

Applicazioni e possibili sviluppi delle prese stereoscopiche in campo radiologico

Elena Baj(*), Pietro Biondetti(**), Ivan Barbacetto(***)

(*) Professore e Ingegnere,
(**) Direttore dell'Unità Operativa Radiologia Ospedale Maggiore di Milano Irccs Policlinico,
Mangiagalli e Regina Elena, (***) Geosoft s.r.l.

Abstract

Scopo di questo lavoro è evidenziare e sperimentare le potenzialità della visualizzazione stereoscopica in ambito radiologico, con particolare riguardo alla capacità della percezione spaziale e della conseguente interpretazione dei vari elementi rappresentati. In pratica si vuole dimostrare che l'osservazione stereoscopica delle radiografie, rispetto a quella classica monoscopica, riesce a dare la sensazione della profondità e di conseguenza permette di analizzare e interpretare meglio anche i dettagli che a "prima vista" potrebbero sembrare più insignificanti. In questa sperimentazione tutte le riprese stereoscopiche sono state fatte su un fantoccio che riproduce la densità dei vari elementi che si trovano nel torace del corpo umano. Inoltre, essendo composto di *slices*, sono stati introdotti al suo interno degli elementi di diverso peso atomico e di diversa dimensione al fine di confrontarne la percezione tra i metodi tradizionali e quelli stereoscopici. I primi risultati sembrano confermare le ipotesi iniziali, ovvero che l'osservazione stereo delle prese stereoscopiche sono in grado di fornire un maggior numero di informazioni all'osservatore, inoltre, con una ulteriore elaborazione, noti gli elementi di presa delle radiografie, si possono avere anche gli elementi metrici di interesse nel caso in esame.

The objective of this research is to emphasize and experiment the potential of stereoscopic visualization in the radiology field, with specific attention aimed at the capacity of spatial perception and consequential interpretation of the various elements represented. From a practical standpoint, the intent is to demonstrate that stereoscopic observation of radiographs, versus the classic monoscopic method, allows for the presence of depth thus allowing for improved analysis and interpretation of details that at a 'first glance' may seem to be irrelevant. All stereoscopic images in this experiment were performed on a dummy that reproduced the density of various elements present in the thorax of the human body. Furthermore, since its composed of slices, various elements with differing weights were introduced internally with the objective to compare the perception between traditional methods and stereoscopic ones. Initial results seem to confirm the initial hypothesis, that stereo observation of stereoscopic images can provide more information to the observer, in addition to, with further elaboration, in consideration of the elements of radiographic images, obtain metric elements of interest in the case being examined.

Le prese a raggi X

I raggi X sono una porzione di onde elettromagnetiche che si propagano alla velocità della luce; la loro frequenza è dell'ordine dei miliardi di hertz e la loro lunghezza d'onda è dell'ordine del milionesimo di millimetro. Gli elementi di un generatore di raggi X sono: un generatore di alta tensione, un tubo a vuoto con un catodo, un anodo. La funzione del catodo è quella di generare elettroni e di focalizzare il fascio elettronico, l'anodo invece costituisce l'obiettivo che gli elettroni

devono colpire. Esso è generalmente costituito da un grosso cilindro di rame con incastonata una placca di tungsteno sulla quale viene concentrato il flusso di elettroni. La placca colpita dagli elettroni emette raggi X e viene chiamata “fuoco termico”. La proiezione del fuoco termico su un piano perpendicolare dell’asse del fascio di raggi X viene chiamato fuoco ottico. Il fuoco è in genere un quadrato con lato di qualche decimo di millimetro e per questa ragione si può ritenere puntiforme nello studio della formazione dell’immagine. In ogni caso la precisione nei processi di quantizzazione è tanto maggiore quanto più ridotta è la dimensione del fuoco. Poiché i raggi X si propagano in linea retta, la radiografia, come la fotografia, si può considerare una proiezione centrale con centro nel fuoco: i punti immagine si ottengono proiettando i punti oggetto dal centro di proiezione cioè il fuoco. Il piano di proiezione è la lastra radiografica, se la radiografia è analogica, un insieme di sensori se è digitale. Mentre nella fotografia la pellicola è impressionata dai raggi riflessi dalla superficie esterna degli oggetti, nella radiografia i raggi X penetrano nell’oggetto e attraversano spessori considerevoli di corpi opachi alla luce ordinaria. L’insieme fuoco-lastra si può considerare una speciale camera da presa la cui apertura massima è di circa 30°: esiste il diaframma che può limitare il fascio; l’oggetto da riprendere viene, in genere, posizionato vicino alla lastra in analogico o al piano dei rilevatori in digitale, se si vogliono immagini nitide. Le distanze fuoco-lastra variano in genere da 50 a 200 cm. Una precisa standardizzazione, però, non esiste: per questo nelle radiografie sarebbe opportuno indicare alcuni elementi della ripresa per un migliore confronto tra una stessa parte anatomica ripresa con elementi di presa diversi. Con le normali apparecchiature radiologiche, e compatibilmente con i movimenti possibili, una coppia di radiografie stereoscopiche si può eseguire:

