

# MODELAREA UNUI SISTEM DE COMANDA FUZZY CU REACTIE POZITIE-FORTA PENTRU UN ACTUATOR PNEUMATIC.

Tiberiu VESSELENYI<sup>1</sup>, Ioan MOGA<sup>1</sup>, Tiberiu BARABAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea din Oradea

**Keywords:** fuzzy control, pneumatic actuator.

**Abstract:** There is a great diversity of ways to use fuzzy inference in robot control systems, either in where this is applied in the control scheme or in the form or type of inference algorithms. The modeling application, which uses a fuzzy controller, had been developed on a pneumatic actuator containing a force and a position sensor, which can be used for robotic grinding operations. The fuzzy control system had been developed in SIMULINK under the Matlab<sup>®</sup> environment, using "Control System Toolbox".

## 1. INTRODUCERE

Exista o mare diversitate de moduri în care se pot folosi sisteme de inferenta fuzzy în comanda robotilor, atât în privinta locului în care se aplica în schema de conducere. cât si în privinta formei sistemelor de inferenta. Din bibliografia studiata se desprinde concluzia ca sistemele de inferenta fuzzy sunt folosite, printre altele, la generarea traiectoriei [3], definirea modelului robotului [2], înlocuirea reguletoarelor clasice [4] sau în combinatie cu acestea [6]. Bazele reglajului fuzzy pentru sisteme de reglare automata sunt prezentate în [5]. În aceeași lucrare se arata ca se pot realiza reguletoare fuzzy cu functionare similara celor clasice (cvasi-PID). În alte cercetari se subliniaza importanta ajustarii parametrilor reglatorului, si faptul ca fata de reguletoarele clasice, reguletoarele fuzzy se pot ajusta într-o maniera mult mai convenabila [6]. Din cauza faptului ca o mare parte din sistemele de inferenta fuzzy au fost implementate pe baza cunostintelor formale, euristice (functiile de apartenenta si setul de reguli sunt definite dupa bunul simt tehnic al specialistilor), nu exista garantia unei functionarii sigure sau a stabilitatii sistemului în conditii neprevazute. O serie de cercetari în domeniu au ca scop elaborarea unor metodologii de sinteza si analiza a sistemelor de inferenta fuzzy, în domeniul roboticii [2], [4], sau în domeniul mai larg, dar aplicabil în robotica, al sistemelor cu reglare automata [5] (studiul stabilitatii sistemelor cu reguletoare fuzzy).

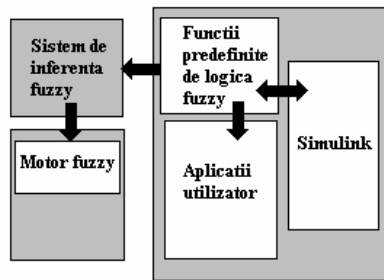
Deasemenea exista preocupari privind elaborarea unor modele fuzzy a robotilor (folosite în cinematica directa si inversa [3] sau în dinamica inversa [1]) care sa înlocuiasca modelele analitice, care necesita calcule îndelungate. Multe dintre cercetarile în domeniu încearca o abordare sistematica a proiectarii sistemelor de inferenta fuzzy (elaborarea unei metodologii de proiectare), care sa elimine incertitudinile în alegerea functiilor de apartenenta si a setului de reguli, ca de exemplu în [2], în care se pune problema stabilirii riguroase a parametrilor sistemelor de inferenta fuzzy, pe baza unei metodologii clare.

Mediul de programare MATLAB dispune de functii predefinite pentru realizarea diferitelor etape ale calculului fuzzy (fuzzyficare, inferenta, defuzzyficare).

Aceste functii sunt legate de doua module externe (realizate în C++) si anume: "sistemul de inferenta" si "motorul fuzzy". Prin intermediul functiilor predefinite exista posibilitatea apelarii si a mediului de simulare SIMULINK. Aplicatiile utilizator se leaga de modulele amintite prin intermediul functiilor predefinite. Schema legaturii dintre aceste module este aratata în figura 1.

