

Livrabil

3 rapoarte de testare și validare pentru modulele de control

Raport 1 - Testarea modulului pentru sondă a robotului PRoHep-LCT

Modulul pentru sondă (Figura 1), cu 4 grade de libertate (GDL) are rolul de a ghida sonda ecografică intraoperatorie la punctul de inserție (RCM – Remote Center of Motion) în cavitatea abdominală a pacientului prin intermediul trocarului.

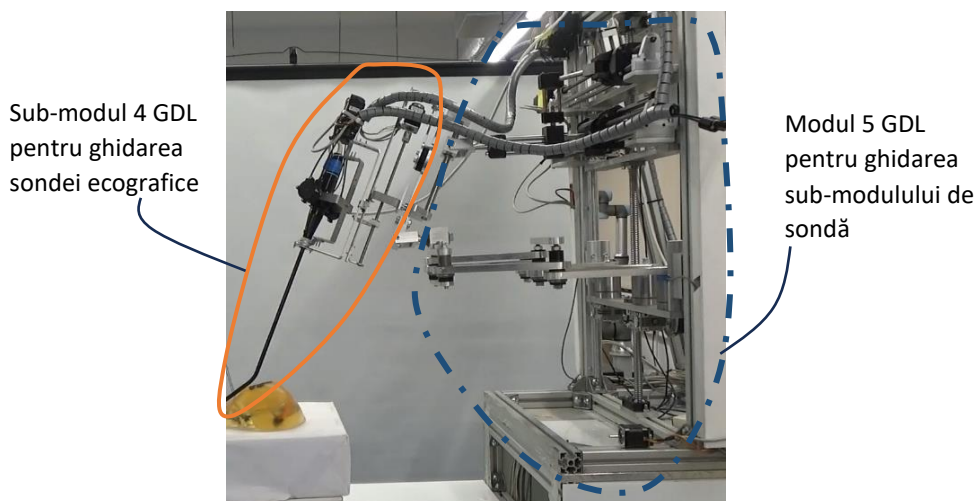


Figura 1. Modulul pentru ghidarea sondei ecografice intraoperatorii a sistemului robotic PRoHep-LCT.

Testarea experimentală a sistemului robotic pentru tratamentul minim invaziv utilizând PRoHep-LCT a fost realizată astfel:

- Realizarea simulărilor unor traiectorii de mișcare folosind modele cinematice cu ajutorul software-ului MATLAB;
- Simularea folosind un set de coordonate a modelului virtual al structurii robotice (realizat în Siemens NX) folosind algoritmul de control Continuous Path. Traiectoria efectorului final atât a modului care ghidează sonda cât și a modulului care ghidează instrumentul de inserție al acelor, este registerată în termeni de poziție și orientare pe parcursul simulării;
- Datele colectate la punctul anterior sunt reprezentate grafic pentru a putea fi comparate cu datele înregistrate prin intermediul encoderelor motoarelor, același set de date fiindu-i atribuit ca date de intrare sistemului de control.

Datele folosite pentru validarea algoritmului sunt punctul inițial (poziția și orientarea din care pleacă modulele sistemului robotic) și un punct final care este calculat prin intermediul unei perechi de puncte. Unul dintre aceste puncte este reprezentat de punctul de inserție al instrumentului (un punct din exteriorul cavității abdominale a pacientului pentru instrumentul de ghidare al sondei și un alt punct de pe partea opusă a cavității abdominale a pacientului pentru modulul de inserție al acului), și un al doilea punct denumit țintă aflat în interiorul cavității abdominale al pacientului. În cazul sondei intraoperatorii după ce este poziționată la punctul de inserție, acest punct va rămâne fix, iar sonda este inserată în interiorul pacientului, utilizând modulul de ghidare a sondei, urmată de mișcarea capului distal până la identificarea punctelor țintă.

Pentru simularea traiectoriilor s-au folosit seturile de puncte prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Coordonatele punctelor pentru simularea traiectoriei modului ce ghidează sonda intraoperatorie.

