

**NOTE:**

- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: 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 automaticamente e inderogabilmente annullata anche a chi fosse colto a parlare con gli altri candidati. E' consentito parlare solo col docente.

**TESTO DELLA PROVA**

E' stata acquisita un'immagine volumetrica di risonanza magnetica nella quale sono state identificate le coordinate di tre punti fiduciali sul paziente nel sistema di riferimento dello scanner MRI:

$$f_{mri1} = \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 10 \end{bmatrix}; f_{mri2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 100 \\ 0 \end{bmatrix}; f_{mri3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 100 \end{bmatrix}$$

Nella sala operatoria è presente un localizzatore elettromagnetico dotato di puntatore con il quale sono stati acquisiti i medesimi punti nel sistema di riferimento L del localizzatore:

$$f_{L1} = \begin{bmatrix} 10 \\ 3 \\ 14 \end{bmatrix}; f_{L2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 73 \\ 70 \end{bmatrix}; f_{L3} = \begin{bmatrix} 0 \\ -67 \\ 70 \end{bmatrix}$$

Il sistema di riferimento MRI è stato registrato con il sistema di sistema riferimento L utilizzando la procedura standard messa a disposizione dal navigatore chirurgico che ha fornito la seguente matrice omogenea di rototraslazione:

$${}^LT_{mri} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 3 \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Quesito 1 (Punti 10)

determinare numericamente quanto vale l'errore di registrazione FRE in termini di scarto quadratico medio.

Quesito 2 (Punti 6)

Prima di procedere con l'intervento si fa un controllo di ragionevolezza andando a confrontare un punto target  $t$  dell'immagine nel sistema di riferimento MRI con il medesimo punto acquisito con il puntatore nel

sistema di riferimento del localizzatore L:  $t_{mri} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; t_L = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ -1 \end{bmatrix};$

calcolare numericamente il TRE (in modulo) su detto target.

Quesito 3 (punti 3)

Si decide di eseguire nuovamente la registrazione utilizzando i medesimi dati (stessi punti acquisiti rispettivamente in MRI ed in L) utilizzando il metodo ai minimi quadrati, ottenendo:

$${}^L T N_{mri} = \begin{bmatrix} 1.0000 & -0.0012 & -0.0012 & 0.0902 \\ 0.0000 & 0.7071 & -0.7071 & 3.0000 \\ 0.0017 & 0.7071 & 0.7071 & -0.5269 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Indicare quanto vale la differenza in modulo tra:

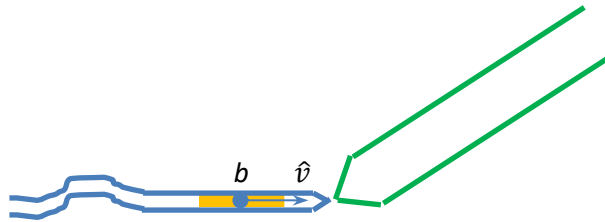
- il baricentro dei punti fiduciali in MRI ( $f_{mri1}, f_{mri2}, f_{mri3}$ ) registrato su L utilizzando la suddetta matrice di registrazione

-ed il baricentro dei medesimi punti in L ( $f_{L1}, f_{L2}, f_{L3}$ )

corredando la risposta delle opportune motivazioni e/o calcoli.

#### Quesito 4 (punti 7)

Poiché si tratta di un intervento mininvasivo e con la punta del puntatore in dotazione non sarebbe possibile raggiungere l'intero spazio di lavoro dell'intervento, si decide di realizzare un piccolo puntatore (blu in figura) inserendo un sensore elettromagnetico a 5 gradi di libertà (una spira) all'interno di un piccolo tubetto con la parte terminale realizzata in materiale rigido. Per calibrare il sensore di detto puntatore piccolo, rispetto alla punta del medesimo puntatore, si fa ricorso al puntatore grande (in verde) in dotazione mettendo le punte dei rispettivi puntatori in contatto, come mostrato in figura:



Il sistema di localizzazione fornisce la posizione del baricentro del sensore  $b$  ed il versore  $\hat{v}$  che rappresenta l'orientamento dell'asse principale del sensore. Una volta che le punte sono state poste in contatto, si acquisisce simultaneamente la punta del puntatore grande  $P$ ,  $b$  e  $\hat{v}$  ottenendo le seguenti misure (rispetto al sistema di riferimento del localizzatore):

$$P = \begin{bmatrix} 10 \\ 20 \\ 30 \end{bmatrix}; b = \begin{bmatrix} 5.76 \\ 20.00 \\ 34.24 \end{bmatrix}; \hat{v} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \\ 0 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} \end{bmatrix};$$

Dopodiché, se il puntatore piccolo è stato spostato in una nuova posizione e  $b$  e  $\hat{v}$  ora valgono:

$$b = \begin{bmatrix} 20 \\ 20 \\ 20 \end{bmatrix}; \hat{v} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix};$$

quali sono ora le coordinate della sua punta (esprese nel sistema di riferimento del localizzatore)?

#### Quesito 5 (punti 4)

E' a disposizione un endoscopio con angolo di vista pari a  $25^\circ$ . La zona sulla quale si deve intervenire ha una forma pressoché sferica con diametro approssimativamente di 3 cm. Calcolare la distanza minima rispetto al centro della zona dell'intervento alla quale si può porre il centro di proiezione dell'endoscopio avendo un'inquadratura di tutta la zona d'interesse.