



## ROBOTICA MEDICALA

CURS 5

# Robotul medical paralel PARAMIS. Modelarea spatiului de lucru

Prof. Dr.Ing. Doina PISLA



# CUPRINS

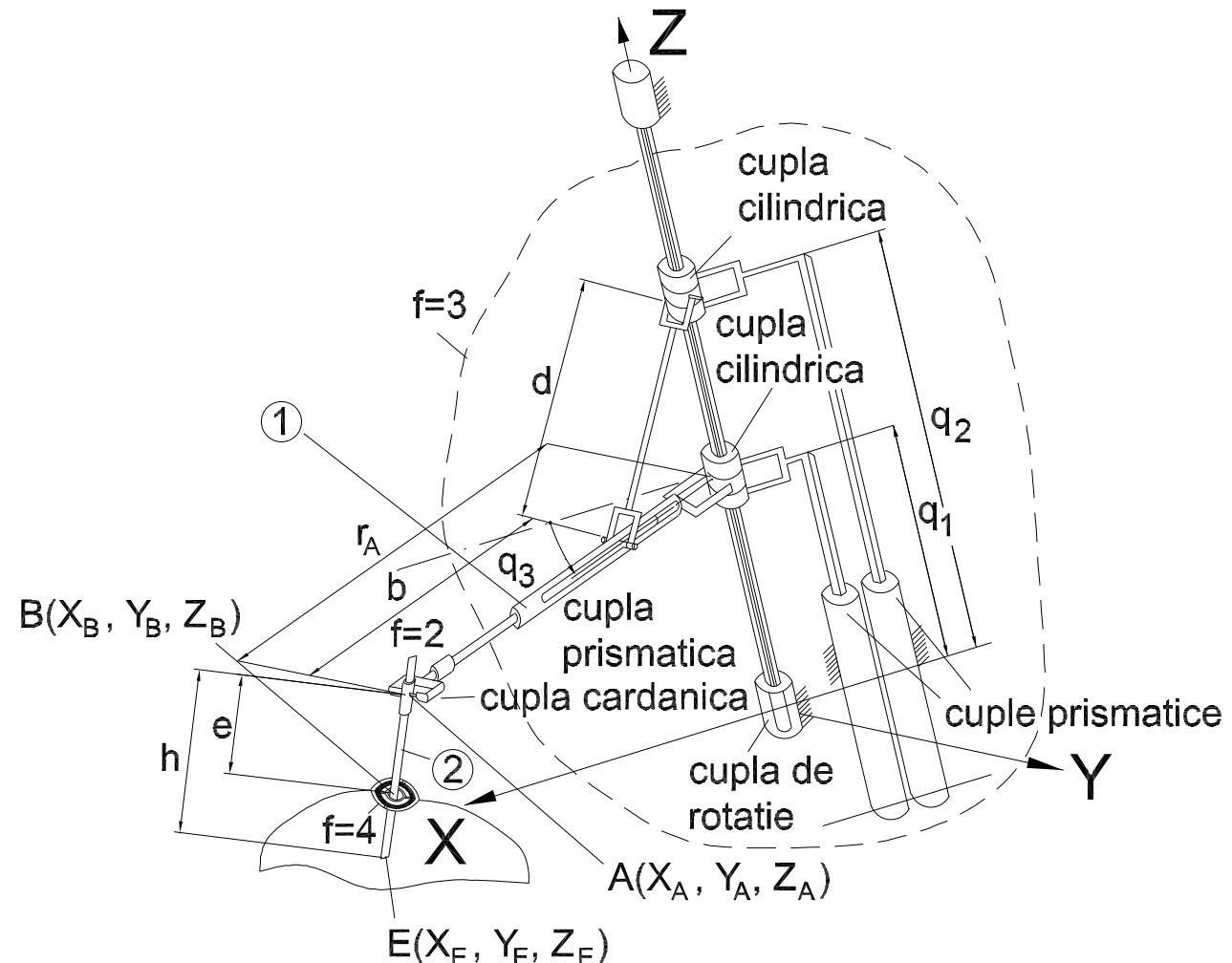
- Definirea robotului medical paralel PARAMIS
- Modelul geometric
- Spatiul de lucru
- Modelul experimental
- Interfata de comanda
- Rezumat



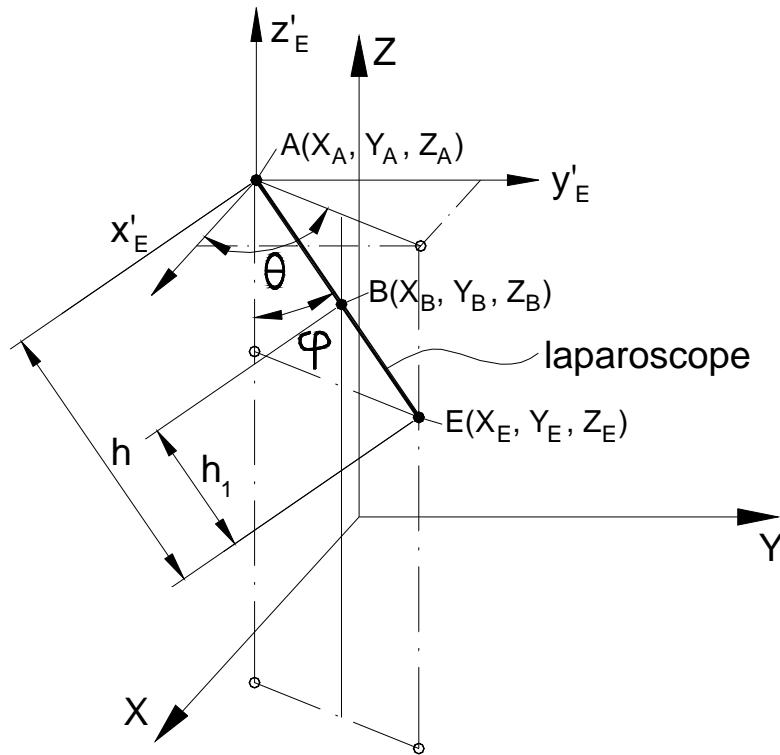
# Definirea si modelul geometric unui robot medical paralel inovativ pentru chirurgia minim invaziva – PARAMIS



