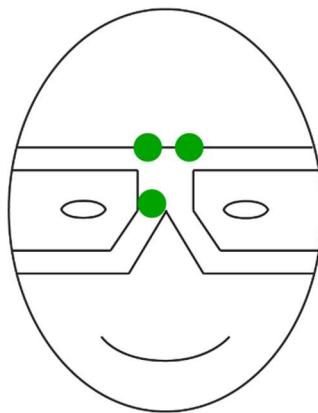


- 1) Scrivere su ciascun foglio protocollo consegnato dal docente: data, nome, cognome e numero di matricola. Riconsegnare tutti i fogli consegnati dal docente indicando quali sono i fogli di bella che saranno gli unici a essere valutati. Non sarà valutato quanto sarà scritto su questo foglio.
- 2) E' 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 che deve essere sottoposto ad un intervento per la rimozione di un meningioma cerebrale (tumore vincolato alla teca cranica) è stata acquisita un'immagine CT nella quale è visibile il tumore. A partire da detta immagine CT è stata progettata una maschera paziente-specifica indossata dal paziente come in figura durante l'intervento. Su detta maschera sono presenti 3 marcatori radiopachi.



In sala operatoria è presente un sistema di guida con realtà aumentata composto da un unico blocco che integra un localizzatore ottico (basato su telecamere) ed un proiettore per la visualizzazione delle informazioni direttamente sul paziente. Tale sistema è rigidamente vincolato al letto operatorio.

Le posizioni dei baricentri di detti marcatori sono dunque note nel sistema di riferimento dell'immagine CT e durante la procedura chirurgica, una volta fissata la testa del paziente al letto -procedura usuale per questo tipo di interventi- possono essere acquisite mediante il localizzatore i .

Le coordinate dei baricentri del marker nel sistema di riferimento CT sono:

$$f_{CT1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad f_{CT2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \end{bmatrix} \quad f_{CT3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 14 \end{bmatrix}$$

Le coordinate dei medesimi baricentri nel sistema di riferimento del localizzatore sono:

$$f_{L1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 13.5 \\ 0 \end{bmatrix} \quad f_{L2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 15 \\ 2.5 \end{bmatrix} \quad f_{L3} = \begin{bmatrix} -14 \\ 16 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Grazie a detti punti fiduciali, il sistema di riferimento CT è stato registrato con il sistema di riferimento L , ottenendo la matrice di registrazione:

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

Quesito 1 (Punti 6)

Calcolare in modulo l'errore massimo di registrazione sui punti fiduciali (il massimo *FREi*).

Quesito 2 (Punti 6)

Durante l'intervento, si vuole sfruttare il proiettore per fornire una guida in realtà aumentata. In particolare, si vuole proiettare sulla testa del paziente il planning preoperatorio contenente il modello 3D del tumore e la linea di taglio pianificata da seguire durante l'intervento.

A tal fine, il modello di proiezione del proiettore è già stato calibrato, in altre parole se ne conoscono i parametri intrinseci. Detti parametri intrinseci sono stati impostati nella camera virtuale utilizzata per generare le immagini da inviare al proiettore, permettendo così di proiettare coerentemente le informazioni rispetto al proiettore il cui sistema di riferimento è *P*.

Ricordando che il planning è riferito rispetto al sistema di riferimento CT, esplicitare cos'altro è necessario impostare nello scenario virtuale affinché si abbia coerenza tra l'informazione proiettata ed il paziente. Corredare la risposta con opportune formule e grafici dei sistemi di riferimento utilizzati.

Quesito 3 (Punti 6)

Considerando che il modello di proiezione del proiettore ha un'immagine di 3.100 x 1.900 pixel (orizzontale x verticale) e che la distanza focale è pari a 600 pixel, determinare l'angolo di vista orizzontale e verticale da impostare nella camera virtuale affinché si abbia coerenza tra la proiezione del planning preoperatorio e l'immagine del proiettore.

Quesito 4 (Punti 6)

Il planning consiste in una traiettoria di taglio per la craniotomia di forma circolare con diametro di 40 mm. Considerando che il proiettore è pressoché ortogonale rispetto all'area dove verrà eseguita la craniotomia, calcolare la distanza minima dal cranio alla quale si dovrebbe porre il (centro di proiezione del) proiettore affinché si possa vedere l'intero planning preoperatorio proiettato sul cranio. È ragionevole posizionare il proiettore prossimo a tale distanza minima e procedere con l'operazione?

Quesito 5 (Punti 6)

Come già evidenziato, questa tipologia di interventi è comunemente eseguita con la testa del paziente vincolata al letto. Col sistema descritto, se durante l'intervento il chirurgo avesse necessità di spostare la testa, sarebbe possibile continuare a fornire l'informazione di guida coerentemente? Motivare la risposta corredandola di opportune formule e grafici.