Structura de baza tipica a sistemelor de inferenta fuzzy reprezinta un model ce realizeaza o anumita corespondenta:

*valoare ferma de intrare - functii de apartenenta de intrare – reguli de inferenta – caracteristici de iesire – functii de apartenenta de iesire – valoare ferma de iesire.*

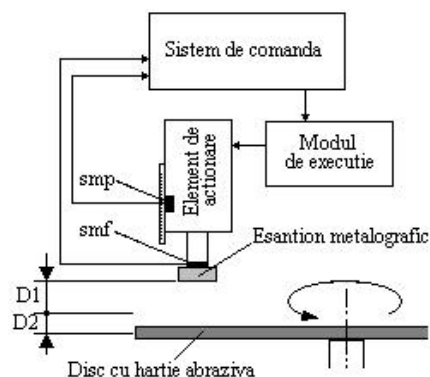


**Fig. 1. Schema legaturii dintre modulele fuzzy si SIMULINK în mediul MATLAB.**

Deasemenea, un sistem de inferenta fuzzy tipic, presupune o structura de reguli predefinite de catre utilizator, ce încearca sa interpreteze caracteristicile variabilelor modelului. Daca însa se doreste realizarea unui sistem de inferenta fuzzy pentru modelarea unui proces la care exista seturi de date intrare-iesire stabilite experimental, acestea se pot utiliza pentru generarea automata a functiilor de apartenenta, deci implicit pentru identificarea sistemului. În acest caz strategia de identificare folosita poate fi o strategie neuro-fuzzy, care are la baza învățarea informatiilor din setul de date pentru a genera parametrii functiilor de apartenenta. În cadrul mediului MATLAB ajustarea parametrilor amintiti se poate realiza cu un modul ce functioneaza în mod similar cu o retea neuronală, numit ANFIS (Adaptive Neural Fuzzy Inference System). Ca algoritm de învățare se foloseste propagarea înapoi a erorii iar pentru optimizarea procesului de învățare ANFIS utilizeaza metoda gradientului, urmata de un algoritm de optimizare bazat pe suma patratica a erorilor dintre marimea de iesire dorita si cea generata.

## 2. MODELAREA SISTEMULUI CU REGULATOR FUZZY.

Schema sistemului automat conceput pentru slefuire este prezentat în figura 2.



**Fig.2. Schema sistemului automat de slefuit esantioane metalografice**

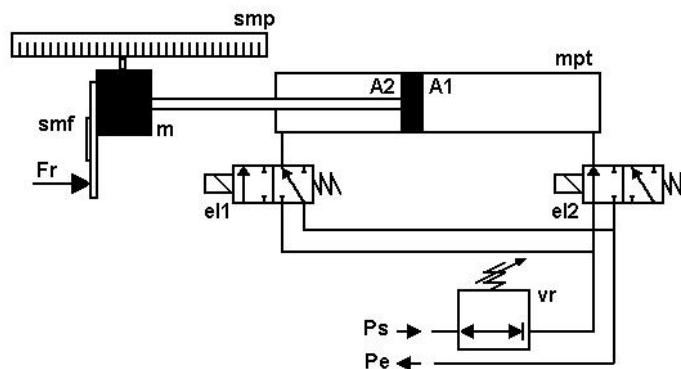
Sistemul de comanda – reprezinta o unitate de calcul programabila pe care ruleaza algoritmul de comanda ce înglobeaza regulatorul neuronal sau fuzzy (calculator de tip PC) si are posibilitatea de a transmite semnale catre elementul de executie, si de a primi

semnale de la senzori (prin intermediul unei placi de achizitie dotata cu un convertor A/N si un port de iesiri digitale).

*Modulul de executie* – contine elemente de executie (ventile de cale si ventile de reglarea presiunii proportionale).

*Smp, smf* – reprezinta senzori de pozitie respectiv de forta, necesari realizarii buclor de reactie.