- tenendo immobile la parte anatomica da radiografare, orientando il raggio centrale del fascio di raggi X normalmente al piano di appoggio (considerato parallelo al piano-lastra o al piano dei sensori) e spostando, fatta la prima radiografia, il tubo radiogeno di una opportuna quantità (base) parallelamente al piano ed ad un lato della stessa ed eseguendo poi la seconda radiografia (raggi centrali paralleli). Con un lettino mobile si possono invertire i movimenti e ottenere praticamente lo stesso effetto tendo però ferma la sorgente.
- Come sopra ma con gli assi centrali del fascio di raggi X leggermente convergenti.
- Tenendo fermo il tubo radiogeno e ruotando di pochi gradi, in genere 6°, l’oggetto intorno ad un asse parallelo al piano di appoggio.

Tutti e tre i metodi sono stati impiegati con successo ma il più diffuso e comunque quello che garantisce la visione più agevole rimane il primo. E’ chiaro che la stereografia fatta con questa tecnica comporta l’immobilità del paziente. Con le apparecchiature analogiche esiste il problema del cambio della lastra tra la prima e la seconda ripresa: ciò rende la procedura più lunga.

La visione stereoscopica

La visione stereoscopica si basa sul confronto delle immagini retiniche nei due occhi. Brevemente possiamo dire che gli oggetti più vicini proiettano la propria immagine su punti della retina più distanti in senso orizzontale. La distanza tra lo stesso punto nelle due immagini prende il nome di disparità retinica. In pratica il sistema visivo è in grado di calcolare tale disparità e di assegnare, quindi, un senso di maggiore o minore profondità agli oggetti dello spazio visivo e quindi generare l’effetto tridimensionale. E’ importante sottolineare che la visione stereoscopica non si origina nella retina ma si forma a livello della corteccia striata (cervello) dove vengono combinati i segnali provenienti dai due occhi. Questo importante tipo di percezione prende il nome di stereopsi primaria. Invece per stereopsi secondaria si intende un insieme di meccanismi che sono in grado comunque di dare informazioni sulla profondità degli oggetti nello spazio visivo. In pratica è quello che accade quando si osservano soggetti oltre i 30 metri di distanza in quanto la visione diventa praticamente monoculare, ovvero le immagini retiniche dei due occhi sono essenzialmente identiche. Gli elementi monoculari di valutazione della profondità di campo sono essenzialmente:

- conoscenza del soggetto, in quanto se si conoscono le dimensioni è possibile valutare la distanza
- l’effetto prospettico della scena

- collocazione delle ombre e dell'illuminazione (effetto "chiaroscuro" dei pittori)
- interposizione, se un'immagine è parzialmente coperta da un'altra è più lontana.

Questi elementi vengono comunemente e inconsciamente utilizzati da tutti noi per valutare la profondità quando la stereoscopia non è utilizzabile; osservazione di un paesaggio lontano, analisi di una foto ecc... Facendo adesso riferimento alle immagini radiologiche, essendo il corpo umano semitrasparente nei confronti dei raggi X, possiamo dire che le immagini radiologiche sono praticamente del tutto carenti dell'effetto di interposizione. Per cui si può dire che la sola conoscenza del soggetto sia l'elemento utilizzabile dai professionisti per interpretare questo tipo di immagini. In genere, per ovviare a questa lacuna vengono effettuate delle prese da diverse angolazioni (es. frontale e laterale), ma come è facile intuire, questa metodologia oltre ad essere complicata richiede una elevata esperienza e comunque non è in grado di definire spazialmente e in modo completo il soggetto. Queste considerazioni sottolineano quanto sia importante la visione stereoscopica nelle immagini radiologiche.

