

## **Raport stiintific**

*privind implementarea proiectului PN-II-ID-PCE-2011-3-0641*

### **CONDUCEREA AVANSATA A SISTEMELOR DE FABRICATIE REVERSIBILE, DE ASAMBLARE SI DEZASAMBLARE, UTILIZAND ROBOTI MOBILI ECHIPATI CU MANIPULATOARE ROBOTICE**

*pe toata perioada de executie a proiectului pana in prezent*

**Assoc Prof. Ph. D. Eng. Alina VODA**-project leader, principal investigator, Ph.D. in Control Systems, Ph.D. supervisor in Control Systems;

**Prof., Ph.D., Eng. Adrian FILIPESCU** - senior researcher, University "Dunarea de Jos" of Galati, Ph.D. in Control Systems (Contributions to the synthesis of systems with variable structure and adaptive), Ph.D. supervisor in Control Systems;

**Assoc Prof., Ph. D. Eng. Eugenia MINCA** -senior researcher, University "Valahia" of Targoviste, Ph.D. in Control Systems (Contribution to the supervision of production systems using fuzzy Petri nets: application to the e-maintenance), second Ph. D in Industrial Engineering;

**Assistant, Ph.D., Eng. Otilia DRAGOMIR** -Postdoctoral researcher, University "Valahia" of Targoviste, Ph.D. in Control Systems (Contribution to prognosis failures of production, by neuro-fuzzy network: control of the prediction error);

**Eng. Bogdan DUMITRASCU**, - Ph.D. student in Control Systems (contributions to control, navigation and obstacle avoidance of mobile robots and autonomous vehicles), University "Dunarea de Jos" of Galati, Adrian Filipescu is his Ph.D supervisor; **pe 29-noiembrie-2012 a susținut public teza de doctorat cu Adrian Filipescu și Eugenia Mincă membri în comisia de susținere publică.**

**Lecturer eng. Adriana SERBENCU**, Ph.D. student in Control Systems (contributions to intelligent control of collaborative mobile robots), University "Dunarea de Jos" of Galati, Adrian Filipescu is her Ph.D. supervisor;

**Eng. Adrian RADASCHIN**, Ph.D. student in Control Systems (contributions to the intelligent control of mobile robots integrated in flexible manufacturing lines), University "Dunarea de Jos" of Galati, Adrian Filipescu is his Ph.D supervisor, Alina Voda is his Ph.D co-supervisor; **pe 29-noiembrie-2012 a susținut public teza de doctorat, cu Adrian Filipescu, Alina Vodă și Eugenia Mincă membri în comisia de susținere publică.**

**Eng. Silviu FILIPESCU** Ph.D. student in Electrical Engineering (contributions to advanced control of mechatronic lines served by mabile platform equipped with manipulators using DSPs and embedded systems), Polytechnic University of Bucharest, Liviu Kreindler his Ph.D supervisor. Eng Silviu Filipescu Replace in the research team Ph.D student eng. Adrian Enache who renounced to doctoral studies and to research team project;

**Eng. Cristian VASILACHE**, Ph.D. student in Control Systems (contributions to the control of mobile robots equipped with robotic manipulators by biometric techniques), University "Dunarea de Jos" of Galati, Adrian Filipescu is his Ph.D supervisor, Alina Voda is his Ph.D co-supervisor.

Mai jos, se raporteaza rezultate stiintifice obtinute si diseminarea lor la fiecare din cele 5 obiective din propunerea de proiect:

**OB1)** Obtinerea de modele cinematice si dinamice pentru robotii mobili cu doua roti motoare si una libera (2DW/1SW), cu doua roti motoare si doua libere (2DW/2SW) si cu patru roti motoare si directoare 4DW/SW, echipati cu manipuloare robotice pentru transportul sarcinilor de greutate : mica, medie si mare.

Pentru a face reversibila o linie flexibila de asamblare, adica sa execute si dezasamblare, se vor utiliza roboti mobili echipati cu manipuloare robotice care vor transporta componentele din locatiile unde se efectueaza dezasamblarea catre locatiile magaziiilor de depozitare si de unde se preiau piesele pentru asamblare.

Pentru transportul pieselor de greutate mica (pana la 450g) s-a utilizat robotul mobil 2DW/1FW Pioneer 3-DX ce are montat manipulatorul cu articulatii si brate rigide Pioneer 6-DOF Arm (figurile 1 si 2). Conducerea ansamblului manipulator robotic-platforma mobila s-a diseminat prin lucrarea la care prim autor este directorul de proiect, iar drept coautori sunt doi cercetatorii seniori din echipa proiectului:

A. Besançon-Voda, A. Filipescu, I. Susnea, E. Minca, "Control and Obstacle Avoidance of a Mobile Platform Used as Robotic Assistant for Elderly and Disabled", The 6th National Conference on "Control Architectures of Robots", May 24-25, 2011, Grenoble, FRANCE;



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8

Pentru transportul pieselor de greutate medie (pana la 1kg) se va utiliza robotul mobil 2DW/2FW, PatrolBot (Figura 3) care permite montat manipulatorul cu articulatii si brate rigide 6-DOF Cyton 2 Premium P-Series Robot Arm. Manipulatorul este prevazut a se achizitiona in decursul anului 2014, iar platforma mobila PatrolBot echipata cu manipulatorul care sa deserveasca liniile flexibile de fabricatie va face obiectul cercetarii in anul 2014.

Pentru transportul pieselor de greutate mare (pana la 5 kg) se vor utiliza robotii mobili: 2DW/2FW, PowerBot (Figura 4) si 4DW/SW Seekur (Figura 6) care permite montarea manipuletoarelor cu articulatii si brate rigide 6-DOF Adept Robot Arm (Figura 4), pe PowerBot, si 6-DOF Seekur Outdoor manipulator (Figura 5). Manipuletoarele sunt prevazute a se achizitiona in decursul anului 2014.

Rezultatele privind modelarea si conducerea platformelor mobile Pioneer 3-DX si PatrolBot s-au diseminat prin publicatii anterioare anului 2011, iar pentru robotii mobili PowerBot si Seekur s-au diseminat prin urmatoarele lucrari:

Filipescu, A.; Minzu, V.; Dumitrascu, B.; Filipescu, A.; Minca, E. Trajectory-tracking and discrete-time sliding-mode control of wheeled mobile robots, 2011 IEEE International Conference on Information and Automation, pp. 27-32, E-ISBN: 978-1-4577-0269-3, Print ISBN: 978-1-4577-0268-6, Digital Object Identifier: [10.1109/ICINFA.2011.5948958](https://doi.org/10.1109/ICINFA.2011.5948958), 6-8 June 2011, Shenzhen, China.

Dumitrascu, B.; Filipescu, A.; Vasilache, C.; Minca, E.; Filipescu, A.; Discrete-time sliding-mode control of four driving/steering wheels mobile platform, The Proceedings of 19<sup>th</sup> IEEE Mediterranean Conference on Control & Automation, pp. 1076 – 1081, ISBN: 978-1-4577-0124-5, Digital Object Identifier: 10.1109/MED.2011.5983167, 20-23 June 2011, Corfu, Greece.

Dumitrascu, Bogdan; Filipescu, Adrian; Minzu, Viorel; Voda, Alina; Minca, Eugenia., Discrete-time sliding-mode control of four driving-steering wheels autonomous vehicle, Proceedings of the 30<sup>th</sup> Chinese Control Conference (CCC 2011), pp. 3620 – 3625, ISSN: 1934-1768, ISBN: 978-1-4577-0677-6, 22-24 July 2011, Yanthai, China.

Bogdan Dumitrascu, Adrian Filipescu, Viorel Minzu and A. Filipescu Jr.; -Backstepping Control of Wheeled Mobile Robots, Proceeding of 15<sup>th</sup> IEEE International Conference in System Theory, Control and Computing, ICSTCC2011 pp:206-211, 14-16 Oct., Sinaia, Romania, 2011, ISBN: 978-973-621-323-6;

Filipescu A., Minzu V. Filipescu A. Jr. Minca E. Discrete-Time Sliding-Mode Control of a MobilePlatform with Four Driving/Steering Wgeels, Lecture Notes in Electrical Engineering, 122, ISSN 1876-1100, Gary Lee Editor, Advances in Automation and Robotics, Vol. 1, LNEE 122, pp. 401–409. springerlink.com © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011, Selected Papers from the 2011 International Conference on Automation and Robotics (ICAR 2011), Dubai, December 1–2, 2011 ISBN 978-3-642-25552-6, e-ISBN 978-3-642-25553-3, DOI 10.1007/978-3-642-25553-3

B. Dumitrascu, A. Filipescu, A. Voda, E. Minca, S. Filipescu G. Petrea, Laser-based Obstacle Avoidance Algorithm for Four Driving/Steering Wheels Autonomous Vehicle International Conference on System Theory, Control and Computing, Joint Conference SINTES 16, SACCS 12, SIMSIS 16, Proceedings of the 17th IEEE, International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC2013 11-13, Oct. Sinaia, 2013, pp. 187-192, 978-1-4799-2228-4/13/\$31.00 ©2013 IEEE.