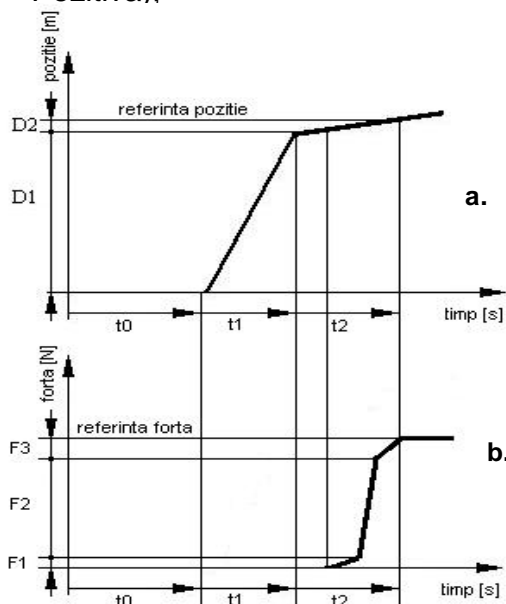
S-au specificat anterior cerintele impuse functionarii sistemului pneumatic. Sub forma grafica, modul în care trebuie sa functioneze sistemul este aratat în diagramele din figura 4.a. pentru pozitie si 4.b. pentru forta.



**Fig.3. Schema sistemului pneumatic cu reactie în forta-pozitie.**

Din cele expuse până acum se observa urmatoarele aspecte :

- se vor defini doua variabile lingvistice de intrare si anume “Pozitie” si respective “Forta” si o variabila de iesire “Semnal de comanda”;
- referinta de pozitie este data la limita superioara a domeniului de incertitudine ( $D2$ );
- reglarea finala se va realiza dupa variabila “Forta”;
- pentru pozitie vor exista doua domenii ce trebuiesc definite prin termeni lingvistici (Mare, Mica), iar pentru forta sapte termeni lingvistici (Mare Negativa, Medie Negativa, Mica Negativa, Zero, Mica Pozitiva, Medie Pozitiva, Mare Pozitiva):



**Fig.4. Diagramele functionarii în pozitie (a) si în forta (b) a sistemului pneumatic.**

S-au realizat doua modele cu regulator fuzzy : cu reactie în pozitie, si cu reactie în forta-pozitie, ce vor fi prezentate în continuare.

### Reactie în pozitie.

Modelul pentru reglarea fuzzy cu reactie în pozitie este prezentat în figura 5. În acest caz s-a folosit sistemul fara reactie în forta. Acest model a fost realizat doar ca un studiu preliminar si acopera doar domeniul de lucru în care se presupune ca esantionul este în contact cu abrazivul.

În figura 6. este aratata diagrama de inferenta a sistemului, ce contine :

- functiile de apartenenta de intrare de tip "clopot Gaussian" ce descriu cinci termeni lingvistici ai variabilei de intrare "Eroare de pozitie";
- functiile de apartenenta de iesire de tip triunghiular deasemenea descriind cinci termeni lingvistici ai variabilei de iesire "Semnal de comanda";
- defuzzyficarea se realizeaza cu functia "centroida".

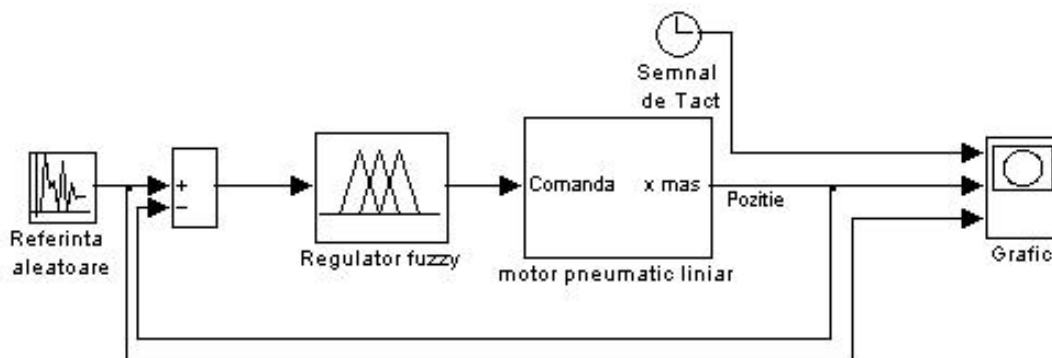


Fig.5. Modelul sistemului cu reglare fuzzy dupa pozitie.