# Schema cinematica a structurii paralele PARAMIS



# Schema cinematica a structurii paralele PARAMIS



# Modelul geometric

## Modelul geometric invers

Date

$$X_E, Y_E, Z_E$$

Necunoscute

$$q_i, i = 1,2,3$$

## Modelul geometric direct

Date

$$q_i, i = 1,2,3$$

Necunoscute

$$X_E, Y_E, Z_E$$



# Modelul geometric direct

Date:  $q_1, q_2, q_3 \quad b, d, h; X_B, Y_B, Z_B$

**Solutie analitica!**

$$r_A = b + \sqrt{d^2 - (q_2 - q_1)^2}$$

$$X_A = r_A \cos q_3, Y_A = r_A \sin q_3, Z_A = q_1$$

**Doua cazuri:**

$$X_A \neq X_B, Y_A \neq Y_B$$
$$e = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2}$$

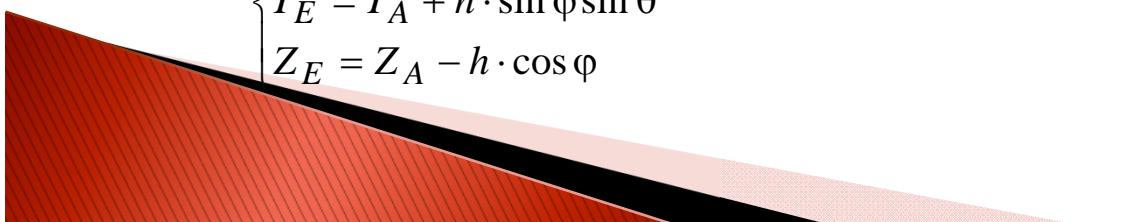
$$\varphi = a \tan 2 \left( \sqrt{1 - \left( \frac{Z_A - Z_B}{e} \right)^2}, \frac{Z_A - Z_B}{e} \right)$$

$$\theta = a \tan 2(Y_B - Y_A, X_B - X_A)$$

$$\begin{cases} X_E = X_A + h \cdot \sin \varphi \cos \theta \\ Y_E = Y_A + h \cdot \sin \varphi \sin \theta \\ Z_E = Z_A - h \cdot \cos \varphi \end{cases}$$

$$X_A = X_B, Y_A = Y_B$$

$$\begin{cases} X_E = X_B, Y_E = Y_B \\ Z_E = Z_A - h \end{cases}$$



# Modelul geometric invers

**Date:**  $X_E, Y_E, Z_E$      $b, d, h, X_B, Y_B, Z_B$

**Solutie analitica!**

$$h_1 = \sqrt{(X_B - X_E)^2 + (Y_B - Y_E)^2 + (Z_B - Z_E)^2}$$

$$\varphi = a \tan 2 \left( \sqrt{1 - \left( \frac{Z_B - Z_E}{h_1} \right)^2}, \frac{Z_B - Z_E}{h_1} \right) \quad \theta = a \tan 2(Y_E - Y_B, X_E - X_B)$$

**Doua cazuri:**

$X_E \neq X_B, Y_E \neq Y_B$

$$\begin{cases} X_A = X_E - h \cdot \sin \varphi \cos \theta \\ Y_A = Y_E - h \cdot \sin \varphi \sin \theta \\ Z_A = Z_E + h \cdot \cos \varphi \end{cases}$$

