

Uso di modelli tridimensionali in ambito senologico

Dario Allegra¹, Giuseppe Catanuto², Giovanni Gallo¹, Diego Sinitò¹, Filippo Stanco¹

¹ Dipartimento di Matematica e Informatica, Università degli Studi di Catania, Catania

² Azienda Ospedaliera Cannizzaro, Catania

{allegra, gallo, dsinito, fstanco}@dmi.unict.it, giuseppecatanuto@gmail.com

Abstract

L'introduzione della tecnologia 3D in contesti clinici porta un'innovazione utile a medici e pazienti. Grazie alla collaborazione tra l'IPLab dell'Università di Catania e la Breast Unit dell'Azienda Ospedaliera Cannizzaro è stata definita una procedura che va dall'acquisizione dei modelli 3D dei seni all'analisi degli stessi, con l'obiettivo di valutare il risultato delle operazioni di ricostruzione.

1 Introduzione

Lo studio della forma del corpo umano per mezzo di modelli tridimensionali è da molto tempo oggetto di ricerca e trova diverse applicazioni in ambito statistico, industriale e soprattutto medicale. Già nei primi anni 2000, è stato presentato uno dei più grandi progetti in questo ambito, denominato CAESAR¹; lo scopo è stato quello di effettuare un'indagine demografica sulla popolazione di tre differenti paesi: Stati Uniti D'America, Olanda e Italia. La popolazione in esame era formata da circa 4000 soggetti e per ognuno di essi sono stati acquisiti tre modelli tridimensionali, in pose differenti, ed un set di misure antropometriche.

Nel nostro lavoro ci siamo concentrati sull'analisi della morfologia del seno e sulle applicazioni mediche nel campo della chirurgia plastica. Di norma, si tende a ricostruire il seno destro e sinistro in modo che questi risultino simmetrici. Uno dei nostri obiettivi è quello di descrivere la forma del seno in modo parametrico, al fine di valutare in maniera oggettiva i risultati di un'operazione di ricostruzione. Lavorando in collaborazione con degli specialisti della chirurgia plastica senologica abbiamo sviluppato un framework per l'acquisizione dei modelli 3D tramite un dispositivo low cost e diverse strategie di analisi dei seni tridimensionali.

2 Acquisizione dei modelli 3D

Per la scelta del dispositivo di acquisizione sono stati considerati diversi fattori chiave: hardware dai costi contenuti; semplicità di utilizzo anche per non esperti del settore; tempi di acquisizione rapidi. Per questi motivi la nostra scelta è

ricaduta sullo Structure Sensor, uno scanner a luce strutturata che può essere utilizzato in combinazione con un iPad per l'acquisizione del modello tridimensionale.

Per scansionare un seno in maniera corretta la nostra procedura prevede che la paziente porti le mani dietro la nuca, tenendo alzati i gomiti. Questo comporta un'apertura dello sterno con una conseguente distensione del seno, che ci permette di ottenere dei modelli più accurati anche nel caso in cui il seno presenti una severa ptosi. L'operatore, tenendo in mano lo scanner, ruota attorno la paziente completando la scansione in circa 40 secondi. Dopo la scansione i modelli vengono ripuliti e ritagliati in base ad una regione di interesse (ROI) definita dallo specialista.

2.1 Composizione dei dataset

Utilizzando questa procedura sono stati acquisiti quattro dataset per la modellazione e la validazione del sistema:

- **Dataset 1:** 41 seni, 22 sinistri, 19 destri. Volume valutato nel range (1 - 6) e ptosi nel range (1 - 4).
- **Dataset 2:** 31 seni, 17 sinistri, 14 destri. Volume e ptosi valutati con valori nell'intervallo (1 - 4).
- **Pre-op:** 52 seni, 26 sinistri, 26 destri. Tutti i modelli provengono dalla stessa paziente e sono stati acquisiti da operatori diversi.
- **Post-op:** 16 seni, 8 sinistri, 8 destri. I modelli di questo dataset provengono dalla stessa paziente del dataset Pre-op dopo l'intervento di ricostruzione su entrambi i seni.

3 Analisi dei modelli 3D

Durante i nostri studi abbiamo valutato due diversi approcci per ricavare un descrittore per i seni tridimensionali. Poiché il nostro scopo era quello di confrontare le forme in modo da valutarne la similitudine, abbiamo proposto un sistema che ci permettesse di mappare i seni in uno spazio metrico 2D e di utilizzare la distanza euclidea come misura di similitudine.

3.1 Approccio tramite proiezioni planari

Il primo approccio [Gallo *et al.*, 2016] si basa sull'idea di rappresentare i seni attraverso la deformazione necessaria per trasformare il seno in esame in uno standard. Per far ciò viene utilizzato un metodo basato su Thin-Plate Splines (TPS) che ci permette di trovare la trasformazione non lineare necessaria

¹<https://www.sae.org/standardsdev/tsb/cooperative/caescope.htm>;