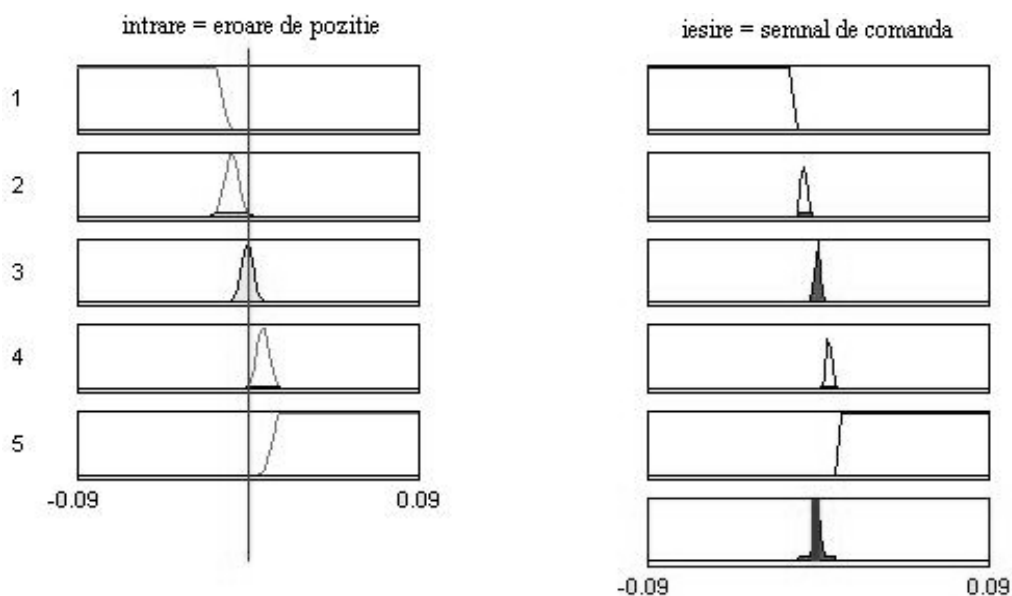
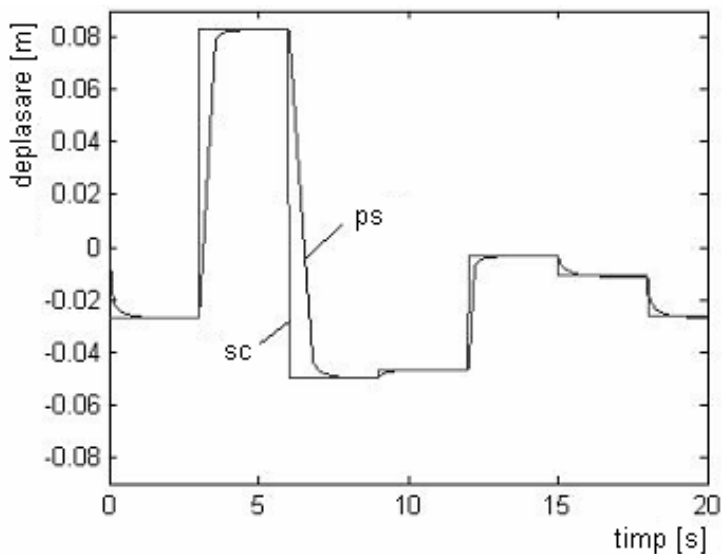


Fig.6. Diagrama de inferenta pentru sistemul cu regulator fuzzy si reactie în pozitie.

Rezultatul simulării pentru o referință aleatoare este arătat în figura 7.