$$r_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$$

$$q_1 = Z_A$$

$$q_2 = q_1 + \sqrt{d^2 - (r_A - b)^2}$$

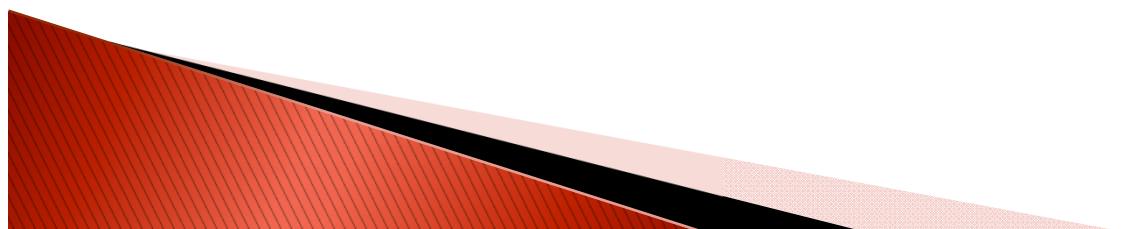
$$q_3 = a \tan 2(Y_A, X_A)$$

$X_E = X_B, Y_E = Y_B$

$$\begin{cases} X_A = X_E \\ Y_A = Y_E \\ Z_A = Z_E + h \end{cases}$$



# Modelarea spatiului de lucru a robotului PARAMIS

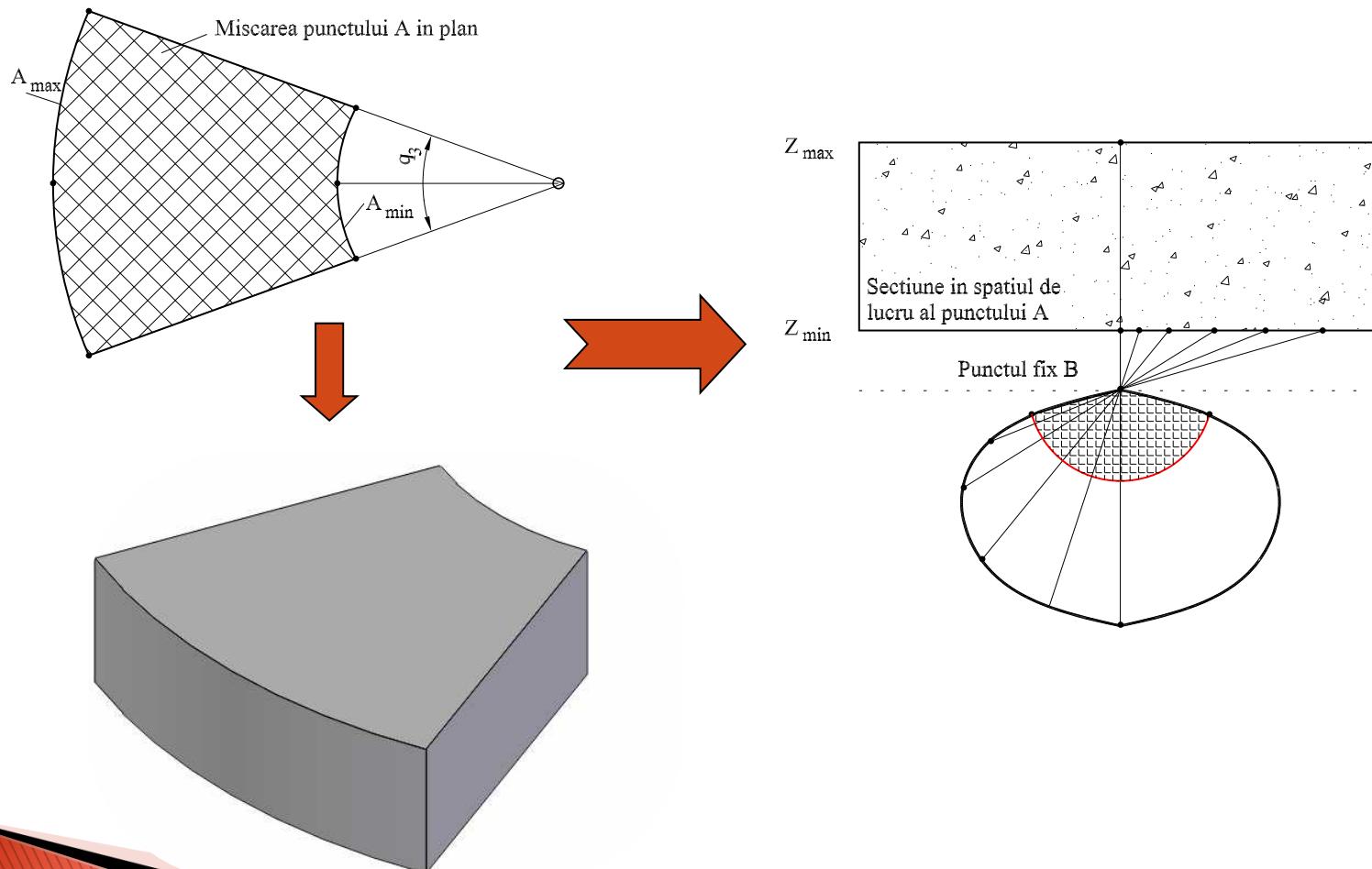


# Conditii impuse de actul chirurgical



- Unghiul pe care îl face laparoscopul cu verticala să nu depășească 60 de grade;
- Distanța între punctul de fixare al laparoscopului în brațul robotului și punctul de inserție în abdomen să fie de minimum 50 mm;
- Distanța între cuplele motoare de translație să fie de minimum 50 mm (pentru a evita coliziunea între ele);
- Laparoscopul trebuie să rămână introdus în cavitatea abdominală pe o lungime cel puțin egală cu cea a trocarului (80 mm) – condiție impusă doar pentru generarea spațiului de lucru cu vizibilitate.