Adrian Radaschin, Adrian Filipescu, Viorel Minzu, Eugenia Minca and Adriana Filipescu-Adaptive disassembly sequence control by using mobile robots and system information, Proceeding of 15<sup>th</sup> IEEE International Conference in System Theory, Control and Computing, pp: 499-505, 14-16 Oct., Sinaia, Romania, 2011, ISBN: 978-973-621-323-6;

**OB2) a)** Proiectarea unui instrument Retea Petri Hibrida (RPH) dedicata pentru modelarea sistemelor hibride, linii reversibile de fabricatie deservite de roboti mobili echipati cu manipuloare robotice pentru modelarea componentelor temporale si cu variatie continua (Retele Petri cu viteza constanta).

**OB2) b)** Proiectarea modelului RPH pentru ordonantarea operatiilor pe o linie flexibila de fabricatie.

Mai intai s-au elaborat si simulat modelele cu Retele Petri Temporizate (RPT) pentru a face liniile de mecatronică, de asamblare/dezasamblare, Hera&Horstmann, (figurile 7, 8, 9, 10, 12) si prelucrare/reprelucrare, Festo MPS-200, (figurile 13, 14 15) complet reversibile, adica sa faca asamblare și dezamblare completă, respectiv prelucrare si reprelucrare completa. Liniile sunt deservite de un singur robot mobil echipat cu manipulator.

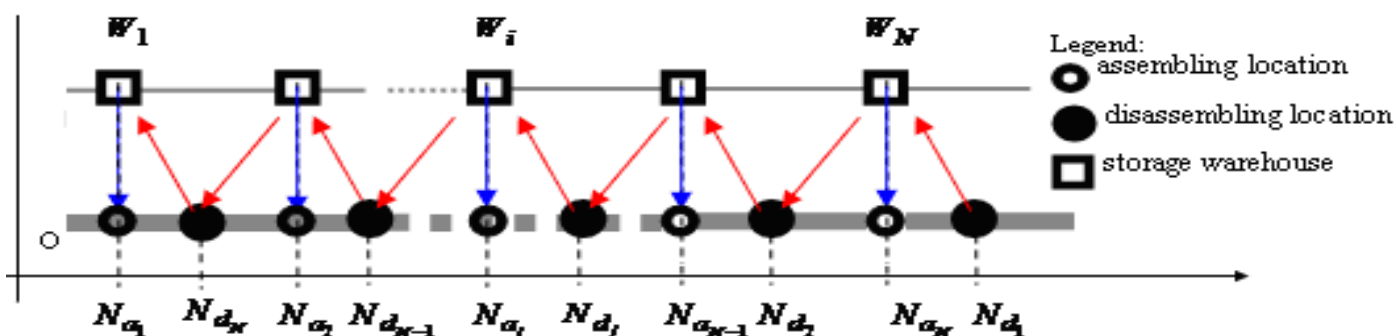


Figura 9. Distribuția locatiilor de asamblare si dezamblare impreuna cu magaziiile de depozitare pe linia Hera &Horstmann (N=5)

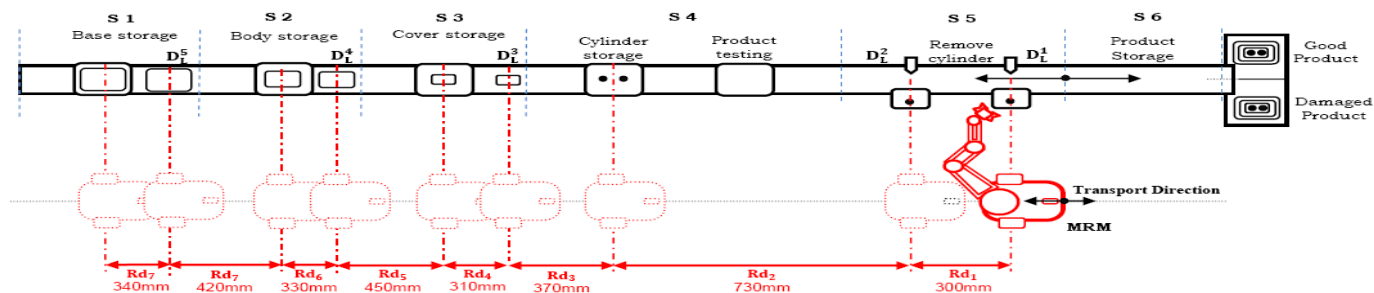


Figura 10. Linia reversibila de asamblare/dezasamblare Hera&Horstman deservita de robotul mobil Pioneer 3-DX echipata cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm

Modelul RPT discret al linii de asamblare/dezasamblare Hera&Horstmann deservita de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 6-DOF Arm a fost diseminat prin publicatiile:

A. Radaschin, A. Voda, E. Minca, A. Filipescu, Task Planning Algorithm in Hybrid Assembly/Disassembly Process, 14th IFAC Conference on Information Control Problems in Manufacturing, (INCOM 2012), May 23-25, 2012, Bucharest, ISSN: 1474-6670; ISBN: 978-3-902661-98-2, pp. 267-272, IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)

Adrian Filipescu, Silviu Filipescu, Eugenia Minca, Hybrid System Control of an Assembly/Disassembly Mechatronics Line Using Robotic Manipulator Mounted on Mobile Platform, The 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA2012), 18-20 July, 2012, Singapore, pp. 433-438, IEEE Catalog Number CFP 1220A-CDR, ISBN: 978-1-4577-2117-5.

A. Voda, A. Radaschin, E. Minca, A. Filipescu, Control of Automatic Robot with Guided Manipulator Integrated into Flexible Manufacturing System Using Hybrid Petri Nets, IEEE International Conference on System Theorie, Control and Computing, Joint Conference SINTES 16, SACCS 12, SIMSIS 16, Proceedings of the 16th IEEE International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC2012, Sinaia, 12-14, Oct, 2012 ISBN 978-606-834-848-3, IEEE Catalog Number CFP1236P-CDR.

E. Minca, V. Stefan, A. Filipescu, A. Serbencu, A. Filipescu Jr., Two Approaches in Modeling of Assembly/Disassembly Line with Integrated Manipulator Mounted on Mobile Platform, International Conference on System Theory, Control and Computing, Joint Conference SINTES 16, SACCS 12, SIMSIS 16, Proceedings of the 16th IEEE, International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC2012 12-14, Oct. Sinaia, 2012, ISBN 978-606-834-848-3, IEEE Catalog Number CFP1236P-CDR.

S-a elaborat modelul RPT discret pentru a face reversibila linia de mecatronica de prelucrare FESTO MPS-200, reversibila, adica sa execute si reprelucrare. De menționat ca această linie de mecatronică împreună cu echipamentele aferente de conducere a fost achiziționată prin proiect. Modelarea procesului de prelucrare pe linia flexibilă FESTO MPS-200 deservită de un robot mobil echipat cu manipulator utilizând RPT este prezentată în Figura 15. Considerând planificarea taskurilor din Figura 14, RP temporizată reprezintă modelul liniei flexibile FESTO MPS-200, model prin care se evidențiază procesul real de prelucrare deservită de un robot mobil cu manipulator în abordare SED.

Modelul RPT discret al linii de prelucrare/reprelucrare FESTO MPS-200 deservita de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 6-DOF Arm a fost diseminat prin publicatia:

A. Filipescu Jr., G. Petrea, A. Filipescu, E. Minca, S. Filipescu-Discrete modelling based control of a processing/reprocessing mechatronics line served by an autonomous robotic system, The 4th IEEE International Symposium on Electrical, and Electronics Engineering, ISEEE 2013, 11-13, Oct, Galati, 2013, 978-1-4799-2442-4/13/\$31.00 ©2013 IEEE