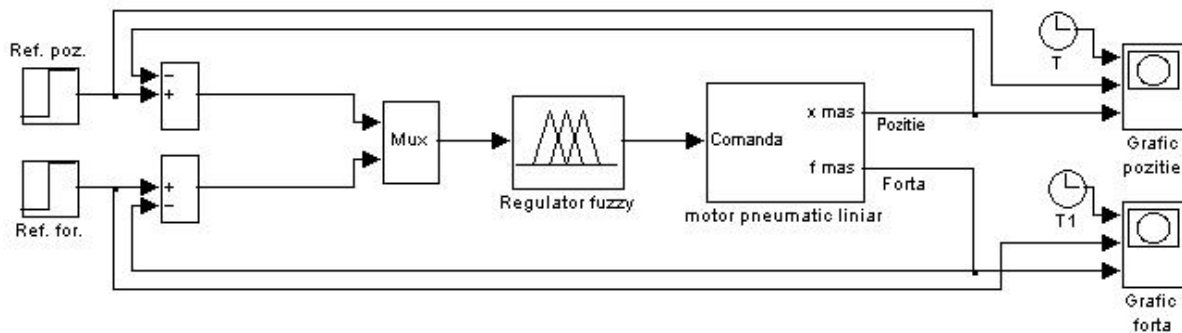
Din analiza rezultatelor simulării se poate observa că parametrii regulatorului fuzzy necesită ajustări, deoarece întârzierile sunt mari (de ordinul secundelor).



**Fig.7. Diagrama semnalelor de comanda si raspuns pentru sistemul cu reglare fuzzy dupa pozitie.**

*Reactie în forta-pozitie.*

Modelul sistemului cu regulator fuzzy care a fost conceput pentru a rezolva cerințele reglării în forta-pozitie este prezentat în figura 8.

