

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 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 che deve essere sottoposto ad intervento per la rimozione di una metastasi ossea in prossimità dell'anca è stata acquisita un'immagine CT dell'articolazione. Nell'immagine sono visibili 3 riferimenti fiduciali (marcatori radio opachi) applicati sulla cute del paziente. Le coordinate dei baricentri di

detti riferimenti fiduciali in CT sono: $f_{CT1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; f_{CT2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 0 \end{bmatrix}; f_{CT3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 21 \end{bmatrix}$

e le coordinate dei medesimi punti acquisiti manualmente con il puntatore del sistema di navigazione

sono: $f_{L1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 20.5 \\ 0 \end{bmatrix}; f_{L2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 22.5 \\ 10 \end{bmatrix}; f_{L3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$

Il sistema di riferimento CT è stato registrato con il sistema di sistema riferimento L ottenendo:

$${}^L T_{CT} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 21.5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Quesito 1 (Punti 6)

Qual è in modulo l'errore massimo di registrazione sui punti fiduciali? (il massimo degli *FREi*)

Quesito 2 (Punti 6)

La matrice ${}^L T_{CT}$ è utilizzata per inizializzare una procedura di registrazione 3D/2D sul profilo osseo del bacino per mezzo di un C-Arm (opportunamente calibrato e sensorizzato) che fornisce la seguente matrice di registrazione di raffinamento:

$${}^{L_{raff}} T_L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1.5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1.5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Determinare quanto vale ora in modulo l'errore massimo di registrazione sui suddetti punti fiduciali.

Quesito 3 (Punti 6)

Motivare le differenze tra gli errori sui punti fiduciali ottenuti al quesito 2 rispetto a quelli ottenuti al quesito 1.

Quesito 4 (Punti 6)

I margini della metastasi non sono ben identificabili nell'immagine del C-Arm e pertanto il chirurgo necessità di vedere in realtà aumentata la proiezione della lesione virtuale ricostruita dall'immagine CT

sovrapposta a quella dell'immagine 2D fornita dal C-Arm. Il pannello detettore del C-Arm è quadrato con dimensioni di 26X26 cm e dista dalla sorgente 99.3 cm. Affinché si possa avere coerenza tra la proiezione della lesione virtuale con l'immagine del C-Arm, a quanti gradi deve essere impostato l'angolo di vista della telecamera virtuale (che acquisisce immagini quadrate)? Calcolare e motivare.

Quesito 5 (Punti 6)

I vertici dei triangoli del modello 3D della lesione virtuale sono espressi nel sistema di riferimento CT e sono memorizzati nella matrice M_{CT} (con i vertici memorizzati per colonna come per i punti fiduciali). Sul C-Arm è presente un sensore a 6 gradi di libertà solidale all'arco che permette di determinare in tempo reale la trasformazione ${}^L T_S$ in tempo reale. E' già stata determinata la matrice di calibrazione ${}^S T_C$ tra il sistema di riferimento C con origine nell'emettitore del C-Arm riportato in figura ed il sistema di riferimento del sensore S. Supponendo che i parametri intrinseci del modello di proiezione del C-Arm siano stati replicati nella telecamera virtuale, determinare algebricamente la trasformazione ${}^{CV} T_{CT}$, che posiziona la metastasi virtuale rispetto alla camera virtuale, tenendo conto dei sistemi di riferimento riportati in figura, affinché le immagini virtuali acquisite possano essere coerentemente fuse con quelle del C-Arm. Motivare.