Vantaggi e possibili applicazioni

Una delle possibili applicazioni della visione X stereoscopica è per l'analisi delle radiografie dei polmoni. Infatti una sola immagine dei polmoni non riesce a dare informazioni circa la posizione e la forma di ciò che è di interesse per gli operatori, mentre la visione stereoscopica può rivelare una complicata topografia del sistema vascolare dei polmoni. L'impiego delle immagini stereoscopiche nelle cliniche per tubercolotici ha dimostrato che questo metodo permette di determinare cambiamenti strutturali nei polmoni e di osservare una fibrosi marginale come effetto della malattia. Inoltre queste immagini a distanza di un mese o di alcune settimane sono in grado di dimostrare l'efficacia del trattamento terapeutico. Naturalmente le immagini radiografiche confrontate devono essere riprese sempre in uno stesso momento della respirazione.

Un'altra applicazione è la X stereoscopia nello studio del seno. In questo caso, molto spesso la mammografia stereoscopica digitale è basata sulla ripresa di due radiografie stereoscopiche inclinate una rispetto all'altra di circa 8°.

A tal proposito, uno studio molto interessante è stato condotto dal Prof. Getty alla Emory University.

Il Prof. Getty sostiene che nella normale mammografia lesioni molto sottili possono essere mascherate da tessuto normale che sta o sopra o sotto la lesione e possono sfuggire all'osservazione. Dal luglio 2007, per verificare l'efficacia del metodo stereoscopico, è stato studiato un gruppo di circa 1000 pazienti con alto rischio di sviluppare un tumore al seno. Ciascun paziente ha avuto un esame mammografico tradizionale ed uno stereoscopico digitale. Le immagini sono state interpretate indipendentemente da differenti radiologi; sono state individuate 259 diagnosi sospette e su queste 109 vere lesioni (accertate anche tramite biopsia). Dall'esame dei risultati è emerso che l'esame mammografico standard non ne aveva riconosciute 40, mentre l'esame stereoscopico "solo" 24. Inoltre per quanto riguarda le calcificazioni la mammografia standard non ne aveva riconosciute 20, mentre il metodo stereoscopico "solo" 4. Quindi, già da questi risultati, si può concludere che la metodologia stereoscopica potrebbe anticipare la diagnosi di tumore alla mammella.

Altre applicazioni di X fotogrammetria sono ad esempio nel campo della radioterapia endocavitaria, per cura del cancro uterino e in ambito chirurgico.

La nostra sperimentazione

Purtroppo non è stato possibile fare riprese stereo effettive, in vivo. Quindi, per la nostra sperimentazione, si è utilizzato un manichino che riproduce fedelmente l'anatomia e le varie densità del torace del corpo umano (figura 1) e un'apparecchiatura radiologica digitale.



Figura 1: Il manichino di test

Dapprima si sono fatte le riprese classiche postero-anteriore e latero-laterale a 90° tra loro; successivamente si sono fatte una serie di riprese stereo antero-posteriori con distanza di presa intorno a cm. 140; questo valore è dovuto al fatto che, la griglia, che elimina le radiazioni diffuse nelle prese del torace, è predisposta per tale distanza; la base di presa stereo è di circa 14cm. Inoltre, sono state fatte delle riprese introducendo all'interno del manichino degli elementi di diverso peso atomico e di diversa dimensione.

Nelle riprese di cui alla figura 2 sono stati inseriti dei repere di rame dello spessore di 0,05 mm, 0,5 mm e 1,2 mm e dei repere di piombo di 0,8 mm. Alcuni di questi elementi non erano ben individuabili alla analisi monoscopica. Successivamente la coppia di immagini stereo è stata visualizzata e osservata in stereoscopia con il software GDS-Viewer di Geosoft e si sono individuati spazialmente diversi elementi che inizialmente non erano stati rilevati.