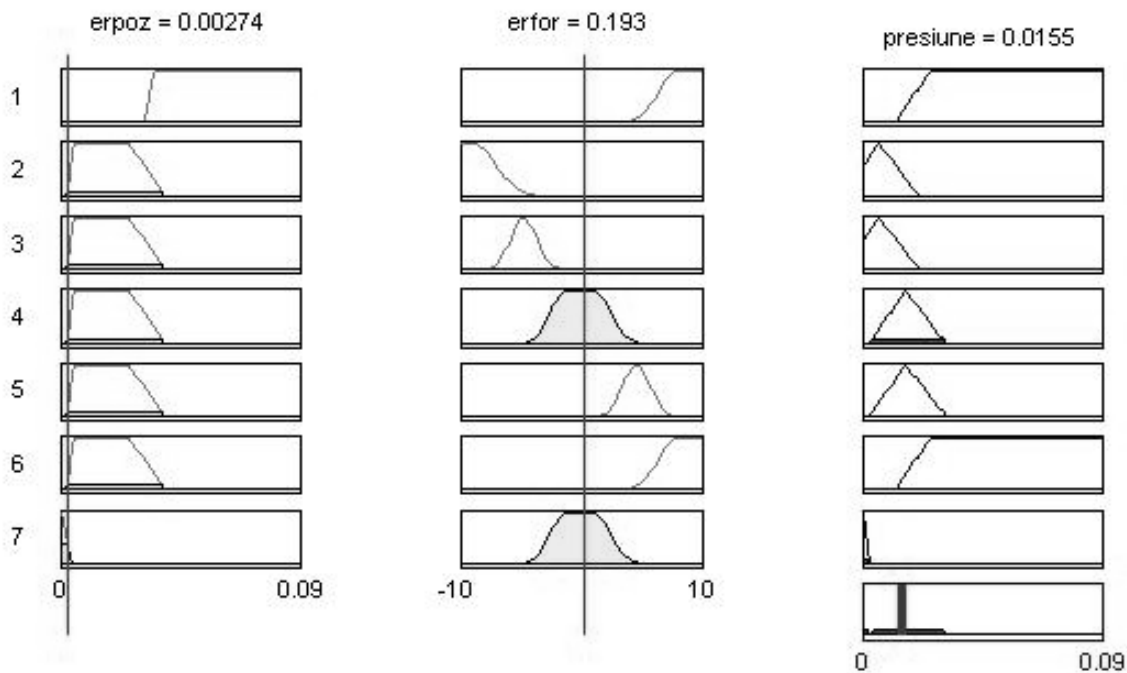


**Fig.8. Modelul sistemului cu reglare fuzzy dupa reactie în forta-pozitie.**

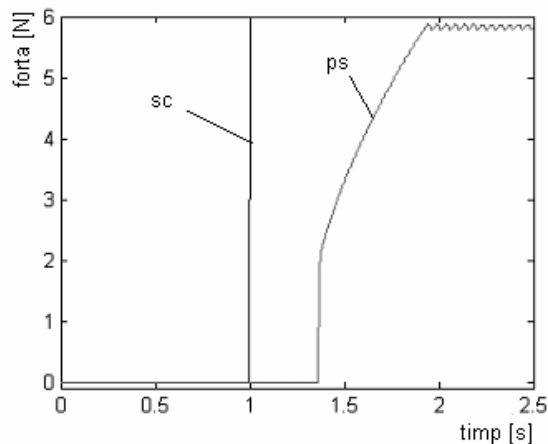
Diagrama de inferență a sistemului este prezentată în figura 9.

Pentru ambele intrări s-au folosit funcții de apartenență de tip “clopot Gauss” iar pentru ieșire s-au folosit funcții de tip triunghiular.

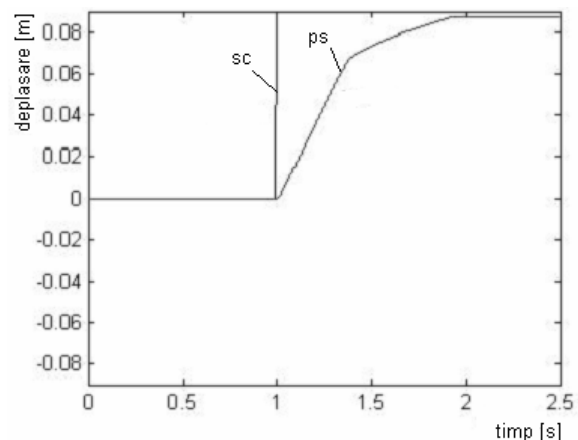
Rezultatele simulării pentru excitație de tip treaptă sunt arătate în figurile 10. și 11. Din forma semnalului de răspuns se observă că acestea corespund în mare măsură cerințelor specificate.



**Fig.9. Diagrama de inferenta a sistemului cu reglare fuzzy în forta- pozitie.**



**Fig.10. Diagrama semnalelor de referinta si reactie pentru forta.**



**Fig.11. Diagrama semnalelor de referinta si reactie pentru pozitie.**

### 3. REALIZAREA EXPERIMENTALA

Sistemul experimental pentru testarea functionarii reglarii fuzzy în forta si pozitie este aratat în figura 12. Ideea de baza în aceasta concepie a fost folosirea unei placi de achizitie de date PCI6023E (National Instruments), pentru care exista functii predefinite, în modulul „Data Acquisition Toolbox” din mediul MATLAB®. Acest lucru face posibila folosirea sistemelor de inferenta fuzzy (prin intermediul fisierelor (FIS), în programul de achizitie si comanda fara a parasi mediul MATLAB®. O alta posibilitate ar fi folosirea blocurilor „xPCTarget”, dar aceasta ar necesita un calculator dedicat rularii codului compilat în limbaj C, care nu s-a realizat datorita unor criterii economice. Sistemul conceput, este

lent, în comparație cu un sistem ce ar folosi variante soft compilate dar poate realiza testarea logică a algoritmului regulatorului fuzzy, chiar dacă nu la parametrii ceruți de aplicația industrială.

