

- 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 di nefrectomia parziale (taglio parziale di rene) è eseguito con il robot Da Vinci e guidato con un sistema che mostra al chirurgo la linea di taglio da seguire, in realtà aumentata sullo schermo del robot, definita a partire da immagini volumetriche CT preoperatorie.

Questo sistema utilizza uno scanner intraoperatorio CBCT (arco a C 3D) per registrare il planning definito nel sistema di riferimento CT rispetto al paziente. Non vi sono sistemi di localizzazione tradizionali e la posa statica dell'endoscopio è identificabile lasciandolo nell'addome del paziente durante l'acquisizione dell'immagine intraoperatoria CBCT (esiste una routine che fornisce la posa dell'endoscopio rispetto al sdr CBCT). In particolare, tale posa statica è relativa alla videocamera di sinistra C_L . La posa relativa tra le 2 videocamere C_L e C_R è determinata con una opportuna procedura di calibrazione, così come i parametri intrinseci di proiezione.

Quesito 1 (Punti 6)

Disegnare tutti i dispositivi descritti al punto precedente e rappresentare tutte le trasformazioni tra i sistemi di riferimento di detti dispositivi corredate dagli archi orientati. Determinare infine algebricamente la trasformazione necessaria per riferire il planning definito in CT nel sistema di riferimento C_R .

Quesito 2 (Punti 6)

La matrice di registrazione tra l'immagine pre e intra operatoria (determinata con un metodo basato sulla mutua informazione) vale:

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

ed il baricentro un punto anatomico sul rene facilmente identificabile nelle due immagini vale:

$$B_{CT} = \begin{bmatrix} 10 \\ 1 \\ 10 \end{bmatrix} \quad B_{CBCT} = \begin{bmatrix} -9 \\ 25 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Determinare il TRE.

Quesito 3 (Punti 6)

Il punto anatomico B descritto al punto precedente è visibile anche con l'endoscopio ed è utilizzato per effettuare un controllo di ragionevolezza utilizzando la visualizzazione in realtà aumentata: confrontando la sua posizione nelle immagini dell'endoscopio rispetto alla sua replica virtuale in realtà aumentata ottenuta dal suo modello 3D in CT. Purtroppo, durante un intervento, su entrambe le immagini c'è un disallineamento di alcuni cm su detto punto. Quali potrebbero essere le cause di un così alto errore?

Quesito 4 (Punti 6)

Con un accessorio da montare sull'endoscopio è possibile fornire una visualizzazione in realtà aumentata senza vincolare staticamente l'endoscopio. Tale accessorio A basato su sensori inerziali e bussola (IMMU) permette di acquisire in tempo reale il suo orientamento assoluto, cioè la matrice di rotazione ${}^A R_T$ tra l'orientamento di un sistema di riferimento solidale alla terra e quello su A (permettendo quindi di ottenere anche l'orientamento relativo tra due pose di detto accessorio ${}^{A1}R_{A2}$). Considerare che l'endoscopio è vincolato a ruotare garantendo il centro di rotazione -corrispondente all'accesso nell'addome del paziente- impostato sul robot e che è possibile determinare tale centro di rotazione sia rispetto al sistema di riferimento A che rispetto a quello della videocamera di sinistra, oltre che la trasformazione tra detti due sistemi di riferimento. Come dovrebbe essere utilizzato l'orientamento fornito dall'accessorio A per garantire una vista in realtà aumentata corretta anche durante le rotazioni dell'endoscopio? Corredare la risposta con tutti i dati e calcoli necessari, considerando che è ammessa solo la rotazione e è comunque ammessa la traslazione (lungo il suo asse) dell'endoscopio.

Quesito 5 (Punti 6)

Il rene può essere considerato come rigido (per i nostri scopi) ma durante la procedura può essere mosso dal chirurgo. Tali movimenti, possono disallineare la visualizzazione in realtà aumentata? Perché? Se sì, quale potrebbe essere una metodica per permettere di mantenere la registrazione in realtà aumentata anche durante i movimenti del rene? Nel rispondere ricordarsi che l'endoscopio è stereoscopico.