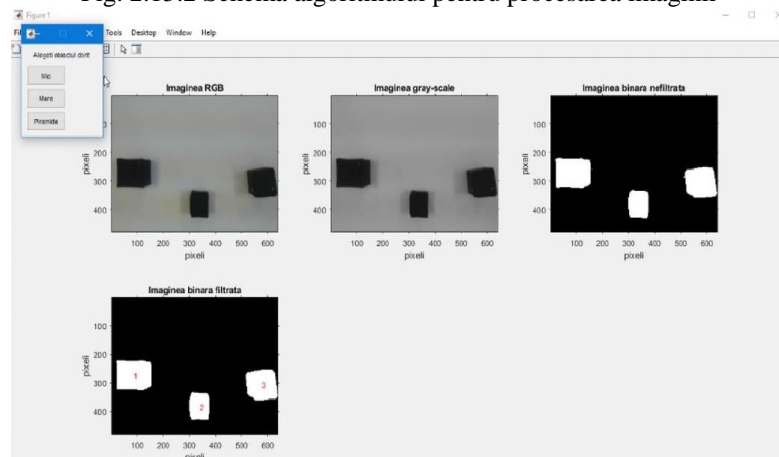


Fig. 2.15.3 Interfața grafică realizată în Matlab

Un al doilea algoritm realizat permite manipularea cutiilor de medicamente (ce au atașate diverse coduri QR) de către un braț robotic. Obiectivele algoritmului au fost i) scanarea unor cutii cu medicamente pe care erau atașate/lipite coduri QR cu diferite semnificații, ii) calcularea exactă a poziției cutiei de medicamente, iii) trimiterea poziției lor către manipulatorul robotic și iv) manipularea cutiei aleasă de către brațul robotic.

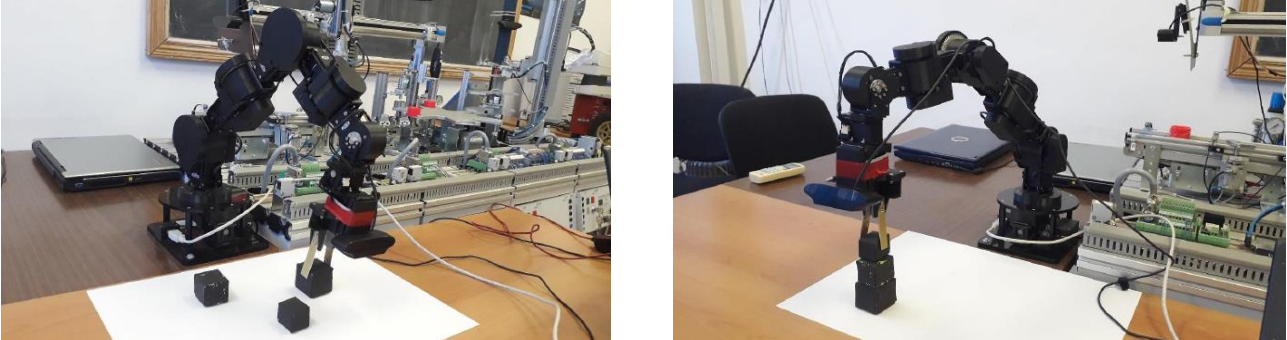


Fig. 2.15.4 Faza inițială și cea finală în cazul aranjării obiectelor într-o stivă în ordinea mărimii lor, de la cel mai mare la cel mai mic.

Codul QR (abreviat de la "cod cu răspuns rapid") este un tip de cod de bare matriceală proiectat pentru prima dată în 1994 pentru industria auto din Japonia. Un cod QR constă din pătrate negre aranjate într-o rețea pătrată pe un fundal alb, care poate fi citit de un dispozitiv de imagine, cum ar fi o cameră foto, și procesată folosind corecția de eroare Reed-Solomon până când imaginea poate fi interpretată corespunzător. Datele necesare sunt apoi extrase din modelele prezente în componentele orizontale și verticale ale imaginii.

După detectarea și decodarea codului QR introdus/cerut de utilizator (a se vedea fig. 2.15.5) se determină poziția acestuia în imagine (în pixeli). Această poziție este convertită în centimetri și trimisă către brațul robotic pentru manipulare.



Fig. 2.15.5 Scanarea diverselor coduri QR și găsirea/detectarea codului cerut de utilizator.