Sonda I-US						
Punct	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	ψ [°]	θ [°]	φ [°]
Inițial	490	300	30	0	0	0
Fix	500	295	130	0	0	0
Insertie	510	290	140	5	0	0
Țintă	510	290	150	-20	20	35

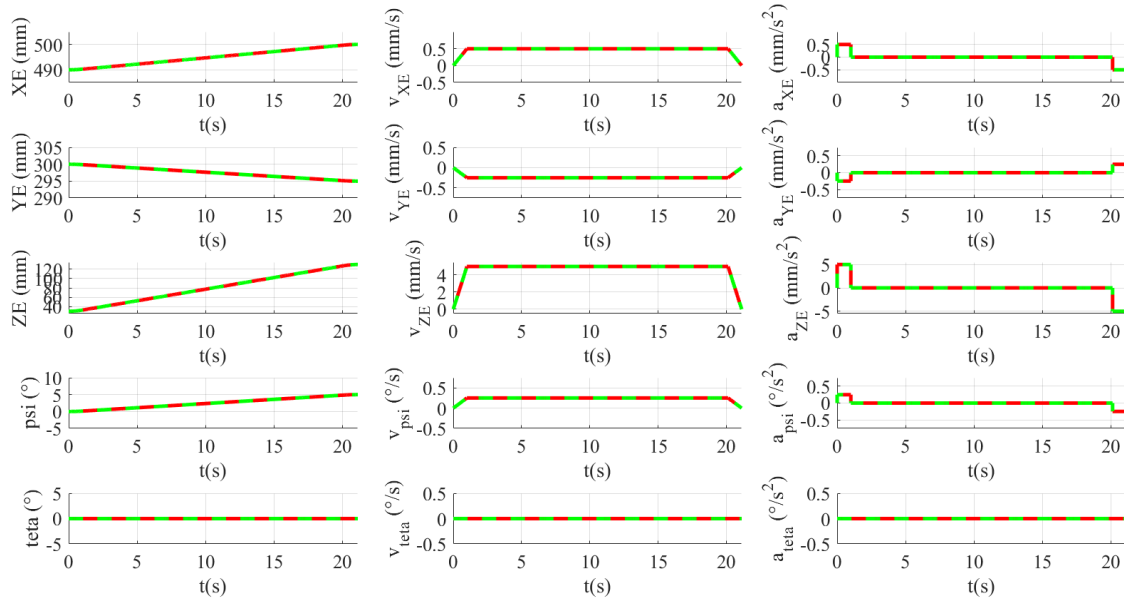


Figura 2. Rezultatele simulării modului de ghidare a sondei ecografice, secvența 1, pentru: poziții, viteze și accelerații

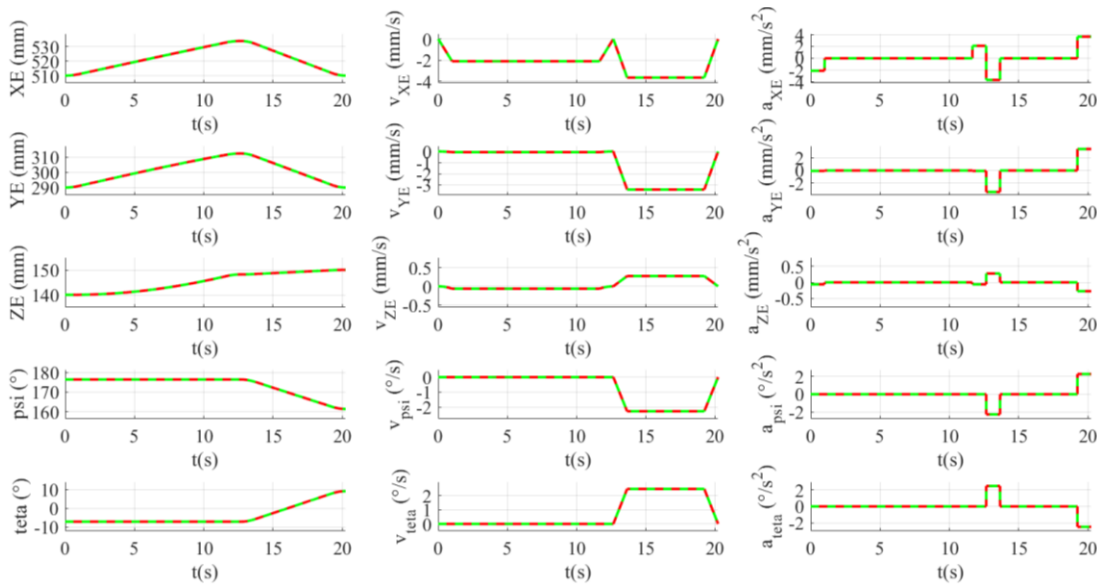


Figura 3. Rezultatele simulării modului de ghidare a sondei ecografice, secvența 2, pentru: poziții, viteze și accelerații

Observând evoluția graficelor care descriu poziția, viteza și accelerația modului de ghidare a sub-modului de sondă atât în programul de simulare a traiectoriilor din MATLAB cât și a simulării realizate cu ajutorul modelului CAD în Siemens NX (Figura 2 și Figura 3), unde cu roșu s-au reprezentat rezultatele

obținute în urma simulării modelului experimental, iar verde – rezultatele obținute în urma simulării pe modelul virtual, se poate concluziona că modulul de ghidare a sondei a robotului PROHep-LCT este capabil să urmărească foarte precis traiectoria impusă.

