

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Applicazione di nuove tecniche di analisi di immagine nella sovrapposizione cranio-foto del viso

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/1503199> since 2024-10-17T14:31:31Z

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

APPLICAZIONE DI NUOVE TECNICHE DI ANALISI DI IMMAGINE NELLA SOVRAPPOSIZIONE CRANIO-FOTO DEL VISO

M. Colonna*
T. Lettini**
G. Di Vella*
M. Troia**

Key words: Personal identification; Skull/photo videosuperimposition; Analytical morphometry.

Mots-clés: Identification personnelle; Superposition crâne-photo du visage; morphométrie analytique.

Parole chiave: Identificazione personale; Sovrapposizione cranio/foto; Morfometria analitica.

SUMMARY: Application of new techniques of image processing in the skull/photo of face videosuperimposition

The parametrical description of facial asymmetries is a crucial step in matching the skull and frontal photographs of the face by videosuperimposition. For this purpose, a part of the S.A.M. (Shape Analytical Morphometry) software system was used, consisting of the following steps: a) boundary detection; b) starting point detection; c) size normalization; d) extraction of the fundamental shape by Kth order polynomials; e) finding of the symmetry evaluator (S.A.E.) by means of a second-degree equation.

RÉSUMÉ: Application de nouvelles techniques d'analyses d'images dans la superposition crâne-photo du visage

La description par paramètres d'asymétries faciales (par ex. le contour nasal) est indispensable pour l'évaluation comparative en vue de l'identification personnelle d'un crâne et d'une photo du visage vu de face. Dans ce but, on a utilisé une section du software S.A.M. qui permet les procédés suivants: a) acquisition du contour; b) repérage du point de commencement; c) normalisation dimensionnelle; d) extraction de la forme fondamentale à travers les polynômes d'ordre supérieur; e) recherche de l'évaluateur de symétrie (S.A.E.) à travers le calcul d'une équation de second degré.

*Cattedra di Medicina Legale e delle Assicurazioni e Deontologia in Odontostomatologia (Titolare: prof. M. Colonna) - Istituto di Medicina Legale - Università degli Studi di Bari (Direttore: prof. A. Dell'Erba).

**Consorzio di Ricerca "DIGAMMA" - Bari.

La sovrapposizione tra cranio e foto del viso del soggetto in vita è una procedura di grande utilità nella identificazione personale di resti scheletrici (Colonna et al., 1980, 1982, 1988a; Pesce Delfino et al., 1993).

Sebbene tale tecnica sia stata perfezionata mediante l'impiego di sistemi televisivi a circuito chiuso permangono alcuni punti critici che devono essere rispettati affinché il metodo sia affidabile e ripetibile (Iscan, 1993).

Un primo punto è costituito dalla normalizzazione delle dimensioni e della posizione, rispettivamente della foto e del cranio. In precedenti lavori abbiamo segnalato l'importanza della standardizzazione di tale procedura (Pesce Delfino et al., 1986; Colonna e coll., 1988a, 1988b).

Un secondo punto critico è costituito dal sistema di controllo adoperato per valutare la corrispondenza della sovrapposizione.

Ovviamente, la precisione della valutazione dipende dalla qualità del materiale utilizzabile nella indagine. I migliori risultati sono ottenibili qualora siano disponibili fotografie del capo sia in norma frontale che obliqua e laterale.

Il giudizio sul grado di corrispondenza dell'immagine deve essere basato su criteri volti alla eliminazione dei limiti insiti in una valutazione soggettiva.

I rigidi criteri di standardizzazione adottati nel nostro metodo ci consentono di esprimere un giudizio di identificazione personale quando la corrispondenza delle immagini sovrapposte è verificata non solo in base alla congruità dei principali parametri anatomici del viso e del cranio ma anche per la coincidenza di caratteristiche singolari, altamente individuali (Pesce Delfino et al., 1986).