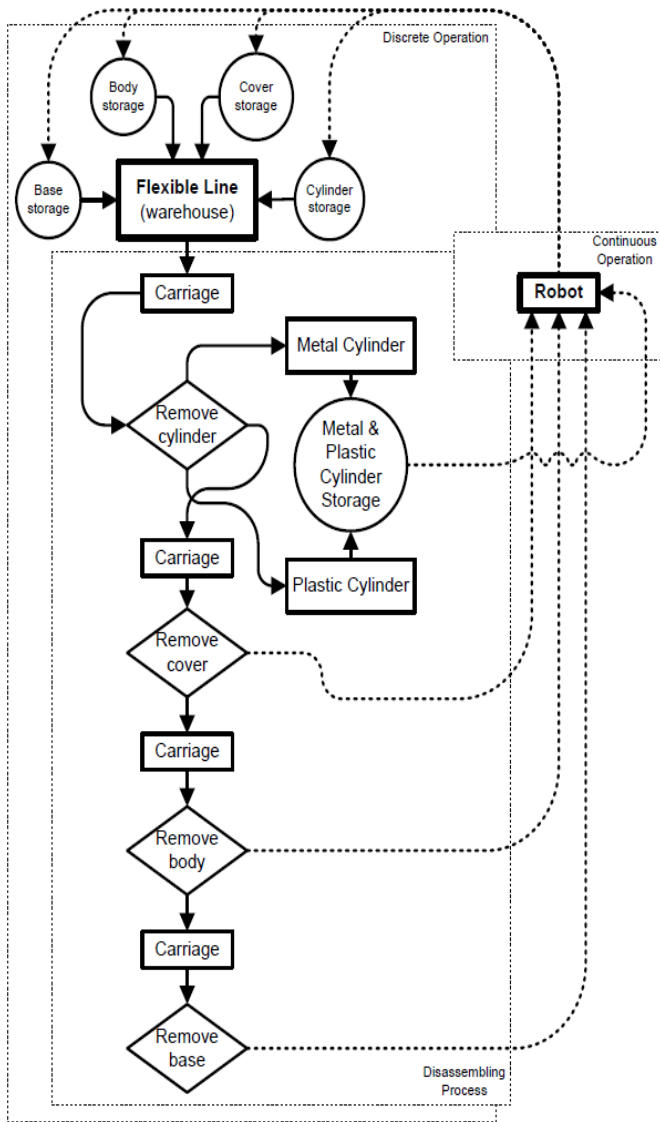


Figura 11. Planificarea taskurilor pe linia Hera & Horstmann

Figura 12. Modelul RPT al liniei Hera&Horstman

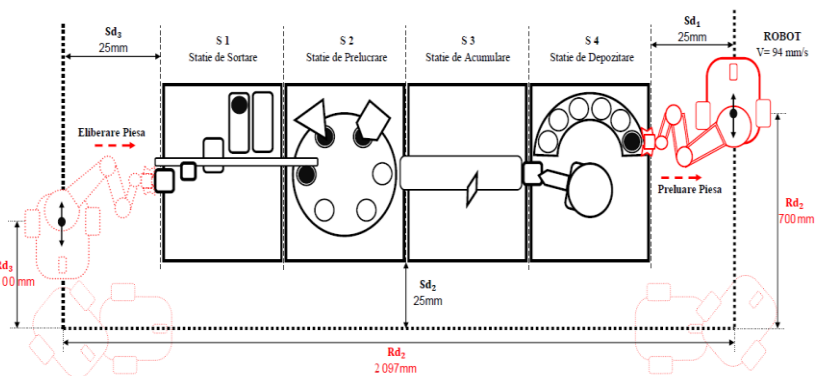
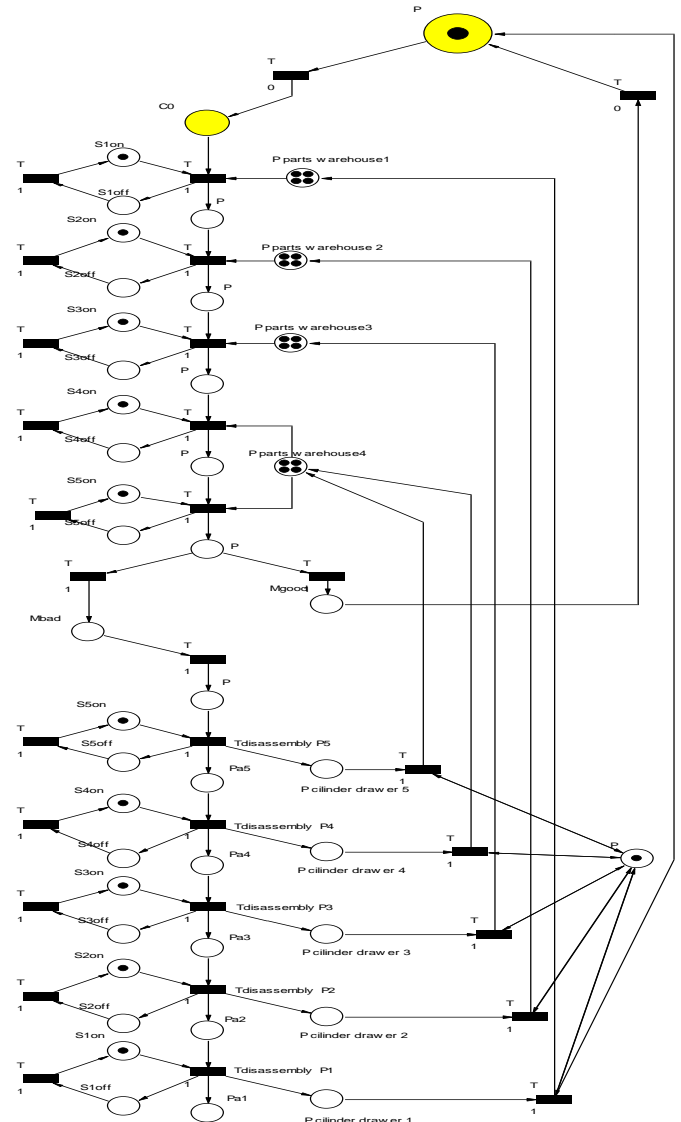


Figura 13 Linia de prelucrare FESTO MPS-200 deservita de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulator



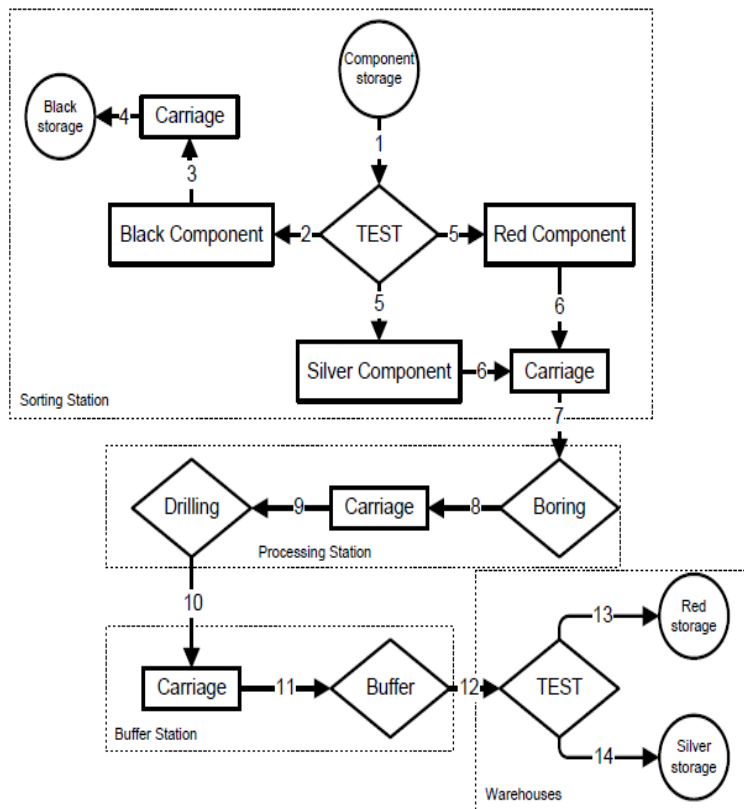


Figura 14. Planificarea taskurilor pe linia FESTO

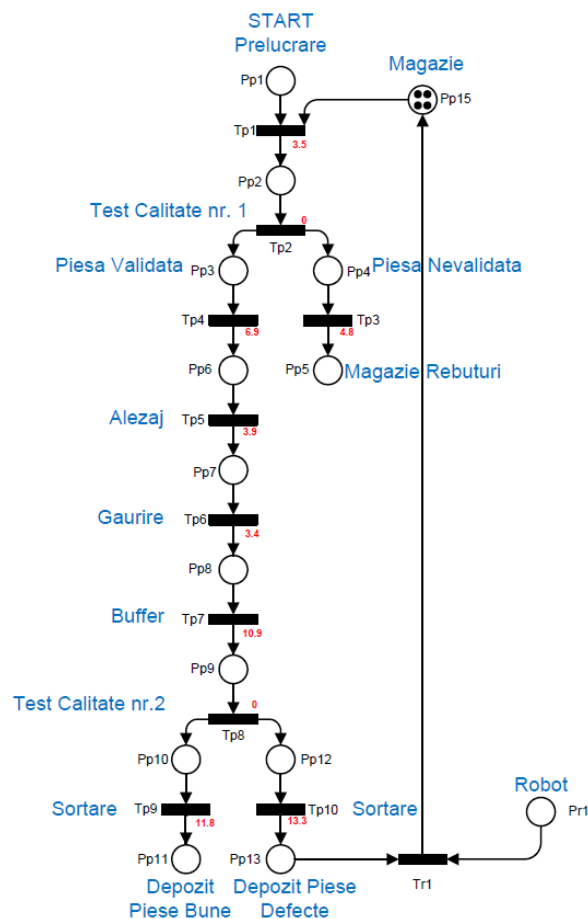


Figura 15. Modelul RPT al liniei FESTO

Pentru elaborarea modelului global al asamblării și/sau dezasamblării, se va considera aspectul hibrid al procesului de asamblare/dezasamblare, proces deservit de platforma mobilă. Instrumentul dedicat modelării sunt Retele Petri Hibride (RPH) care integrează atât aspectul discret (în modelarea proceselor de asamblare/dezasamblare) dar și cel continuu, deplasarea robotului mobil (wheeled mobile robot- WMR) și acțiunile lui de manipulare (robotic manipulator-RM) a componentelor. Modelul final este de tip *RPH sincronizat* (RPHS sau, în limba engleză Synchronized Hybrid Petri Nets, SHPN, Temporized Petri Nets, TPN, Temporized Hybrid Petri Nets, THPN) deoarece este interfațat cu evenimente externe de sincronizare, într-o abordare a modelării/simulării în timp real (Figurile 16, 17, 18 și 19).

