

- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: data, nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' consentito l'utilizzo solo di: fogli forniti, penna, righello, calcolatrice (che non offra la possibilità di memorizzare formule). A chi fosse trovato altro materiale sarà annullata la prova automaticamente e inderogabilmente.
- 3) La prova sarà istantaneamente e inderogabilmente annullata anche a chi fosse colto a parlare con gli altri candidati. E' consentito parlare solo col docente.

TESTO DELLA PROVA

Ad un paziente è stata acquisita un'immagine *MRI* al cervello per fini diagnostici nella quale è visibile un'area il cui baricentro si trova in:

$$b_{MRI} = \begin{bmatrix} -33 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix};$$

Si deve ora eseguire un prelievo biotico per valutare la natura del tessuto nell'area oggetto d'indagine.

Il chirurgo pianifica l'intervento che sarà eseguito utilizzando un ago da biopsia guidato da un sistema robotico. A tal fine definisce quello che a suo parere è il punto d'accesso ottimale. Tale punto ha coordinate:

$$a_{MRI} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 110 \end{bmatrix};$$

Il robot è guidato dall'immagine *MRI* ed è in grado posizionare una cannula nella quale far scorrere manualmente la punta di un trapano, per forare la calotta cranica, e successivamente l'ago da biopsia per procedere al prelievo.

Tutte le misure sono espresse in mm.

Quesito 1 (Punti 6)

E' nota la seguente matrice di registrazione (ottenuta accoppiando punti anatomici corrispondenti):

$${}^{MRI}T_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Il robot è in grado di posizionare l'estremità della cannula in un punto desiderato. Calcolare nel sistema di riferimento del robot *R* la posizione da far assumere all'estremità della cannula per posizionarla in corrispondenza del punto d'accesso pianificato.

Quesito 2 (Punti 6)

Poiché un controllo di ragionevolezza su un target anatomico ha dato esito negativo, si decide di eseguire un ulteriore passaggio di registrazione 3D/2D sul cranio per mezzo di un C-Arm (opportunamente calibrato e sensorizzato) che fornisce la seguente matrice di registrazione di raffinamento:

$${}^{R_{raff}}T_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 3.5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

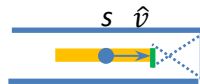
Quanto vale ora, sempre nel sistema di riferimento del robot R , la posizione da far assumere all'estremità della cannula per posizionarla in corrispondenza del punto d'accesso pianificato? Determinare inoltre quanti mm deve essere inserito l'ago per raggiungere il target della procedura come pianificato (considerando che il robot ha orientato correttamente la cannula).

Quesito 3 (Punti 6)

- a) Una volta posizionato l'ago lungo la traiettoria ed alla profondità pianificata, con il C-Arm viene acquisita una singola immagine nella quale è identificabile solo la punta dell'ago e l'area oggetto della procedura. E' possibile identificare l'errore commesso nel raggiungimento del target? Motivare la risposta.
- b) E qualora si avesse la garanzia che l'ago non ha subito deformazioni?

Quesito 4 (Punti 6)

Sfortunatamente l'esito della biopsia è stato positivo ed il chirurgo deve provvedere alla rimozione chirurgica della massa tumorale per via endoscopica attraverso il naso. L'endoscopio è dotato di un sensore elettromagnetico la cui estremità può essere considerata approssimativamente in corrispondenza del centro del sensore della camera endoscopica come mostrato in figura:



Determinare la posizione del centro di proiezione della camera nel sistema di riferimento MRI, sapendo che: la distanza focale della camera è 2.3 mm, la lunghezza del sensore elettromagnetico è 10 mm, il baricentro del sensore s ed il versore v che rappresenta l'orientamento dell'asse principale del sensore elettromagnetico hanno coordinate rispettivamente:

$$s_{MRI} = \begin{bmatrix} -10 \\ -1 \\ -5 \end{bmatrix}; \widehat{v_{MRI}} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix}$$

Come evidenziato dal pedice, i sistemi di riferimento in gioco sono già stati opportunamente calibrati e le misure espresse nel sistema di riferimento MRI .

Quesito 5 (Punti 6)

Con questa posizione dell'endoscopio, il chirurgo vede nell'immagine una macchia che si differenzia leggermente rispetto al tessuto circostante ma, sulla base della sua esperienza, non ha la certezza che si tratti del tessuto tumorale da rimuovere. Gli sembra inoltre di non aver posizionato l'endoscopio in modo da poter individuare la lesione. Valutare e motivare se con l'attuale posizione dell'endoscopio è possibile visualizzare il baricentro della lesione considerando che l'angolo di vista è 90° e che le immagini acquisite sono circolari.