Il massimo livello di affidabilità nel giudizio di appartenenza, ovvero non appartenenza del cranio alla fotografia del soggetto messi a confronto viene però raggiunto qualora le immagini cranio e foto siano sottoposte a valutazioni morfometriche. Infatti le peculiarità morfologiche responsabili della fisionomia di ciascun individuo contengono numerose informazioni che, se efficacemente estratte, consentono un approccio statistico alla identificazione personale anche se solo poche parti del volto siano utilizzabili.

L'andamento di un profilo anatomico e cioè la sua forma indubbiamente contiene più informazioni di ogni altra valutazione possibile nella medesima regione. Per esempio, ogni misura rilevabile tra la glabella, la spina nasale e l'estremità delle ossa nasali non potrà dirci nulla sulla forma del naso. Invece, il profilo compreso tra questi punti costituisce una caratteristica fisionomica e una descrizione parametriz-

zata del suo andamento, quindi, pone le basi per una procedura di identificazione oggettiva.

Le procedure di morfometria analitica, da noi adottate, utilizzano parti di profilo caratterizzate dalla presenza di sottili tessuti molli che siano paralleli al piano osseo, in assenza di altre strutture anatomiche che incrocino il profilo stesso.

Tali procedure che costituiscono la work-station SAM Forensic (Pesce Delfino et al., 1990a, 1990b, 1991) sono idonee a descrivere i profili (rispettivamente sul cranio e sulla foto) fornendo parametri numerici che esprimono la congruenza tra cranio e foto.

Le procedure quantitative adottate sono le seguenti: polinomi di ordine superiore; analisi armonica di Fourier e procedura Giano (Colonna et al., 1987; Pesce Delfino et al., 1986). Queste sono però applicabili solo allorché si evidenziano profili utilizzabili del volto, cosa che si verifica quasi sempre nelle foto con il volto in posizione laterale ed obliqua ma non nella posizione frontale. In quest'ultima situazione, riteniamo proponibile lo studio delle asimmetrie facciali secondo la procedura di seguito descritta.

Materiali e metodi

In un caso di identificazione cranio-facciale giunto di recente alla nostra osservazione l'esame della fotografia in posizione frontale mostrava una evidente asimmetria facciale che era particolarmente apprezzabile per il diverso andamento dei due versanti, destro e sinistro, del contorno della piramide nasale ed a cui si corrispondeva sul cranio un decorso asimmetrico del contorno dell'apertura piriforme. Effettuata la sovrapposizione televisiva cranio-foto con la tecnica standard (Colonna et al., 1980; Pesce Delfino et al., 1986, 1993) si riscontrava la corrispondenza dei vari punti di riferimento a livello di esame morfologico ed in particolare della piramide nasale con il contorno della apertura piriforme (fig. 1).

Al fine di effettuare una descrizione parametrizzata della asimmetria facciale riscontrata si è applicata la seguente procedura.

Preliminarmente abbiamo effettuato un pretrattamento delle immagini del cranio e della fotografia mediante un elaboratore (VAU 101, "Metamorphosis" s.r.l. - Bari) (Lettini et al., 1993) che consente di effettuare in tempo reale numerosi interventi utili per evidenziare contorni ed esaltare particolari delle immagini di sovrapposizione non immediatamente evidenti all'esame ispettivo (fig. 2).

