

- 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.
- 4) NB: tutte le unità di misura sono in mm.

TESTO DELLA PROVA

Un intervento per resezioni tumorali al bacino è eseguito con un sistema robotico e prevede di rimuovere la zona malata tagliando lungo traiettorie pianificate a partire da immagini CT.

I sistemi di riferimento e le loro relazioni sono descritte di seguito:

-Il sistema di riferimento della base del robot RB è calibrata rispetto ad un sistema di localizzazione L .

-Il controllore del robot gestisce la posa dell'end-effector E rispetto alla base a partire dalla matrice ${}^{RB}T_E$.

-E' nota la posa della punta della fresa ET_F in E .

Quesito 1 (Punti 6)

Una prima registrazione del sistema di riferimento CT con L è eseguita utilizzando un puntatore su punti anatomici corrispondenti. Le coordinate di detti punti valgono:

$$\begin{aligned} f_{CT1} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} & f_{CT2} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \end{bmatrix} & f_{CT3} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 14 \end{bmatrix} \\ f_{L1} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 0 \end{bmatrix} & f_{L2} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 3 \end{bmatrix} & f_{L3} &= \begin{bmatrix} -14 \\ 15 \\ 5 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

e matrice di registrazione:

$${}^L T_{CT} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 15 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Determinare l'errore di registrazione globale sui punti fiduciali.

Quesito 2 (Punti 6)

A tale registrazione segue una registrazione per superfici (acquisite sempre col puntatore) che determina una trasformazione:

$${}^{L'} T_L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Determinare l'errore di registrazione globale sugli stessi punti fiduciali utilizzati al quesito 1 e valutare se al punto 1 sia stato utilizzato il metodo di registrazione ai minimi quadrati motivando la risposta.

Quesito 3 (Punti 6)

Rappresentare l'intera catena cinematica con sistemi di riferimento, matrici e linee orientate necessaria per rimappare una posa del planning in $CT {}^{CT}F_P$ nella punta della fresa e determinare algebricamente la matrice ${}^{RB}T_E$ da impostare sul controllore del robot che permette tale corrispondenza. In altre parole, calcolare ${}^{RB}T_E$ per posizionare la punta della fresa in una posa nota in CT .

Quesito 4 (Punti 6)

Per verificare che le trasformazioni legate al robot siano accurate, prima di eseguire ciascuna operazione si posiziona la punta della fresa F sul punto di partenza in prossimità dell'osso confrontandone la posizione acquisita con il puntatore del localizzatore posizionato nel medesimo punto.

Utilizzando le medesime notazioni utilizzate al punto precedente, rappresentare graficamente il vettore d'errore dato dalla posizione della punta della fresa F rispetto a quella del puntatore P ed elencare le possibili sorgenti di tale errore. Si ricorda che la trasformazione ET_F fornisce la posa del sistema di riferimento con origine sulla punta della fresa.

Quesito 5 (Punti 6)

Durante l'intervento, dopo aver già eseguito alcuni tagli, si esegue un controllo di ragionevolezza globale. La posizione della fresa è controllata per posizionarsi in corrispondenza di un target anatomico t univocamente determinabile nell'immagine CT , precedentemente registrata (registrazione iniziale + affinamento mediante ICP dei punti 1 e 2) e la verifica al punto precedente - rispetto al sistema di riferimento L - rientra nei limiti di tolleranza richiesti di 1 mm. Purtroppo, da un'analisi visiva la fresa non è in corrispondenza del target con un errore di alcuni centimetri. Quale potrebbe essere la sorgente dell'errore e come potervi ovviare?