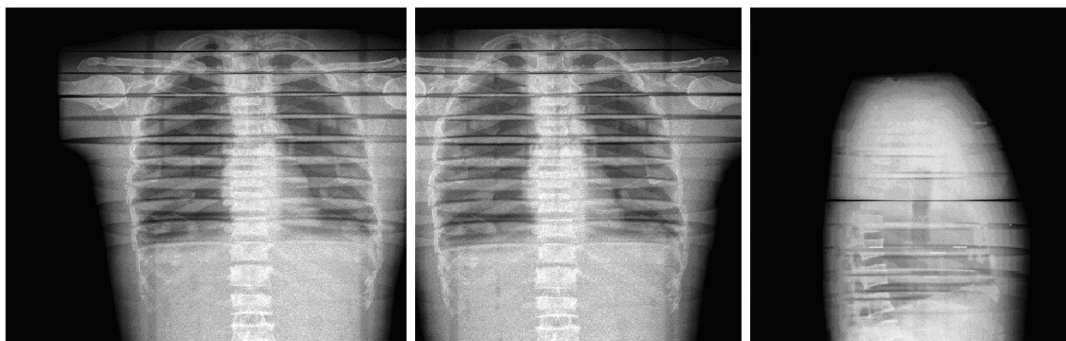


Figura 2. Le due viste frontali e la "classica" laterale

E' chiaro che, per affermare scientificamente i vantaggi della visione stereoscopica, dovrà essere eseguita una sperimentazione su un campione reale e con diversi soggetti. Comunque già da questi dati sono emerse in modo evidente le potenzialità di questa metodologia di indagine.

Bisogna considerare che per questo utilizzo non sono necessari hardware/software costosi e ingombranti. Basta un semplice PC e un sistema di visualizzazione stereoscopica (passivo o attivo su monitor CRT oppure i più moderni basati su LCD tipo iZ3D o Planar ad esempio). Inoltre l'utilizzo e la stessa visione risulta veramente semplice (visto anche il target a cui si deve rivolgere) in quanto trattasi praticamente di uno stereoscopio digitale. Infatti, per una semplice interpretazione stereoscopica, non è richiesto né l'impiego di immagini metriche né delle relative procedure di calibrazione/orientamento (anche se ciò è ovviamente possibile nel caso si intendesse utilizzarle metricamente).

Conclusioni

L'impiego della stereoscopia nelle immagini a raggi X risale a più di 100 anni fa. Infatti già a quel tempo il problema dell'interpretazione monoscopica di questo tipo di dato era ben noto. L'impiego di strumenti complessi e complicati da utilizzare ha fatto sì che la tecnica stereoscopica sia andata in disuso o utilizzata in modo marginale. Inoltre l'avvento della TAC, che fornisce in brevissimo tempo una situazione 3D, non ha certo contribuito a rilanciare l'utilizzo di questa tecnica. Bisogna però tener presente che se si prende, per semplificare, come unità di misura la quantità di radiazioni assorbita dall'organismo con una semplice radiografia toracica, la stessa analisi fatta con la TAC può essere l'equivalente di 385 radiografie toraciche. Probabilmente le TAC, eseguite con apparecchiature più recenti, sono in grado di "scansionare" il paziente con dosi di radiazione minori. Risulta però indubbio che comunque saranno sempre molto maggiori di un paio di radiografie. Ragion per cui l'impiego delle radiografie stereoscopiche non dovrebbe essere sottovalutato, perlomeno in quelle casistiche dove si rende necessario effettuare delle diagnosi con una certa frequenza. Con le attuali tecnologie, computers, sistemi di visione stereo e le immagini digitali ottenute direttamente dalle apparecchiature radiologiche, l'utilizzo risulta alquanto semplificato e molto economico. Dal punto di vista della percezione, è innegabile che due immagini, fuse assieme da quella macchina eccezionale che è il cervello umano e la percezione della tridimensionalità, sono sicuramente dei fattori migliorativi rispetto ad una "semplice" analisi monoscopica. Lo scopo di questo lavoro è anche questo; cercare di ridare un nuovo contributo a questo tipo di analisi ormai andate in disuso.

Bibliografia

- Piazzola –Beloch M., "Roentgenfotogrammetria", R. Politecnico Milano Istituto di Topografia e Geodesia, Pubblicazione N.18
- Hallert B., "X-Ray Photogrammetry", Elsevier Publishing Company
- Piazza G. (1973), "Perfezionamento della XO-Radiografia: Le due immagini stereo su una unica lastra", Istituto di Radiologia dell'Università di Padova, *Quaderni di Radiologia*, Vol.28
- Berestov A. (2005), "Stereo X-ray Image Processing for radiography", *United States Patent* 6862364
- Borin N. (2002), "Comparison of resection-intersection algorithms and projection geometries in radiostereometry", *ISPRS Journal of Photogrammetry*, 56
- Getty D.J. (2007), "Improved Accuracy of Lesion Detection in Breast Cancer Screening with stereoscopic Digital Mammography", *RSNA News*
- Cheniy A.N., Kanter B.M., Serova E.V., Ratobyl'skii G.V. (2007), "Use of stereoscopic Vision for Analysis of Digital X-Ray Images of Lungs", *Biomedical Engineering*, Vol.41, N.5
- Mutsumasa T., Yoshiharu T. (1976), "Serial cerebral angiography in stereoscopic magnification", *Am J Roentgenol*, 1211-1218