Fig. 1 - Sovrapposizione tra cranio e foto del viso in posizione frontale

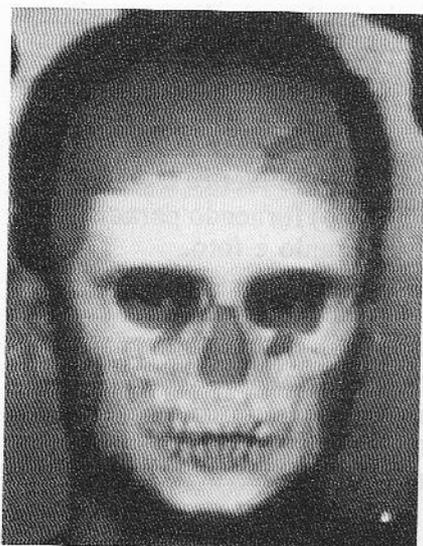
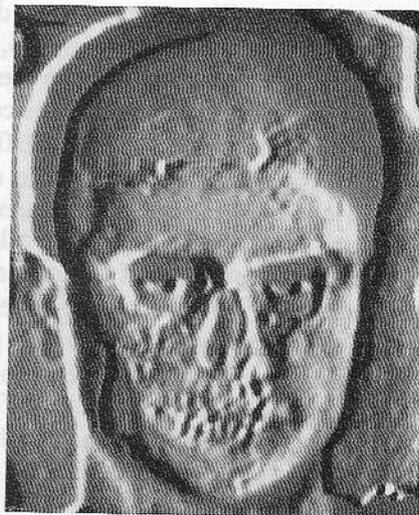


Fig. 2 - Elaborazione dell'immagine con esaltazione dei contorni ed evidenziazione dell'asimmetria del contorno del naso



Tali elaborazioni, oltre a rendere piú agevole la valutazione ispettiva delle corrispondenze, consentono di evidenziare contorni che, quindi, possono essere descritti parametricamente mediante le procedure di morfometria analitica (Pesce Delfino e Lettini, 1990).

A questo fine abbiamo utilizzato la work-station SAM (Shape Analytical Morphometry) (Pesce Delfino et al., 1991) specificatamente sviluppata per lo studio della forma di oggetti. Il sistema descrive, separatamente, con procedure analitiche diverse, le caratteristiche riferite alle irregolarità locali del contorno e quelle relative alle distorsioni (asimmetrie) dell'oggetto. In particolare abbiamo applicato la procedura S.A.E. (Shape Asymmetry Evaluator) per la descrizione parametrizzata delle asimmetrie (Pesce Delfino e Lettini, 1990; Pesce Delfino et al., 1990, 1991).

Le fasi della procedura sono le seguenti:

- *acquisizione semiautomatica del profilo e discretizzazione in punti a coordinate note;*
- *normalizzazione dimensionale;*
- *determinazione della "forma fondamentale" mediante polinomi di ordine superiore. La curva sintetizzata, piú semplice rispetto alla curva originale (effetto di smoothing) rappresenta il piano basilare della struttura in esame. La procedura si svolge nella maniera seguente: i valori di ascissa e di ordinata dei punti del pro-*

filo vengono considerati come variabili dipendenti per calcolare i coefficienti di un polinomio di grado superiore (secondo il metodo dei minimi quadrati), del tipo:

$$f(x) = b_0 + \sum_{k=1}^D b_k x^k$$

dove D è il grado di equazione, X è la variabile dipendente (di volta in volta il valore dell'ascissa e dell'ordinata), b_0 è una costante. Per ogni profilo il metodo viene perciò applicato due volte e la variabile indipendente è in ambedue i casi la serie di numeri interi positivi comprese tra 1 e N dove N è il numero dei punti in cui il profilo è stato discretizzato;

- *applicazione sulle curve così ottenute della procedura S.A.E.* Essa consiste nel calcolo, con il metodo dei minimi quadrati, dei coefficienti di una parabola