Raport 2 - Testarea modulului pentru ac a robotului PROHep-LCT

Testarea modulului pentru ghidarea acelor de brahiterapie s-a realizat în manieră similară, Figura 4.

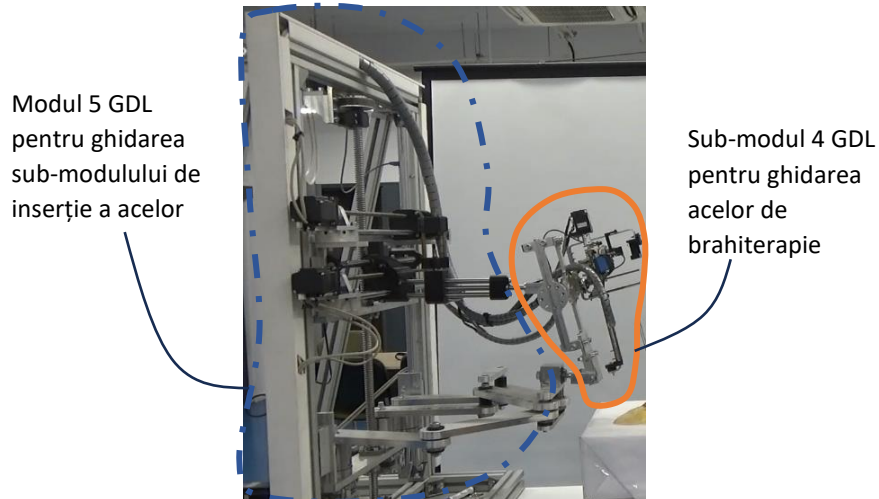


Figura 4. Modulul pentru ghidarea instrumentului de inserție a acelor a sistemului robotic PROHep-LCT.

După simularea atât în mediul virtual cât și a modelului experimental se realizează reprezentarea grafică pentru a verifica dacă cele două coincid. Pentru a valida structura robotică trebuie evaluată comparativ variația în raport cu timpul la nivelul coordonatelor independente ale efectorului final pentru a vedea dacă rezultatele coincid, Figura 5.

Pentru simularea traiectoriilor s-au folosit seturile de puncte prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Coordonatele punctelor pentru simularea traiectorie modulului ce ghidează acele.

Modul Ac					
Punct	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	ψ [°]	θ [°]
Inițial	490	300	30	0	0
Inserție	520	295	300	5	0
Țintă	520	295	450	5	0

În Figura 5 este ilustrată reprezentarea grafică a rezultatului algoritmului de validare a modulului de ghidare a instrumentului de inserție al acelor (roșu – rezultatele obținute în urma simulării modelului experimental, verde – rezultatele obținute în urma simulării pe modelul virtual), astfel după cum se poate observa traiectoriile celor două simulări coincid și în cazul acestui modul.

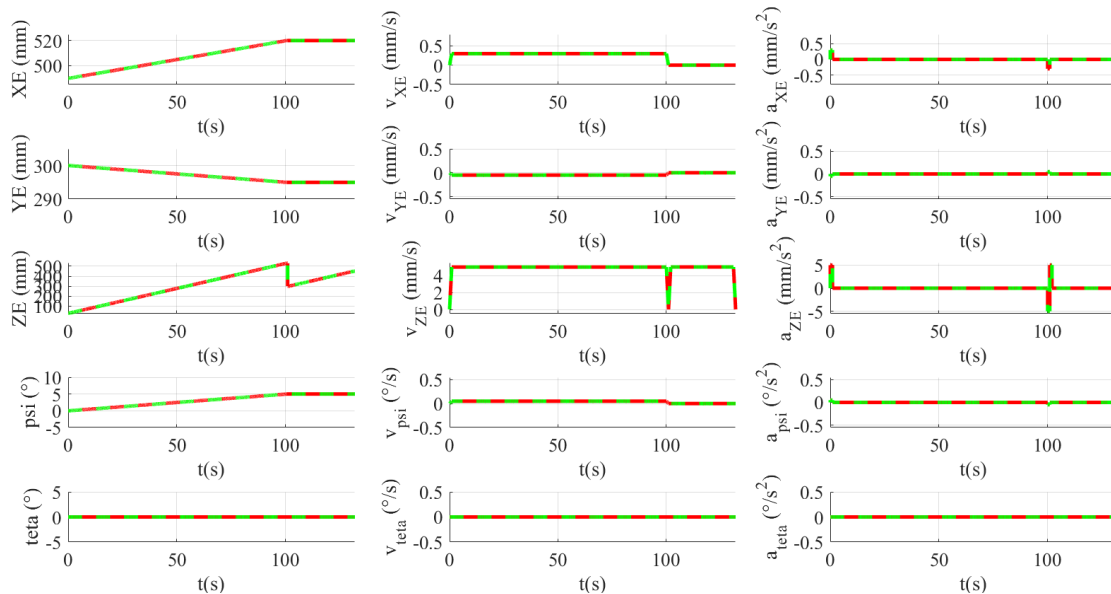


Figura 5. Rezultatele simulării modulului de ghidare a acelor de brahiterapie pentru: poziții, viteze și accelerații