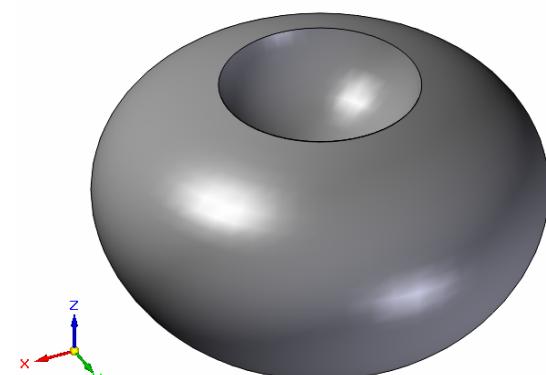
# Determinarea geometrica a spatiului de lucru



# Determinarea geometrică a spațiului de lucru



Spațiul de lucru  
efectiv al punctului E



Spațiul de lucru cu  
vizibilitate al punctului E



# Determinarea analitica a spatiului de lucru



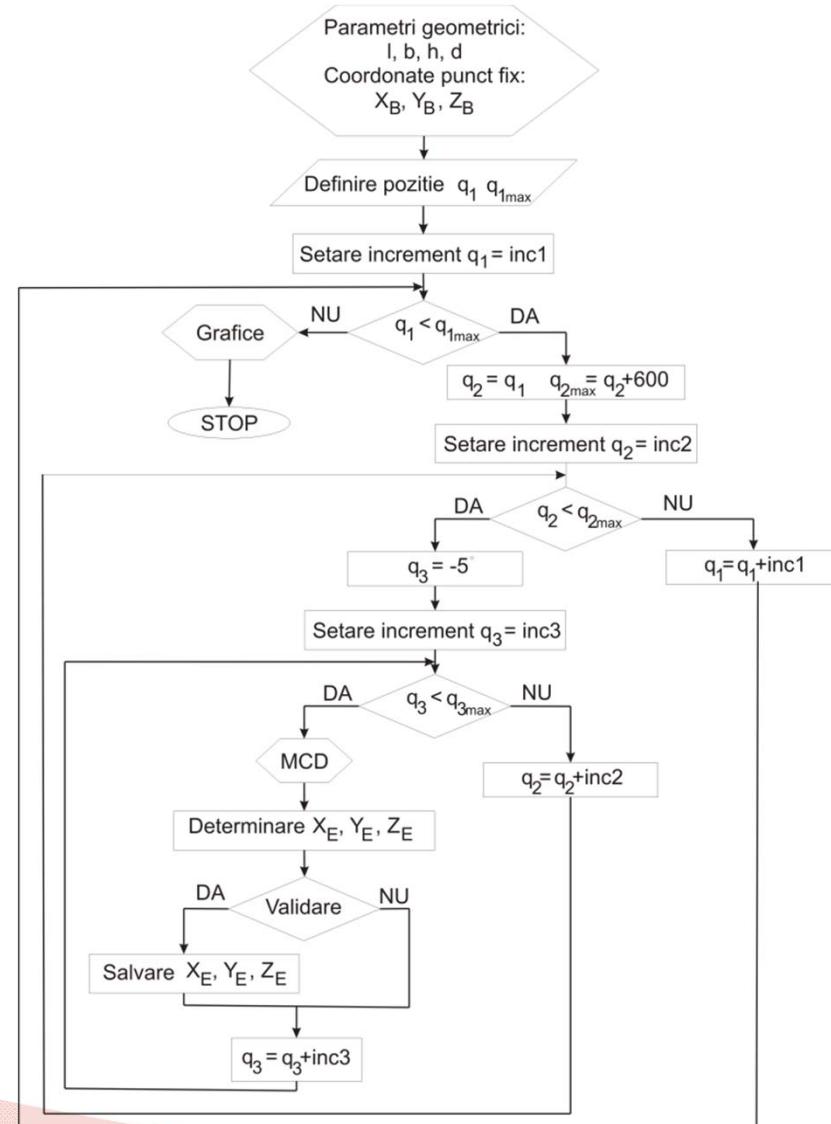
Pentru modelarea spatiului de lucru al unui robot se pot folosi două abordări, în strânsă corelare cu modelele geomtrice:

- Modelarea spatiului de lucru utilizând MGD
- Modelarea spatiului de lucru utilizând MGI