$$f(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2$$

e nella costruzione di un complesso costituito dal tratto di parabola di volta in volta definito (arco più o meno convesso, a seconda del valore del coefficiente del termine quadratico) e dal segmento di retta congiungente i suoi estremi (corda). Come variabile indipendente viene usato il valore di ascissa di ogni singolo punto e come variabile dipendente il corrispondente valore di ordinata. Viene effettuata una rotazione baricentrica per una esclusione complessiva di 180 gradi con passo angolare costante di 10 gradi. Viene così effettuata una esplorazione completa della figura ed individuata la collocazione del complesso arco/corda per le posizioni corrispondenti alla massima differenza di sviluppo tra arco e corda (condizione di massima distorsione) e a quella minima. Alla condizione di differenza minima corrisponde la individuazione della situazione di miglior simmetria della figura. Per ogni passo di rotazione vengono calcolati: sviluppo della parabola, lunghezza, intercetta della corda e coefficiente angolare, superficie compresa tra arco e corda (area allometrica) e superficie del dominio compreso tra la corda e il profilo della figura sul lato opposto a quello verso il quale è rivolta la convessità della parabola (area isometrica). La convessità della parabola esprime, per ogni passo di rotazione, la relativa prevalenza di quella parte del profilo verso il quale la convessità stessa è orientata. Viene fornita una rappresentazione vettoriale di tale prevalenza. Se la corda e l'arco coincidono, l'area allometrica sarà uguale a zero (situazione tipica del cerchio) e i domini sui due lati della corda saranno uguali. L'area isometrica rappresenta la frazione che può essere duplicata in maniera speculare sul lato opposto della corda e che fornirà una figura, forse irregolare, ma senza distorsioni. Al termine dell'intera rotazione vengono forniti per i suddetti parametri i valori medi, le deviazioni standard, le variabilità, il valore minimo, massimo e l'intervallo. Tale procedura, applicata sulla forma fondamentale, viene anche usata per determinare il punto di inizio del profilo sulla forma originale; tale punto si trova nella intersezione del profilo stesso con la corda nella condizione del valore minimo della differenza di lunghezza tra l'arco e la corda (situazione di migliore simmetria); tra le due intersezioni viene considerata quella la cui distanza del baricentro è minore.

Risultati e discussione

I risultati grafici dell'applicazione di questa tecnica nel caso in esame sono riportati nelle figure 3, 4 e 5.

Fig. 3 - A) Profilo originale rispettivamente del contorno dell'apertura piriforme (1) e del contorno del naso (2) dopo acquisizione mediante procedure di "contour following" e rispettiva discretizzazione nei punti di coordinate note; B) Sovrapposizione tra curva originale e curva di funzione (rispettivamente dell'apertura piriforme e del contorno nasale). La curva di funzione, che rappresenta il piano basilare (o forma fondamentale) della struttura, è ottenuta mediante polinomi di ordine superiore. Nel caso specifico si tratta di un polinomio di 7° grado.

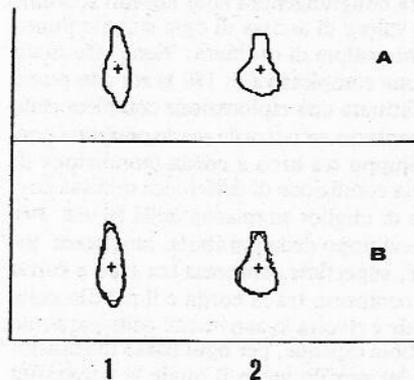
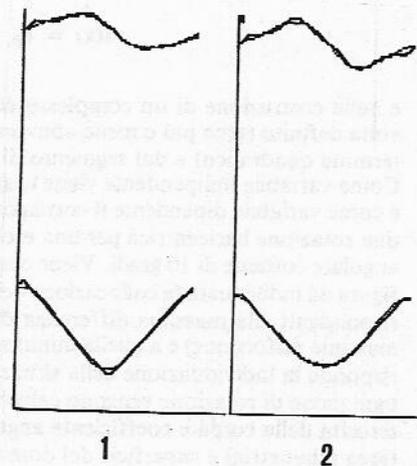


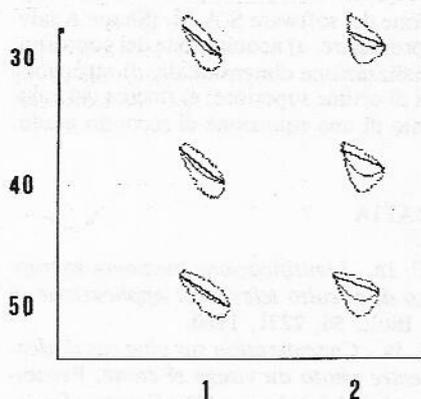
Fig. 4 - La curva fondamentale, vista nella figura 3(B), è ottenuta mediante fusione tra due polinomi calcolati rispettivamente sui valori originali di ascissa (in alto) e di ordinata (in basso). La variabile indipendente in entrambi è costituita dal numero di punti in cui il profilo è discretizzato.