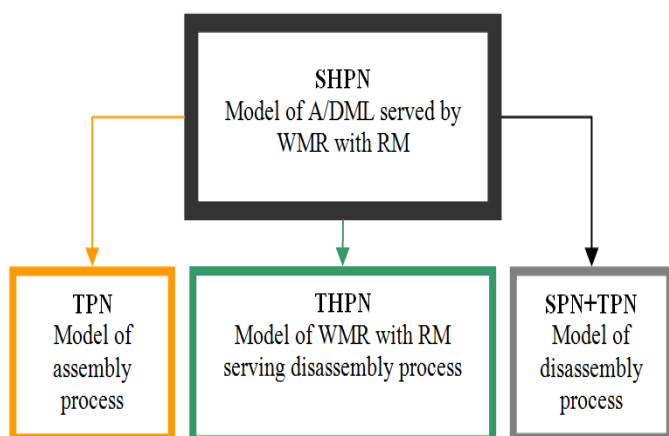


Figura 16 Structura modelului hibrid sincronizat

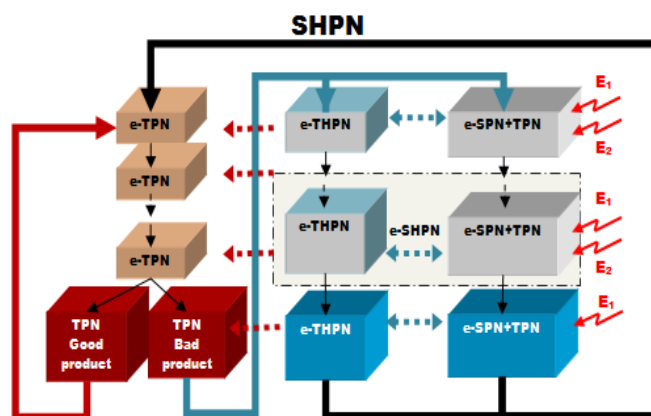


Figura 17 Module elementare e-TPN și e-SHPN

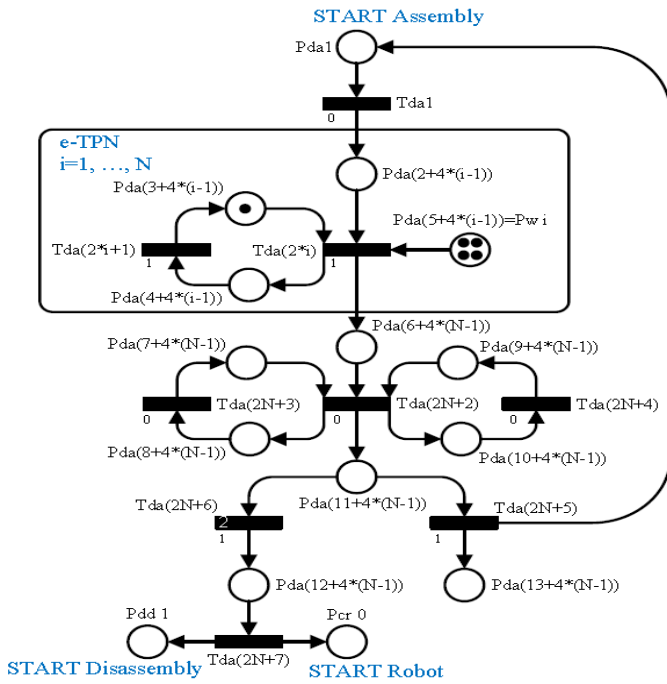


Figura 18. Modelul TPN al asamblării pe linia H&H

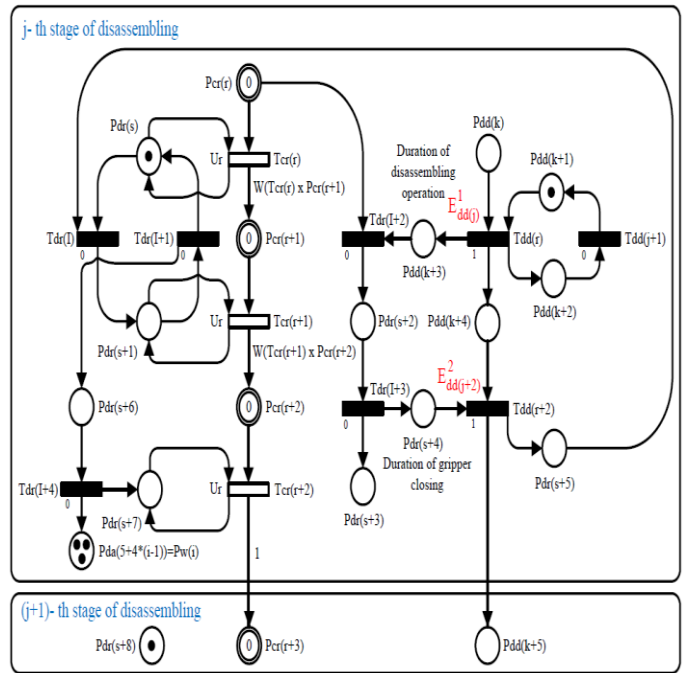


Figura 19. Modelul e-SHPN pentru prima dezasamblare

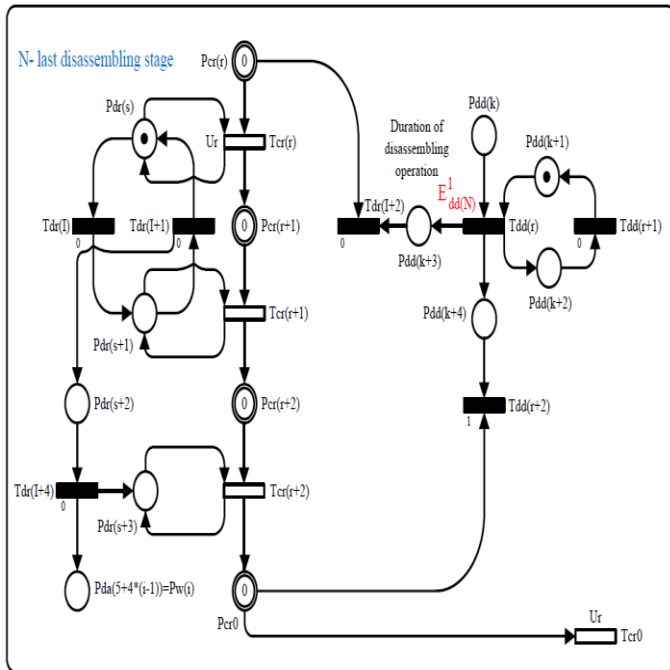


Figura 20. Modelul e-SHPN pentru ultima dezasamblare

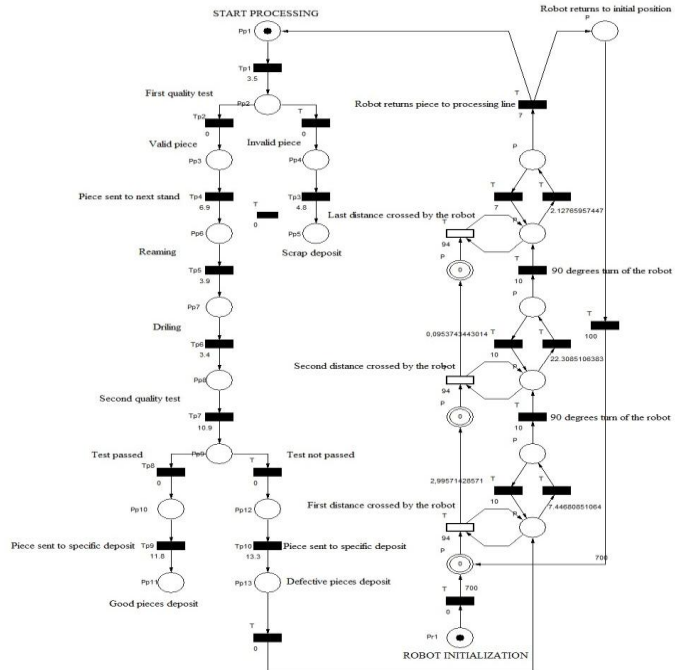


Figura 21 Modelul hibrid HPN al liniei FESTO

Modelul RPH al liniei de asamblare /dezasamblare Hera&Horstmann a fost simulat in mediul Sirphyco iar rezultatele sunt prezentate in figurile 22 si 23. Se constata din simulare ca evolutia sistemului respecta distantele din figura 10.