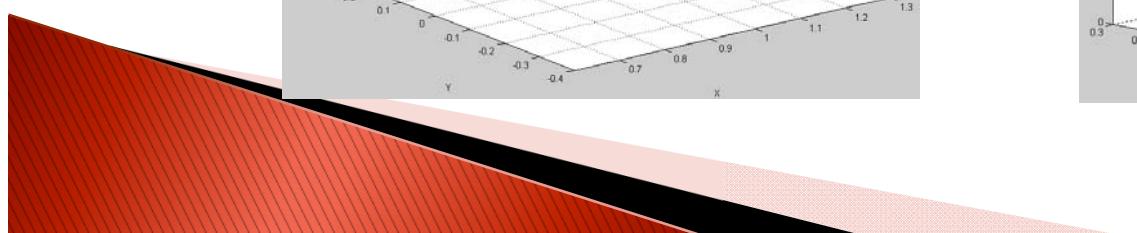
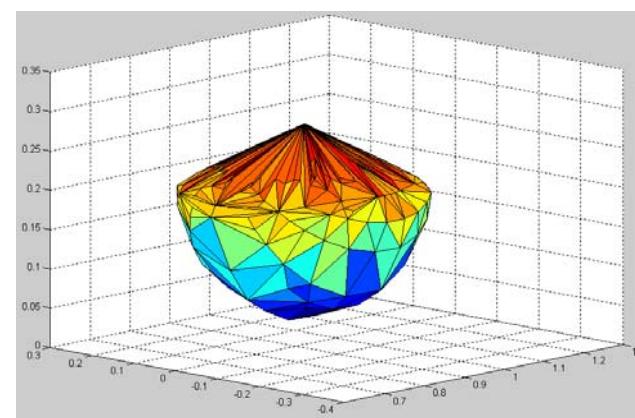
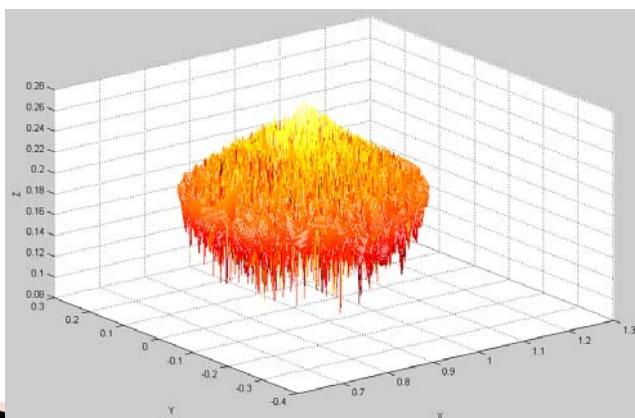
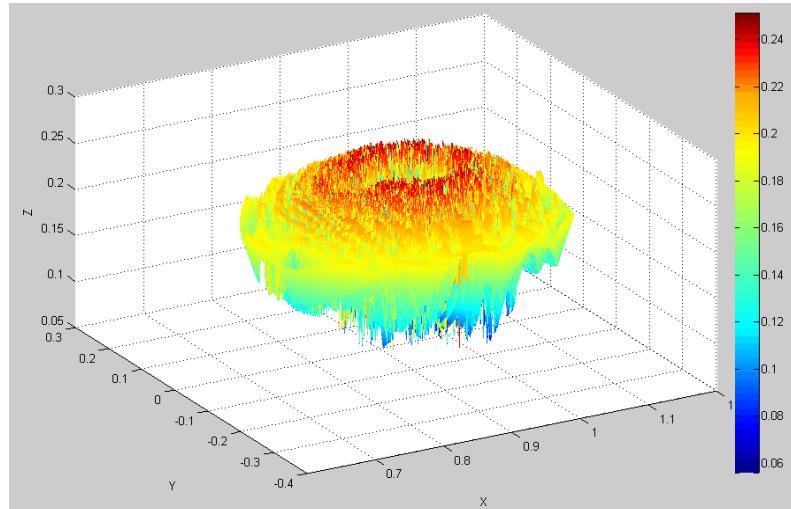


# Determinarea analitica a spatiului de lucru – MGD

## Algoritm



# Determinarea analitică a spatiului de lucru – MGD



# Determinarea analitica a spatiului de lucru – MGI



Dupa rularea celor doua programe raspundeti la urmatoarele intrebari:

1. Ce diferente se observa intre rezultate?
2. Care sunt cauzele aparitiei acestor diferente?
3. In reprezentarea spatiului de lucru prin a doua varianta exista o mica eroare in partea superioara a acestuia. Corectati programul.
4. Modificati programul pentru modelarea spatiului de lucru prin MGI pentru a obtine in acelasi timp, si corect, spatiul de lucru cu vizibilitate si spatiul de lucru total.





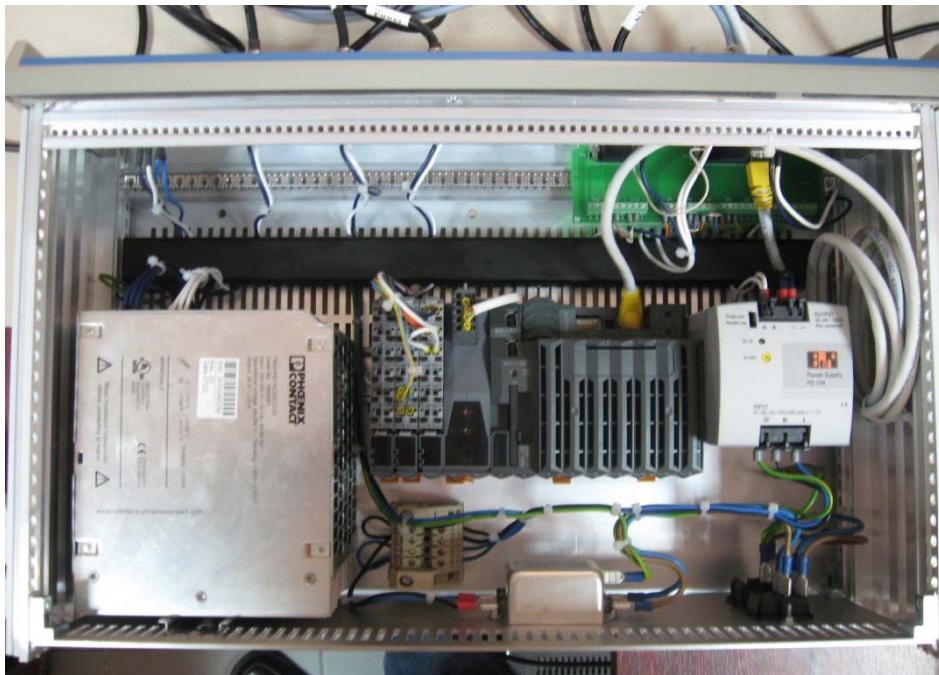
# Modelul experimental al robotului PARAMIS