Nel caso di figure regolari (cerchio) oppure irregolari, ma simmetriche, il coefficiente del termine quadratico nell'equazione è uguale a zero e l'arco, ridotto di fatto ad un segmento di retta, coincide con la corda. Se nella figura simmetrica viene introdotta una distorsione, il coefficiente del termine quadratico assume valore diverso da zero e la parabola si sviluppa, indicando la condizione di asimmetria.

Le frazioni di superficie che vengono considerate sono indicate come "allometrica" (tra l'arco e la corda) ed "isometrica" (tra la corda ed il profilo); nel caso che la corda e l'arco coincidano l'area allometrica sarà uguale a zero ed i domini ai due lati della corda saranno uguali.

Fig. 5 - Esempio di procedura S.A.E. (Shape Asymmetry Evaluator) per la valutazione delle distorsioni della figura e l'individuazione delle "asimmetrie". Si tratta di un "fitting" parabolico con evidenziazione della asimmetria facciale che caratterizza il caso in esame rispettivamente a 30°, 40° e 50° di rotazione, rispetto al baricentro.



In ogni altro caso la somma dell'area isometrica e di quella allometrica sarà uguale alla metà dell'area totale e pertanto la parabola approssimerà lo scheletro di primo ordine della figura.

L'area isometrica rappresenta la frazione che, duplicata dal lato opposto della corda, fornisce una figura simmetrica. L'area allometrica è la frazione da sommare all'area isometrica per ottenere la figura di partenza. Abbiamo così costruito un modello più semplice della struttura rispetto alla quale abbiamo quantificato l'asimmetria, esprimendola in termini di area allometrica.

D'altro canto possiamo dare dell'allometria una rappresentazione vettoriale per la quale il parametro S.A.E. (Shape Asymmetry Evaluator), consistente nel rapporto

normalizzato al cerchio tra la somma della lunghezza dell'arco e della corda e l'area allometrica, fornisce il modulo, il coefficiente angolare della corda (in particolare la disposizione della normale corda) rappresenta la direzione e l'orientamento della convessità della parabola indica il verso.

L'interpretazione deterministica delle grandezze indipendenti fornite dalla procedura può seguire due vie. Possiamo fare un rilevamento statico e quindi considerare il concetto di allometria da un punto di vista puramente descrittivo oppure, da un punto di vista dinamico, si può procedere attraverso campionamenti i cui risultati vanno trattati statisticamente in modo classico.

Nel caso in esame l'asimmetria espressa dalla superficie compresa tra arco e corda è maggiore nel contorno del naso (presenza di parti molli) ma il "trend" espresso dall'orientamento ed inclinazione della parabola è sovrapponibile a quello della apertura piriforme (fig. 5).

Questo risultato consente di prospettare che la descrizione numerica del parametro costituito dalla asimmetria facciale possa essere utilizzabile, dopo lo studio statistico di un adeguato campione, nella va-

lutazione della corrispondenza tra cranio e fotografia nella procedura di sovrapposizione cranio-foto.

RIASSUNTO

La descrizione parametrizzata di asimmetrie facciali (ad esempio del contorno del naso) è premessa indispensabile per la valutazione comparativa ai fini della identificazione personale di un cranio e di una fotografia del viso in posizione frontale.