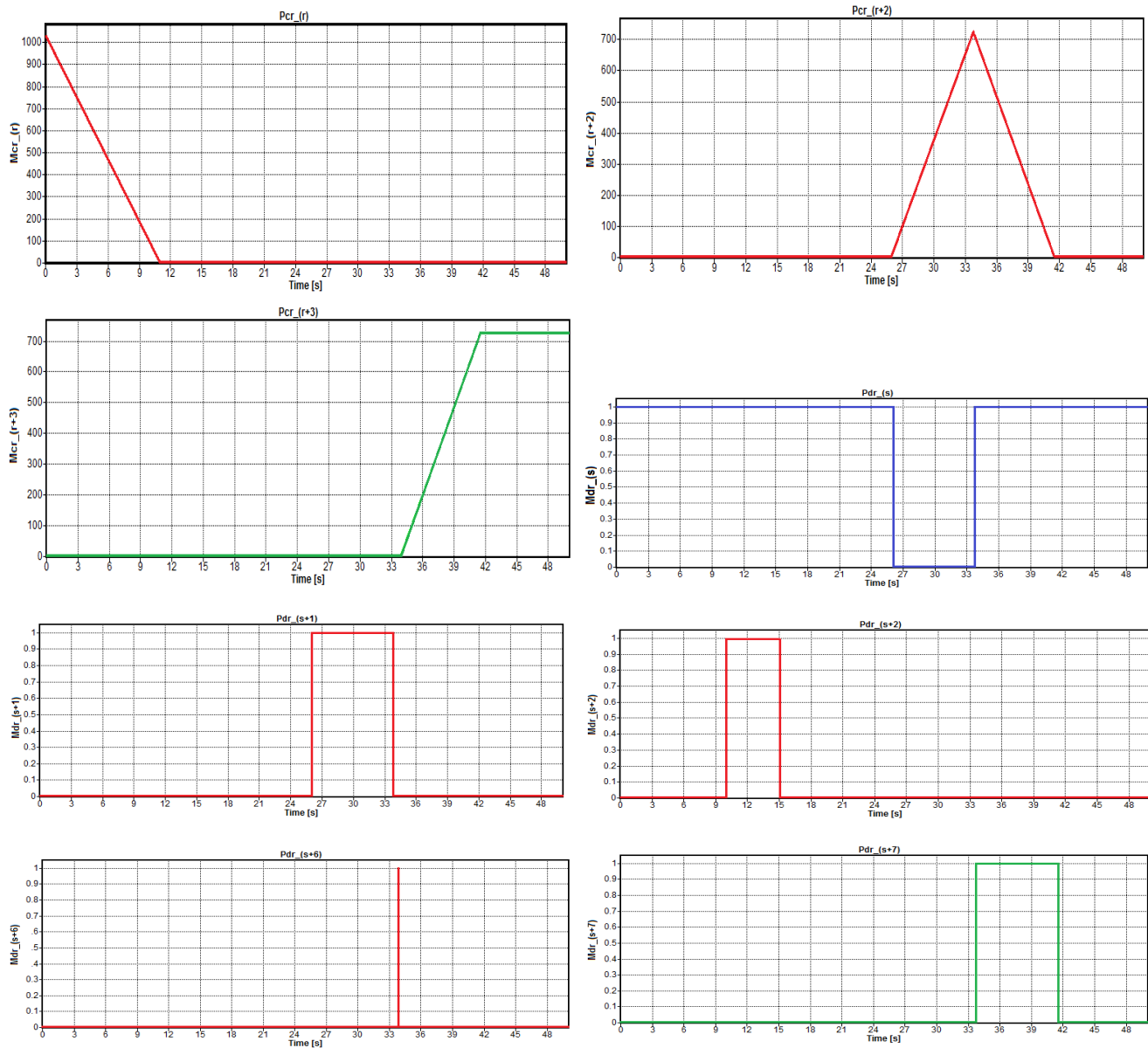
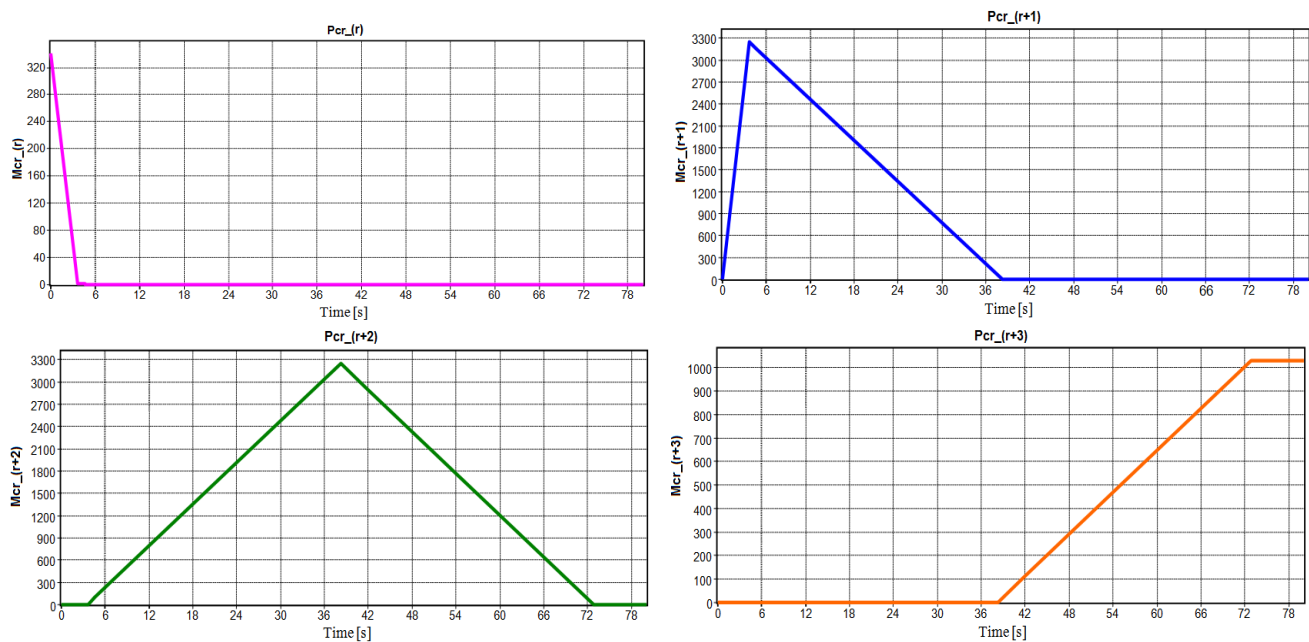


Figura 22. Variatia starilor continue si discrete asociate deplasarii platformei mobile echipata cu manipulator corespunzatoare primei perioade de dezasamblare.





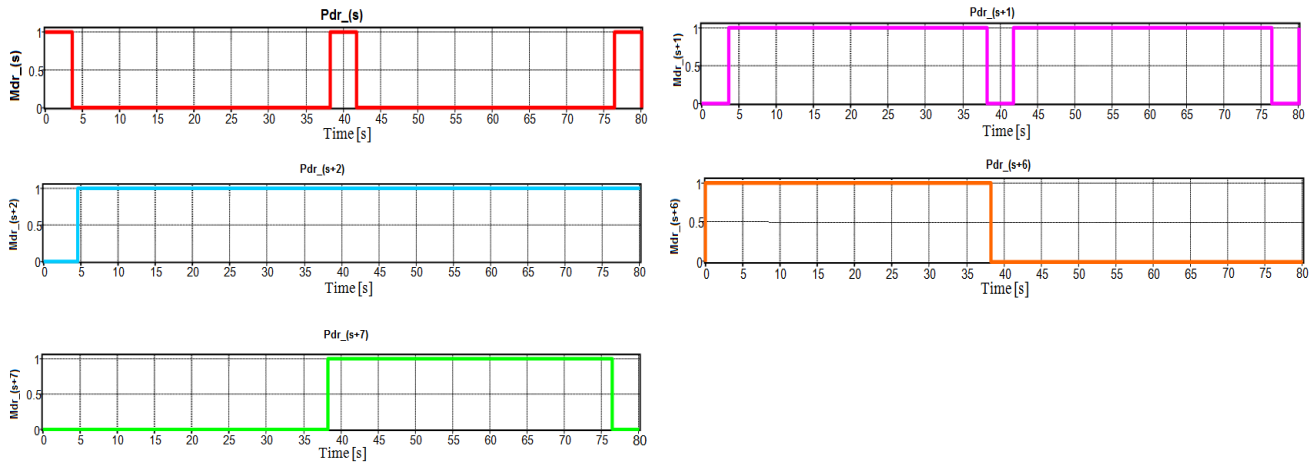


Figura 23. Variatia starilor continue si discrete asociate deplasarii platformei mobile echipata cu manipulator corespunzatoare ultimei perioade de dezasamblare.

Modelul hybrid RPHS al linii de asamblare/dezasamblare Hera&Horstmann deservita de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 6-DOF Arm a fost disseminat prin publicatiile:

E. Minca, V. Stefan, A. Filipescu, A. Serbencu, A. Filipescu Jr., -Two Approaches in Modeling of Assembly/Disassembly Line with Integrated Manipulator Mounted on Mobile Platform, International Conference on System Theory, Control and Computing, Joint Conference SINTES 16, SACCs 12, SIMSIS 16, Proceedings of the 16th IEEE, International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC2012 12-14, Oct. Sinaia, 2012, ISBN 978-606-834-848-3, IEEE Catalog Number CFP1236P-CDR.