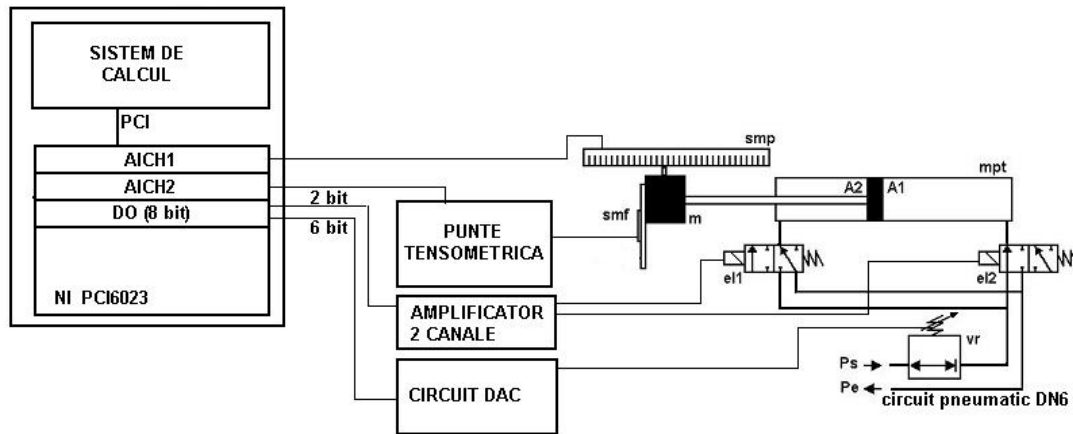


Fig.12. Schema sistemului experimental.

Modulul de achiziție posedă 8 canale de intrare analogică (ACH1....8) pe 12 biți, dintre care s-au folosit ACH1 și ACH2 (figura 7.29.).

Un inconvenient major al plăcii PCI6023 este lipsa unei ieșiri analogice ce ar fi putut fi folosită pentru comanda ventilului regulator de presiune (vr). Problema a fost rezolvată prin folosirea a șase din cele opt canale digitale configurabile (I/O) și a unui circuit de conversie numeric-analog (N/A). Se pot obține astfel 64 trepte de reglare a presiunii ce sunt suficiente pentru scopul experimentelor.

Nu se pot folosi toate cele 8 canale digitale (pentru o rezoluție mai bună, deoarece două dintre acestea sunt necesare pentru comanda ventilelor de cale (on-off), utilizate la schimbarea sensului de mișcare al pistonului.

Sistemul experimental a fost realizat în cadrul laboratorului de Mecatronica al Universității din Oradea, fotografiile acestuia și a unor componente fiind arătate în figurile 13-16.

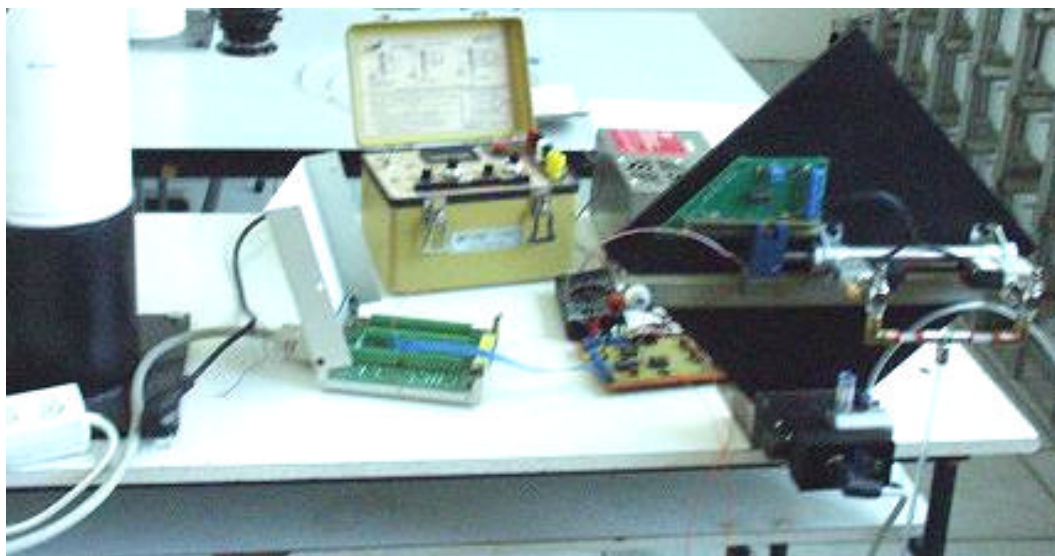
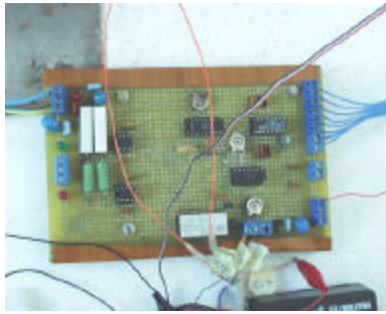