A tale scopo abbiamo utilizzato una sezione del software S.A.M. (Shape Analytical Morphometry) che consente le seguenti procedure: a) acquisizione del contorno; b) individuazione del punto d'inizio; c) normalizzazione dimensionale; d) estrazione della forma fondamentale mediante polinomi di ordine superiore; e) ricerca del valutatore di simmetria (S.A.E) mediante il calcolo di una equazione di secondo grado.

BIBLIOGRAFIA

- COLONNA M., PESCE DELFINO V., INTRONA F. JR - *Identificazione mediante sovrapposizione cranio-foto del viso a mezzo di circuito televisivo: applicazione di una nuova metodica*. Boll. Soc. Ital. Biol., **56**, 2271, 1980.
- COLONNA M., PESCE DELFINO V., INTRONA F. JR - *Consideration sur cinq cas d'identification par superposition televisée entre photo du visage et crane*. Proceedings of the XII Congress of the International Academy of the Forensic Society of Medicine. Vienna, May 17-22, 1982.
- COLONNA M., POTENTE F., VACCA E., LETTINI T., PESCE DELFINO V. - *S.A.M. (Shape Analytical Morphometry) strategy in some actual cases of identification by skull-face matching*. Paper presented at International Symposium "Advances in Skull Identification via Video Superimposition, 3-5 August, Kiel, 1988(a).
- COLONNA M., LETTINI T., POTENTE F., VACCA E., PESCE DELFINO V. - *A case of identification by skull-face computer aided superimposition*. 12th International Congress of Anthropol. Ethnol. Sci., Zagreb, July 24-31, 1988(b).
- COLONNA M., LETTINI T., DI VELLA G., PESCE DELFINO V. - *Applicazione di tecnologie avanzate in antropologia forense: identificazione di due soggetti mediante sovrapposizione cranio-facciale computerizzata*. Antropologia Contemporanea, **16**, 67, 1993.
- ISCAN M.Y. - *Craniofacial image analysis and reconstruction*. In: ISCAN M.Y., HELMER R.P. - *Forensic analysis of the skull*. Wiley-Liss, New York, 1993.
- LETTINI T., COLONNA M., TROIA M., DI VELLA G. - *Tecnologie avanzate in antropologia forense: elaborazione in tempo reale di immagini radiografiche nell'identificazione personale di resti scheletrici*. Antropologia Contemporanea, **16**, 175, 1993.
- PESCE DELFINO V., COLONNA M., VACCA E., POTENTE F., INTRONA F. JR. - *Computer-aided skull/face superimposition*. Am. J. Forensic Med. Pathol., **7**, 201, 1986.
- PESCE DELFINO V., VACCA E., POTENTE F., LETTINI T., COLONNA M. - *Analytical methods by S.A.M. (Shape Analytical Morphometry) work station in computer aided skull identification via video superimposition*. International Symposium in Advances in Skull Identification via Video Superimposition. Kiel, August 3-5, 1988.

- PESCE DELFINO V., LETTINI T. - *Elaborazione di dati da immagini*. Giorn. It. Ost. Gin., **2**, 174, 1990.
- PESCE DELFINO V., RAGONE P., VACCA E., POTENTE F., LETTINI T. - *Valutazione quantitativa delle trasformazioni allometriche delle strutture biologiche*. Boll. Soc. It. Biol. Sper., LXVI, **3**, 263, 1990.
- PESCE DELFINO V., LETTINI T., POTENTE F., RAGONE P., RICCO R. - *Analisi di immagini biologiche per la diagnosi microscopica: la work-station S.A.M. (Shape Analytical Morphometry)*. Microscopia Elettronica, **12**, 1, 1991.
- PESCE DELFINO V., VACCA E., POTENTE F., LETTINI T., COLONNA M. - *Shape Analytical Morphometry in computer-aided skull identification via vieo superimposition*. In: ISCAN M.Y., HELMER R.P. - *Forensic analysis of the skull*. Wiley-Liss, New York, 1993.