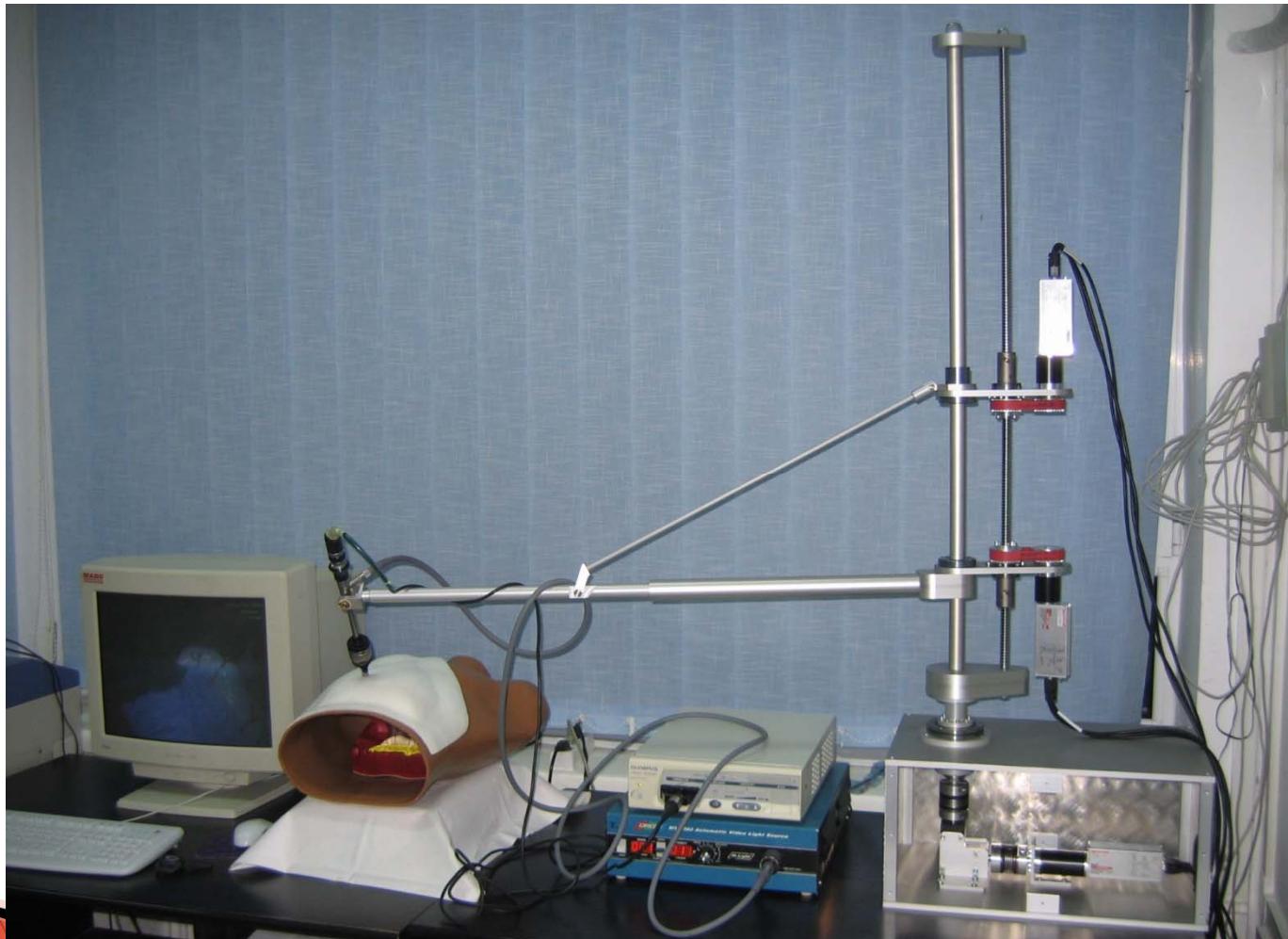
# Structura mecanica a robotului PARAMIS