Eugenia Minca, Adrian Filipescu and Alina Voda, -New Approach in Control of Assembly/Disassembly Line Served by Robotic Manipulator Mounted on Mobile Platform, 2012 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2012), ISBN:978-1-4673-2126-3, pp.235-240. 11-14 Dec, 2012, Guangzhou, China.

A. Filipescu, E. Minca, A. Filipescu Jr., G. Petrea, Modeling and Control of Assembly/Disassembly Mechatronic Line Served by Robotic Manipulator Mounted on Mobile Platform THE ANNALS OF "DUNĂREA DE JOS" UNIVERSITY OF GALATI FASCICLE III, ISSN 1221-454X, YEAR 2012: VOLUME 35, NUMBER 1, ELECTROTECHNICS, ELECTRONICS, AUTOMATIC CONTROL, INFORMATICS, pp.17-22.

Minca, A FUZZY APPROACH OF THE OPTIMAL ANALYSIS BASED OF FAILURE STATES IN MANUFACTURING SYSTEMS, THE ANNALS OF "DUNĂREA DE JOS" UNIVERSITY OF GALATI FASCICLE III, ISSN 1221-454X, YEAR 2012: VOLUME 35, NUMBER 1, ELECTROTECHNICS, ELECTRONICS, AUTOMATIC CONTROL, INFORMATICS, pp.5-10.

Eugenia Minca, Alina Voda Adrian Filipescu and Adriana Filipescu, Hybrid Model Based Control of a Mechatronics Line Served by Mobile Robot with Manipulator, In Proceedings of the 8<sup>th</sup> IEEE International Conference on Industrial and Electronic Application (ICIEA2013), pp. 1296-1301, ISBN: 978-1-4673-6322-8, 19-21, June, 2013, Melbourne, Australia.

Eugenia MINCA, Adrian FILIPESCU, Alina VODA, A Theoretical Approach of the Generalized Hybrid Model Based on the Control of Repetitive Processes, In Proceedings of the 9<sup>th</sup> Asia Control Conference (ASCC2013), ISBN:978-1-4673-5769-2, 23-26 June, 2013, Istanbul, Turkey.

Eugenia MINCA, Adrian FILIPESCU, Alina VODA, Modelling and Control of an Assembly/Disassembly Mechatronics Line Served by Mobile Robot with Manipulator, submitted to IFAC Elsevier Journal *Control Engineering Practice*, ISSN: 0967-0661, impact factor:1,669, manuscript number: CONENGPRAC-D-13-00474, status: under review.

Minca E., "A Theoretical Approach of the Time Cycle Optimisation Based Control of a Mechatronics Line Served by Mobile Robot, Applied Mechanics and Materials", Vols. 321-324 (2013) pp 1666-1669, ©(2013) Trans Tech Publications, Switzerland, DOI: 10.40128/[www.scientific.net/AMM.321-324.1666](http://www.scientific.net/AMM.321-324.1666).

Modelul RPH al liniei de prelucrare/reprelucrare Festo MPS-200 a fost simulat în mediul Sirphyco iar rezultatele sunt prezentate în figura 24. Se constată din simulare că evoluția sistemului respectă distanțele din figura 13.

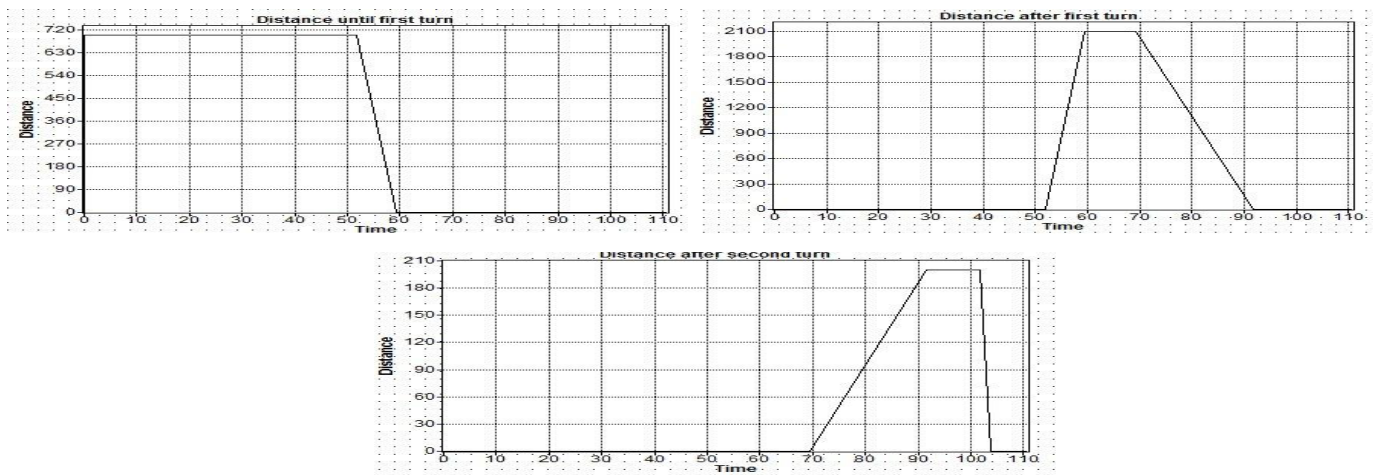


Figura 24. Variația stărilor continue și discrete asociate deplasărilor platformei mobile echipată cu manipulator

Modelul hibrid, RPH, al liniei de prelucurare/reprelucrare FESTO MPS-200 deservită de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 6-DOF Arm a fost diseminat prin publicatia:

G. Petrea, A. Filipescu, E. Minca, A. Voda A. Filipescu Jr., A. Serbencu, Hybrid modeling based control of an processing/reprocessing mechatronics line served by an autonomous robotic system, International Conference on System Theory, Control and Computing, Joint Conference SINTES 16, SACCs 12, SIMSIS 16, Proceedings of the 17th IEEE, International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC2013 11-13, Oct. Sinaia, 2013, pp. 410-415, 978-1-4799-2228-4/13/\$31.00 ©2013 IEEE.

**OB3) a)** Proiectarea unui supervisor de timp real pentru o linie de fabricație reversibilă deservită de roboți mobili echipați cu manipuloare.

**OB3) b)** Proiectarea unui supervisor pentru o linie de fabricație reversibilă ținând cont de restricțiile de operare ale roboților mobili, 2DW/1SW, 4DW/SW 2DW/2SW, care le deservesc, liniile fiind tratate ca sisteme cu evenimente discrete, restricțiile fiind generate de aplicarea procedurilor de echilibrare.

**OB4)a)** Proiectarea unui supervisor pentru o linie de fabricație reversibilă pentru conducerea unei linii de asamblare deservită de roboți mobili echipați cu manipuloare pentru a executa și dezasamblare

Implementarea în timp real are la bază utilizarea programului LabVIEW 2010 pentru dezvoltarea unei aplicații grafice de control și conducere a liniei flexibile HERA&Horstmann deservită de robotul mobil Pioneer P3-DX echipat cu manipulator Pioneer 6-DOF Arm în procesul de asamblare și dezasamblare completă a unui produs. Prin această aplicație se va conduce în timp real procesul de asamblare/dezasamblare și se va sincroniza robotul mobil astfel încât să se execute operații de dezasamblare concomitent cu operațiile robotului mobil. Programarea proceselor automatizate de asamblare/dezasamblare pe linia mecatronică se realizează prin programarea modulelor AP SIEMENS în limbajul de programare dedicat Simatic STEP 7. Comunicarea dintre AP al liniei flexibile HERA & Horstmann și stația de lucru care asigură sincronizarea cu platforma robotică se face prin intermediul plăcii de achiziție DAQ NI USB-6008, Figura 26. Interfața grafică de conducere, realizată în mediul LabVIEW, este prezentată în Figura 25.