Raport 3 - Testarea instrumentului pentru inserția acelor a robotului PRoHep-LCT

Figurile 6-8 prezintă diagramele vitezelor motoarelor instrumentului de inserție a acelor de brahiterapie pentru mecanismul Gantry (poziționare în planul OXY) și inserția acului pe traiectorie liniară. Coordonatele de intrare (viteza pe fiecare axă – lina roșie pe fiecare grafic) sunt calculate pe baza datelor furnizate de sonda ecografică intraoperatorie, iar datele experimentale obținute din encoderele motoarelor (poziții transformate în viteză) sunt ilustrate cu lina verde întreruptă pe fiecare grafic. Comparând numeric datele obținute, se poate concluziona că instrumentul de inserție a acelor funcționează cu o eroare de sub 1%.

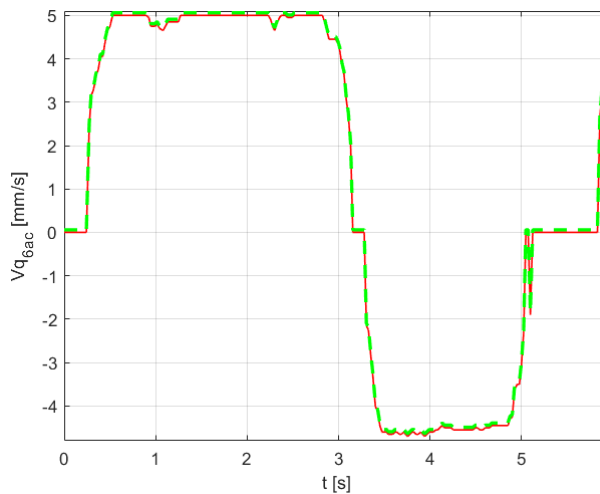


Figura 6. Poziționarea acului de brahiterapie pe axa OX

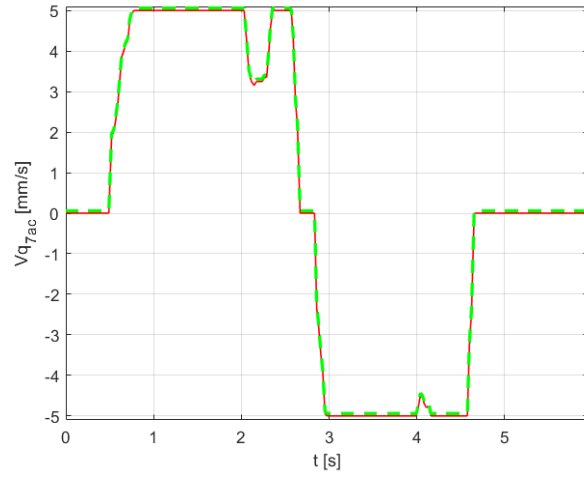


Figura 7. . Poziționarea acului de brahiterapie pe axa OY

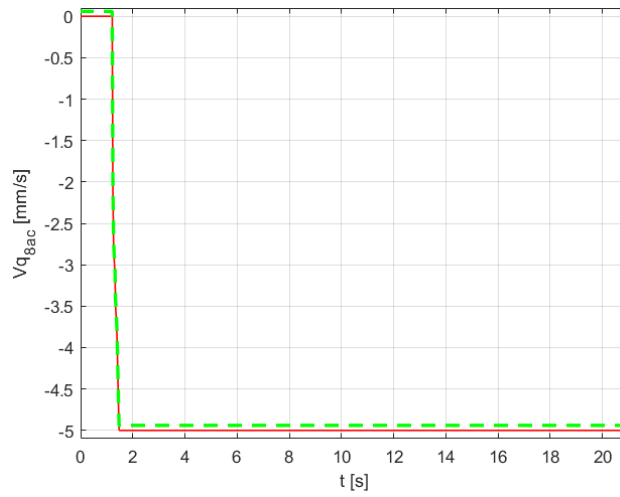


Figura 8. . Poziționarea acului de brahiterapie pe axa OZ

Prof. Doina Pislă