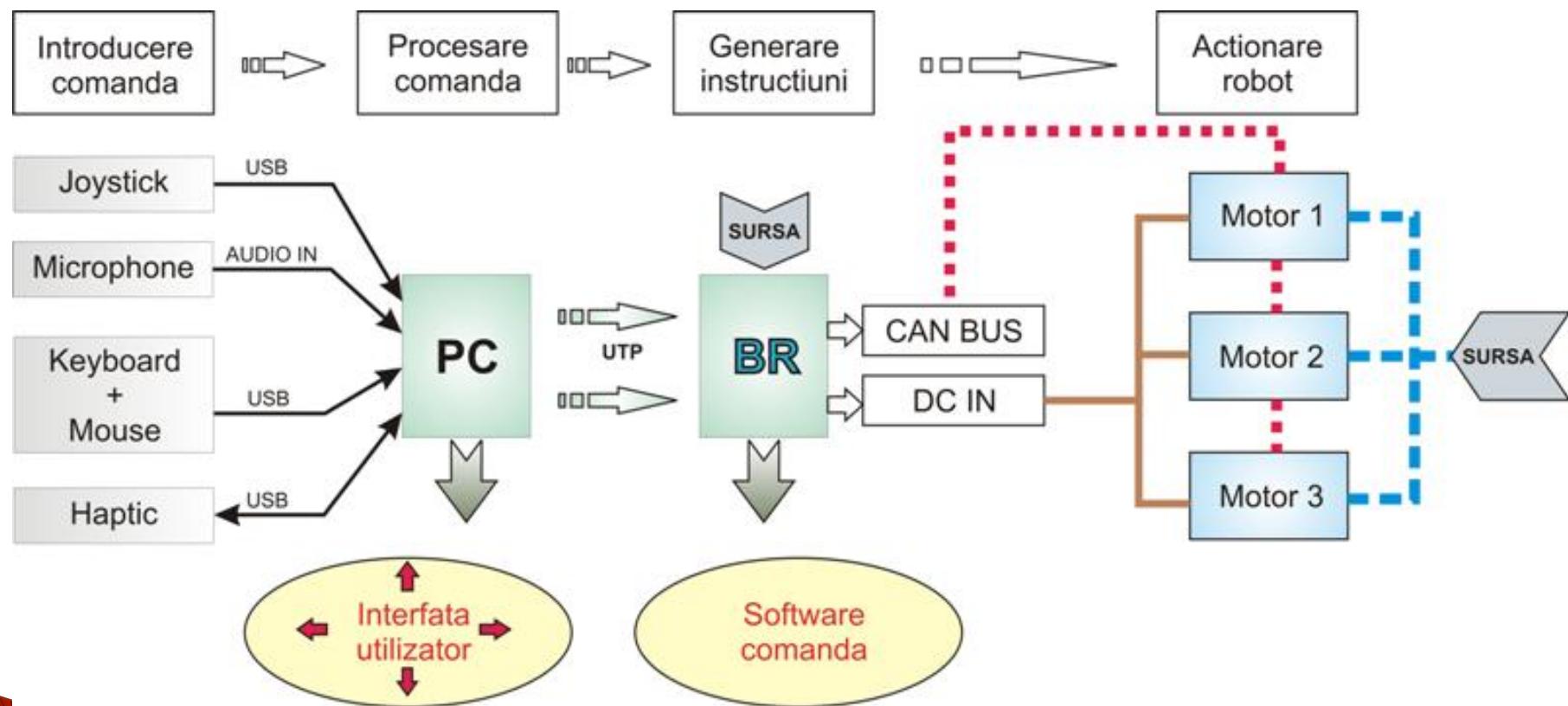
# Panoul electric si de comanda al robotului PARAMIS



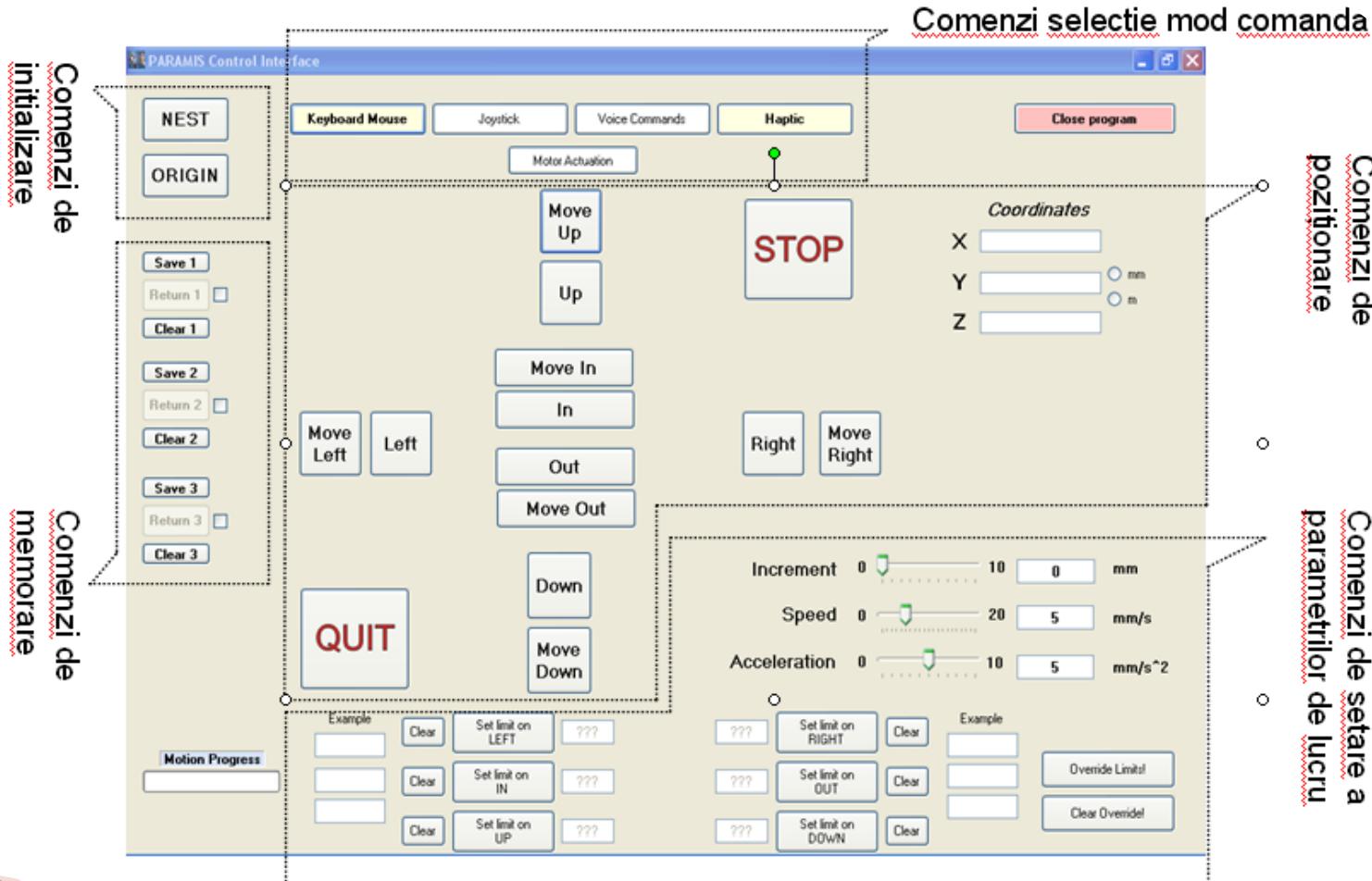
# Modelul experimental al robotului PARAMIS