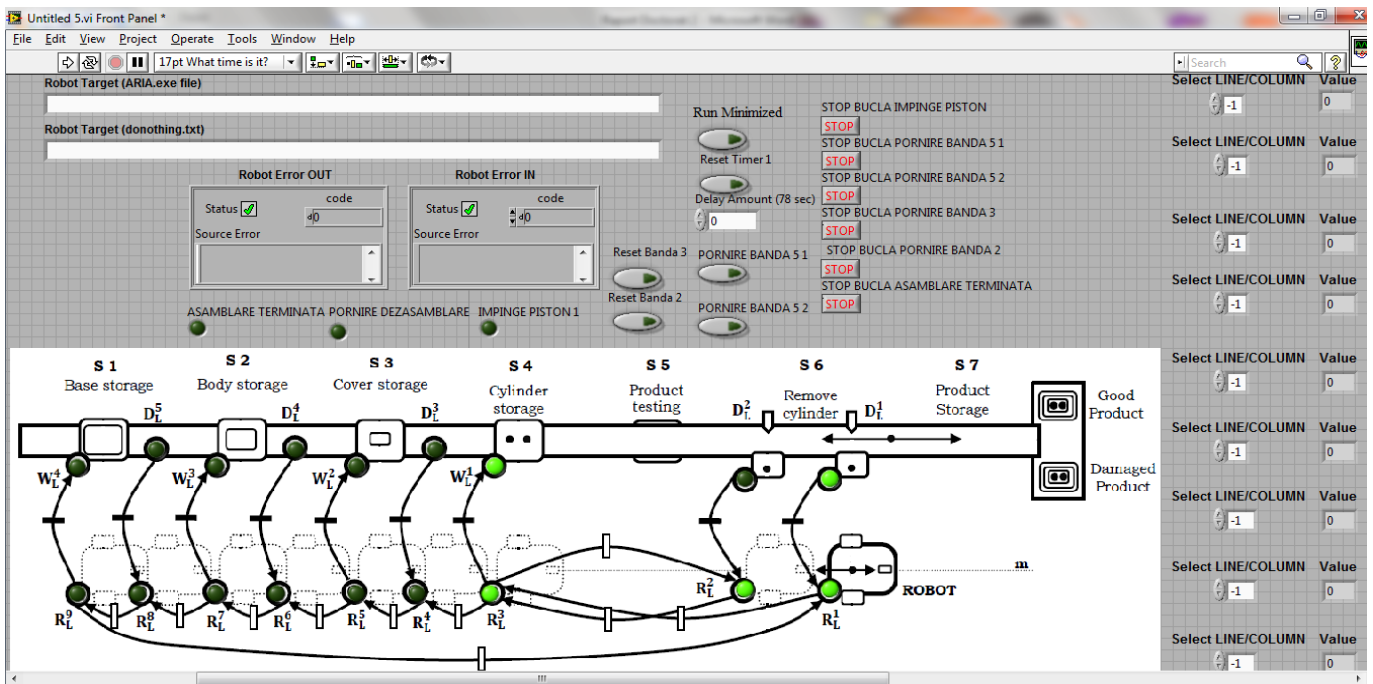


Figura 25. Interfața grafică de conducere în mediul LabVIEW

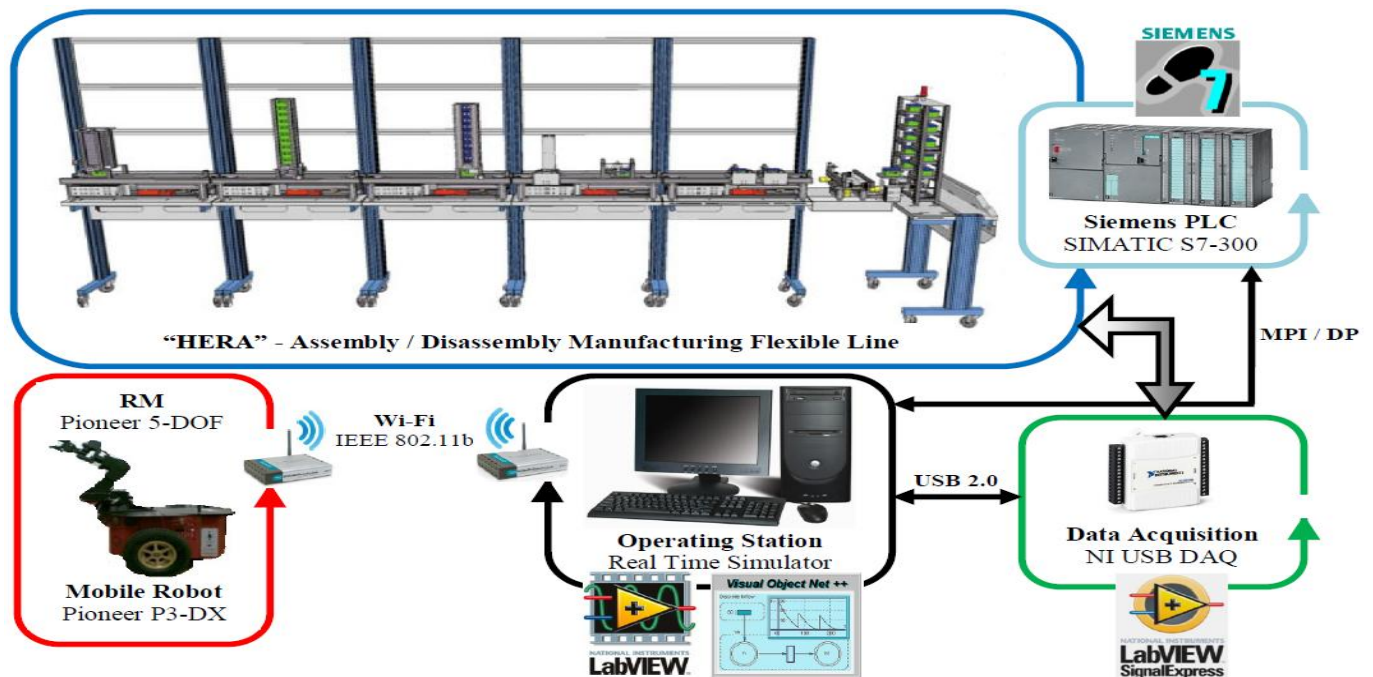


Figura 26. Schema bloc a comunicației dintre echipamentele utilizate în conducerea liniei flexibile HERA & Horstmann deservită de un robot mobil Pioneer P3-DX

Programul de conducere a întregului proces de asamblare și dezasambalare este împărțit în două bucle locale de conducere, Figura 27. Prima buclă de conducere are ca obiectiv controlul procesului de asamblare/dezasamblare a liniei flexibile HERA & Horstmann. Această buclă de conducere este implementată în automatul programabil SIEMENS S7-300 cu procesor 314-2 DP și programată în mediul de programare Simatic STEP 7. A doua buclă de conducere locală o reprezintă algoritmul de conducere al robotului mobil Pioneer P3-DX echipat cu manipulator. Algoritmul de conducere este implementat într-un fisier de tip executabil care este lansat în aplicație de programul LabVIEW. În urma derulării fisierului executabil sunt scrise în fișiere de tip .txt variabile care reprezintă poziția robotului mobil echipat cu manipulator din cadrul procesului de dezasamblare. Programul LabVIEW citește variabilele din fișierele .txt, actualizează interfața grafică cu noua poziție a robotului și intervine în algoritmul de sincronizare al operațiilor de dezasamblare deservită de robotul mobil echipat cu manipulator.

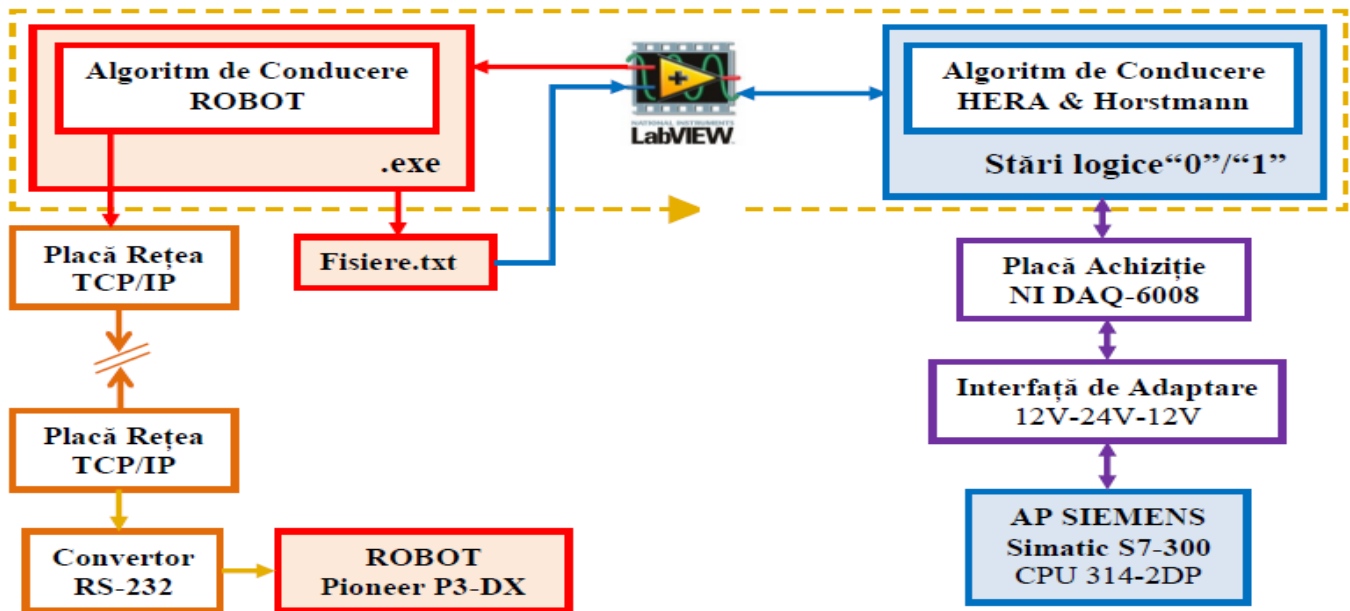


Figura 27. Schema bloc a programului de conducere în timp real din mediul LabVIEW

În cadrul procesului de testare în timp real din mediul de programare grafică LabVIEW se poate observa în Figura 28 evoluția operației de dezasamblare a unei componente, prin preluarea de către manipulator a primului cilindru, transportul acestuia cu ajutorul platformei mobile până la deposit și eliberarea acestuia.