Schema algoritmului propus pentru manipularea cutiilor de medicamente (ce au atașate un cod QR) este descrisă în figura 2.15.6.

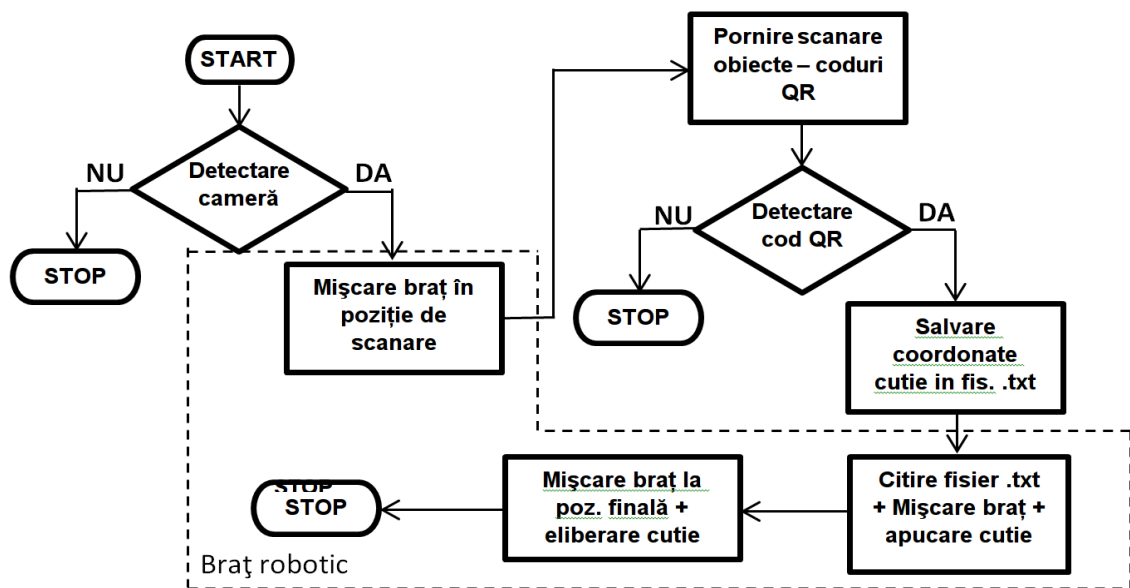


Fig. 2.15.6 Schema algoritmului manipulare cutie coduri QR

CONCLUZII: Raportul științific pune în evidență soluțiile pe care echipa de lucru a Proiectului 5 le oferă pentru cerințele Etapei 2. În Raportul științific detaliat încărcat pe platforma proiectului P5 (<http://www.cidsacteh.ugal.ro>), se pot vizualiza soluțiile și rezultatele cercetării aferente **Etapei 2. "Proiectarea și integrarea structurilor de conducere inteligentă și distribuite a sistemelor autonome în servicii de deservire medico-socială și linii de fabricație de laborator"**.

REZULTATE ETAPA 2: S-au obținut următoarele rezultate: Structură de conducere inteligentă și structură de navigare pentru SAC-SI, "Cirrus Power Wheelchair" integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilități neuro-motorii severe; Structură de evitare a obstacolelor (bazată pe senzori de tip laser și video) ce deservește scaunul cu roțile de tip "Cirrus Power Wheelchair" (SAC-SI) integrat în tehnologia de asistare a persoanelor cu dizabilități neuro-motorii severe; Structură de conducere avansată bazată pe senzori performanți și sistem servoing vizual mobil a manipulatorului Cyton 1500 care echipează SAC-SI;

DISEMINARE: Articole (ISI Proceedings sau BDI)

1. R. Solea, A. Margarit, D. Cernega, A. Serbencu, "Head Movement Control of Powered Wheelchair", IEEE - 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 9-11 Oct. 2019, Sinaia, Romania, DOI: 10.1109/ICSTCC.2019.8885844

LOCURI DE MUNCA SUSTINUTE PRIN PROGRAM: Echipa de proiect care a contribuit la cercetări în Etapa 2. Proiect 5, este formată din 3 (trei) cercetători (inclusi în lista de personal a proiectului 5).

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

SERVICII DE CERCETARE ȘI 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.

Director proiect complex
Prof. Dr. Ing. Adrian FILIPESCU