# Schema de actionare a robotului PARAMIS



# Comenzi definite ale robotului PARAMIS



# Robotul medical PARAMIS



Film cu prezentarea  
robotului

# Rezumat

- Prezentarea obiectivelor cursului.
- Structura robotului medical paralel PARAMIS
- Modelul geometric invers
- Modelul geometric direct
- Spatiul de lucru
- Modelul experimental
- Bibliografie.



# Intrebări

1. Explicati structura robotului paralel PARAMIS
2. Care este diferența dintre modeul geometric direct și cel invers?
3. Cum se generează spațiul de lucru al robotului medical PARAMIS?
4. Principalele caracteristici ale modelului experimental



# Bibliografie

## ► *In biblioteca UTC-N*

- Manuale si cursuri proprii, în edituri:
  - Pisla, Doina, Modelarea cinematica si dinamica a robotilor paraleli, Editura Dacia, 2005.
  - Pîsla, Doina, Programarea calculatoarelor. Limbajul C, Editura TODESCO, 2001.
  - Pîsla, Doina, Vaida, Calin, Robotica Medicala, in curs de publicare.

►

## ► *In alte biblioteci*

- Vanja Bozovic „Medical Robotics”, I-Tech Education and Publishing, Vienna, January 2008.
- Stărețu, I. Elemente de robotică medicală și protezare, Ed. Lux Libris, Brașov, 2004.
- Rosen, Jacob; Hannaford, Blake; Satava, Richard M. (Eds.), Surgical Robotics, Systems Applications and Visions, 1st Edition., Springer, 2011.
- Sajeesh Kumar, Jacques Marescaux, Telesurgery, Springer, 2008
- Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., Oriolo, G., Robotics, Modeling, Planning and Control, Springer, 2010.
- Siciliano, B., Khatib, O., Handbook of Robotics, Springer, 2008.
- Ceccarelli, M., Fundamental of Mechanics of Robotic Manipulation, Kluwer, 2004.
- Merlet, J.-P., Parallel robots, Kluver Academic Publisher, 2000.
- Merlet, J.-P.: Parallel Robots (Series: Solid Mechanics and Its Applications). Springer, 2006.
- Pîsla, Doina, Simularea grafica a robotilor industriali, Editura TODESCO, 184 pg., 2001.
- Pîsla, Doina, Modelarea cinematica si dinamica a robotilor paraleli, Editura DACIA, 2005.
- Tsai, L.-W., Robot Analysis, The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- Lonnie, L.J., Robot Simulation, CRC Press LLC, 2005 in Robotics and Automation Handbook (Ed. Thomas Kurfess).
- Mark W. Spong, Seth Hutchinson, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, First Edition, JOHN WILEY & SONS, INC., 2005.
- DELTALAB, Documentatie tehnica platforma Stewart, 2004.
  - \*\*\* Matlab, Mathworks Inc.
  - \*\*\* Solid Edge, Siemens PLM.
  - \*\*\* NX, Siemens PLM.
  - \*\*\* Force Dimension.
  - \*\*\* [www.mscsoftware.com/products/medic/medic.cfm](http://www.mscsoftware.com/products/medic/medic.cfm)

# Bibliografie

- ▶ [\*\*\*01] <http://www.clinicastomasan.ro/ro/roboti-medicali>
- ▶ [\*\*\*02] [http://en.wikipedia.org/wiki/Medical\\_robots](http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_robots)
- ▶ [INT12] Intuitive Surgical Inc., <http://www.intuitivesurgical.com/>
- ▶ [NEU11] NeuroArm robot, <http://www.neuroarm.org/project.php>
- ▶ [JC11] <http://jjco.oxfordjournals.org/content/34/5/227.full#ref-20>
- ▶ [URO11] <http://urobotics.urology.jhu.edu/projects/MrBot/index.php>
- ▶ [GHE11] B. G. Gherman, “Cercetări privind dezvoltarea de modele cinematice, dinamice și funcționale destinate unei structuri inovative de robot paralel hibrid pentru chirurgia minim invazivă”, Teza de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 2011.
- ▶ [PIS11] D. Pisla, B. Gherman, N. Plitea, B. Gyurka, C. Vaida, L. Vlad, F. Graur, C. Radu, M. Suciuc, A. Szilaghi, A. Stoica, „PARASURG Hybrid Parallel Robot for Minimally Invasive Surgery”, Chirurgia (București), 106, Nr. 5, Septembrie – Octombrie, pp. 619–625, 2011.
- ▶ [SZI12] A. Cs. Szilaghyi, “Cercetări privind modelarea, simularea și comanda unui robot paralel-hibrid chirurgical”, Teza de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 2012 ■