Fig.13. Fotografia sistemului experimental : blocul de conectare al plăcii de achiziție, punte tensometrică (centru), sistem pneumatic (dreapta).

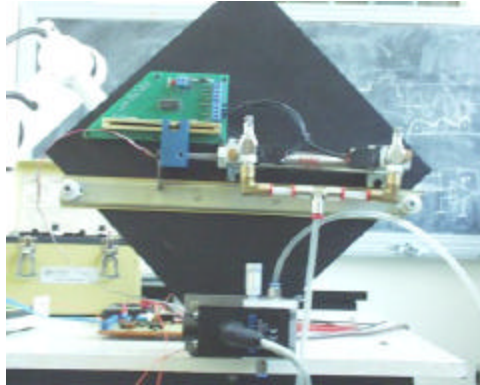




**Fig.14. Circuitul de conversie N/A**



**Fig.15. Punte tensometrica P3500 (Vishay Measurements Group), timbru tensometric M120 (Microtechna Praha).**



**Fig.16. Fotografia sistemului pneumatic cu ventilul regulator de presiune proportional de precizie MPPES-3-1/8-10-010-B, FESTO (jos).**

#### 4. CONCLUZII.

În urma analizei rezultatelor simulării și a funcționării sistemului realizat s-a desprins concluzia că regulatorul fuzzy folosit necesită ajustări, în continuare, pentru mărirea robusteții reglajului.

În funcționarea actuală, apar efecte nedorite ca :

- eroarea de reglaj a poziției este constantă, dar reacția rămâne sub valoarea referinței cu circa 10% pentru o plajă de valori de referință de la 6 la 9;
- domeniul de incertitudine în care esanționul poate întâlni abrazivul, și pentru care reglajul mai funcționează acceptabil, este mic (aproximativ 3mm) față de situațiile ce se pot întâlni în practică (estimativ 5-6 mm);
- eroarea de reglaj a forței crește odată cu mărirea referinței.

Deși, pe anumite domenii de lucru reglajul este acceptabil, se impune îmbunătățirea regulatorului pentru mărirea robusteții acestuia.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1] Amann P., Perronne J.,M., Gissinger G.,L., Frank P., M., Identification of fuzzy relational models for fault detection, Control Engineering Practice 9 (2001)555.
- [2] Emami M.R., Goldenberg A.A., Burhan T.R., Systematic design and analysis of fuzzy-logic control and application to robotics, Part I. Modeling, Robotics and Autonomous Systems 33 (2000) 65–88.
- [3] Jang, R., MATLAB – Fuzzy Toolbox- The MathWorks, Inc. Revision: 1.12 Date: 2000, 15.
- [4] Novakovic, B., Scap, D., Novakovic D., An analytic approach to fuzzy robot control synthesis, Engineering Applications of Artificial Intelligence 13 (2000) 71-83.
- [5] Preitl, St., Precup, E., Introducerea în conducerea fuzzy a proceselor, Ed. Tehnică, Bucuresti, 1997.
- [6] Reznik L., Ghanayem O., Bourmistrov A., PID plus fuzzy controller structures as a design base for industrial applications, Engineering Applications of Artificial Intelligence 13 (2000) 419-430.
- [7] Vesselenyi T. – Teza de doctorat, Universitate “Politehnica” Timisoara, 2005.