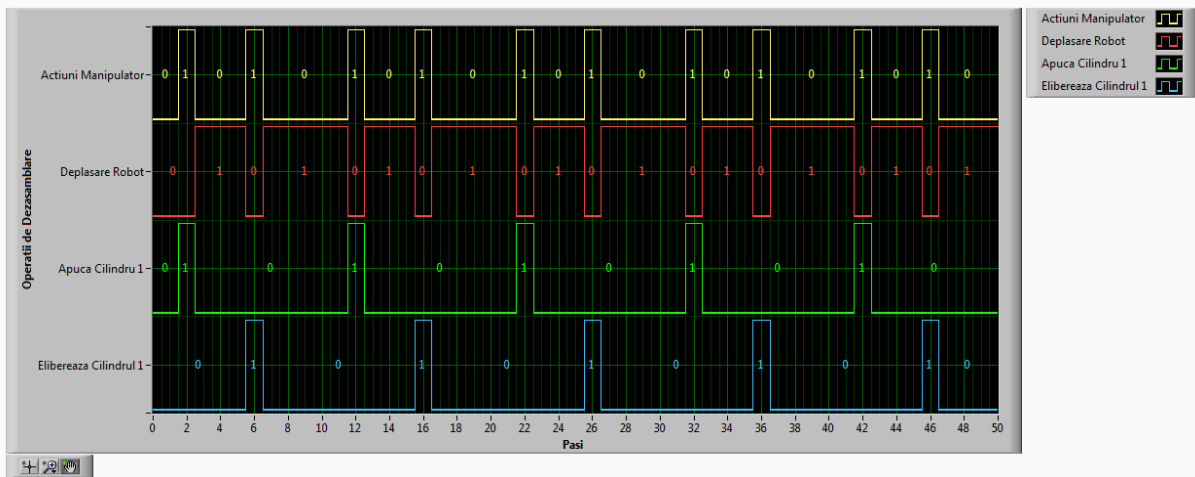


Figura 28. Operația de dezasamblare a unei componente

În Figura 29 este prezentată evoluția întregului proces de dezasamblare a unui produs și momentele în care manipulatorul deservește linia flexibilă.

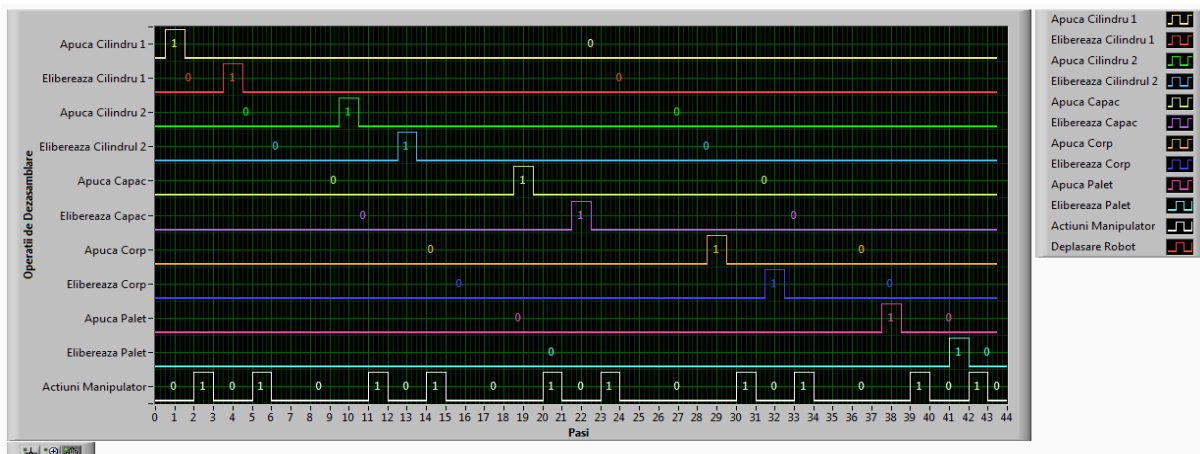


Figura 29. Operațiile de dezasamblare a unui produs

În Figura 30 se observă acțiunile de deplasare a robotului mobil în cadrul procesului de dezasamblare și operațiile manipulatorului.

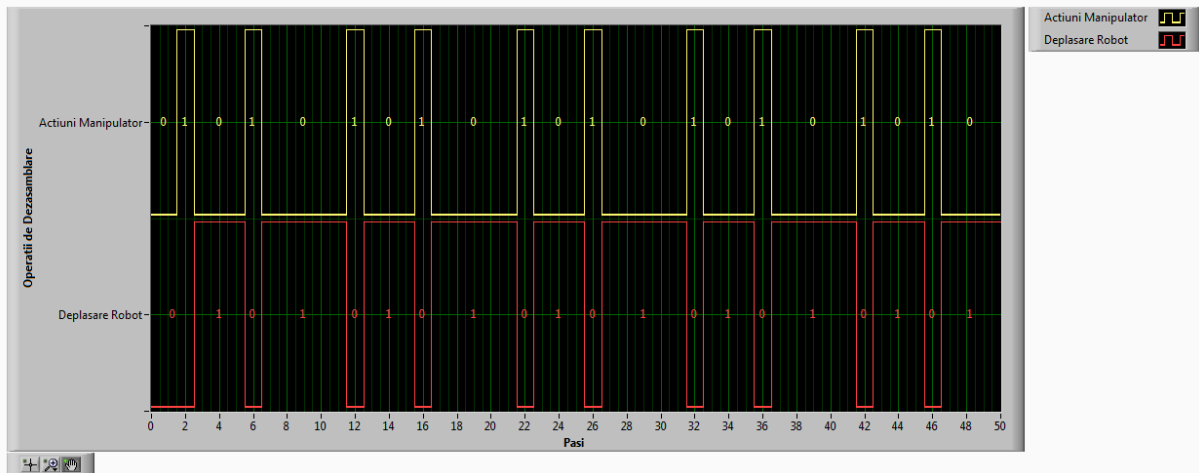


Figura 30. Operațiile robotului mobil Pioneer P3-DX echipat cu manipulatorul 5-DOF Arm

Principalele contribuții rezultate în urma implementării aplicației de conducere în timp real au vizat, în mod deosebit, elaborarea unei noi structuri flexibile de fabricație capabilă să îndeplinească sarcini multiple cu aceleași echipamente în cadrul diferitelor procese de fabricație. Rezultatele implementării au urmărit deservirea proceselor flexibile de fabricație de către o platformă mobilă echipată cu manipulator robotic capabilă să îndeplinească două sarcini diferite, transport și manipulare. Principalele rezultate obținute în cadrul proiectului, până în prezent au fost:

1. Conducerea robotilor mobili și vehiculelor autonome, echipate cu manipolatoare în vederea transportului și manevrării de sarcini variabile de diferite greutăți și dimensiuni;
2. Modelarea cu RPT a liniilor de mecatronica, de asamblare/dezasamblare și prelucrare/reprelucrare;
3. Modelarea cu RPH a liniilor de mecatronica, de asamblare/dezasamblare și prelucrare/reprelucrare;
4. Dezvoltarea și implementarea unei aplicații grafice de control și conducere în timp real a sistemului flexibil de asamblare și dezasamblare a unui produs, deservit de un robot mobil echipat cu manipulator;
5. dezvoltarea și implementarea unei metode de sincronizare a echipamentelor prin introducerea sistemului distribuit de conducere.

#### **Urmatoarele obiective din propunerea de proiect vor face vor face obiectul cercetării în anul 2014:**

**OB4b)** sliding-mode control of mobile robots 2DW/1SW, 2DW/2SW, 4DW/SW required for tracking a given trajectory while avoiding obstacles and robustness to variable loads, external disturbances and parametric uncertainty model. Virtual pheromones and neuro-fuzzy control of mobile robots 2DW/1SW, 2DW/2SW, 4DW/SW will also be used

**OB5) a)** Advanced control using virtual pheromones, neuro-fuzzy and sliding-mode techniques of hybrid RMSMRRM structure, the types of parts for manufacturing, small and medium weights, served by systems of mobile robots: 2DW/1SW (Pioneer 3-DX, PeopleBot) and 2DW/2SW (PatrolBot) equipped with robotic manipulators with five degrees of freedom (Pioneer 5-DOF Arm, 5-DOF Premium and Affordable P-Series Robot Arm);

**OB 5) b)** Advanced control using virtual pheromones, neuro-fuzzy and sliding-mode techniques of hybrid RMSMRRM structure, the types of parts for heavy manufacturing, systems served by mobile robots: the 2DW/2SW (PowerBot) and 4DW/SW (Seekur Robot) equipped with robotic manipulators with five degrees of freedom (5-DOF Adept Robot Arm), in order to balance the production flow.

**Reducerea drastică a bugetului în 2013 a făcut imposibilă achiziția de echipamente în 2013, echipamente (în principal manipolatoare robotice pentru a fi montate pe platformele mobile PowerBot și Seekur) absolut necesare îndeplinirii obiectivelor și desfășurării activităților din planificarea stipulată prin propunerea de proiect.**

Director proiect,  
Conf. Dr. Ing. Alina Vodă