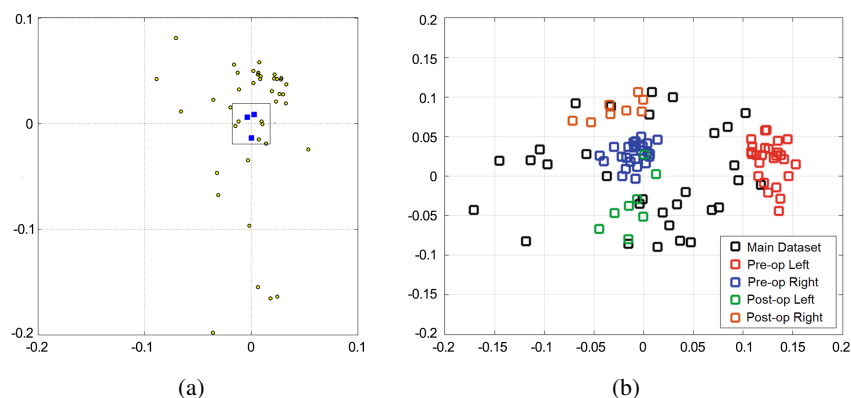


Figura 1: a) Plot dei seni del Dataset 1 usando il descrittore derivante da TPS; b) Plot dei seni del Dataset 2, Pre-op e Post-op usando il descrittore ottenuto dall'istogramma delle normali.

per mappare un set di landmark su un set di riferimento (nel nostro caso ottenuti facendo la media tra tutti i landmark del nostro dataset).

Tuttavia, per poter utilizzare TPS è necessario estrarre un set di landmark da ogni modello 3D. La procedura inizia ruotando il modello in modo che la normale media sia allineata con vettore $(0, 0, 1)$; in seguito, il modello registrato si proietta ortograficamente su un piano, ottenendo una depthmap che viene quantizzata su 3 livelli. Per estrarre i landmark si procede come segue: il primo landmark coincide con il punto a profondità massima nella depthmap originale. Per individuare i successivi landmark si considerano 8 rette passanti per il primo landmark con direzioni prestabilite $(0^\circ, 45^\circ, \dots, 315^\circ)$. Il primo gruppo di 8 landmark viene individuato dall'intersezione delle suddette rette con il bordo del livello di quantizzazione maggiore. Il secondo gruppo viene individuato invece dall'intersezione tra le rette e il bordo del livello di quantizzazione intermedio. In questo modo otteniamo 17 landmark per ogni seno. Infine, per mezzo di TPS, si ricava la trasformazione non lineare che ci permette di mappare i landmark del seno sul set di riferimento. La matrice di trasformazione che si ottiene è utilizzata come descrittore del modello 3D. I dati ottenuti hanno una dimensionalità molto elevata ($2 \times 17 = 34$), per cui utilizziamo la Principal Component Analysis (PCA) per ridurre il numero di dimensioni a 2. Il modello 3D del seno può essere così descritto come un punto in uno spazio metrico bidimensionale.

3.2 Approccio tramite l'utilizzo delle normali

Il secondo metodo [Allegra *et al.*, 2017] è basato sull'orientazione delle normali. Dopo la registrazione di ogni modello, descritta nella sezione precedente, lo spazio viene linearmente quantizzato su 4 livelli per ogni componente, ottenendo così $4 \times 4 \times 4 = 64$ possibili orientazioni. Per ogni modello viene effettuato il conteggio delle normali e calcolato il suo istogramma normalizzato che verrà usato come descrittore. Anche in questo caso il descrittore viene ridotto a 2 dimensioni tramite PCA.

4 Risultati

Entrambi gli approcci ci permettono di rappresentare i seni mediante un grafico 2D. Tale rappresentazione è risultata oggettiva, chiara e di facile lettura, in linea con il nostro obiettivo. In Fig. 1(a) possiamo vedere i 41 seni del Dataset 1, rappresentati utilizzando il descrittore ricavato mediante TPS e PCA. In particolare, l'asse delle ordinate sintetizza discretamente le informazioni sul volume e la ptosi. I quadretti in blu rappresentano un test intra-operatore condotto scansionando lo stesso seno tre volte, la vicinanza dei tre punti ci conferma l'invarianza rispetto all'operatore che effettua l'acquisizione. In Fig. 1(b) sono rappresentati i seni del Dataset 2 più quelli dei dataset Pre-op e Post-op, usando il descrittore ottenuto dall'istogramma delle normali e PCA. Analizzando i dataset Pre-op e Post-op, acquisiti dalla stessa paziente dopo un intervento di ricostruzione eseguito su entrambi i seni, è evidente come la distanza tra il seno destro e quello sinistro diminuisce notevolmente nel Post-op, il che conferma la bontà dell'intervento di ricostruzione. Grazie a questa analisi è stato possibile fornire al chirurgo un metodo di valutazione del suo operato, basata su una analisi rigorosa e riproducibile.

Riferimenti bibliografici

- [Allegra *et al.*, 2017] D. Allegra, F. L. M. Milotta, D. Sinitò, F. Stanco, G. Gallo, W. Taher, e G. Catanuto. "description of breast morphology through bag of normals representation. In *Image Analysis and Processing - ICIAP 2017*, pages 511–521, 2017.
- [Catalano *et al.*, 2018] F. Catalano, G. Catanuto, M. B. Nava, W. Taher, N. Rocco, D. Allegra, F. Stanco, G. Gallo, e F. L. M. Milotta. Breast shape analysis with curvature estimates and principal component analysis for cosmetic and reconstructive breast surgery. *Aesthetic Surgery Journal*, 39(2):164–173, 2018.
- [Gallo *et al.*, 2016] G. Gallo, D. Allegra, Y. G. Atani, Filippo L. M. Milotta, F. Stanco, e G. Catanuto. Breast shape parametrization through planar projections. In *Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems*, pages 135–146, 2016.