

Journal of Biomedical Practitioners

JBP

Periodico per le professioni biomediche a carattere tecnico - scientifico - professionale

Titolo articolo / Article title:

La morfometria: strumento per la classificazione di strutture anatomiche nell'ambito dell'attribuzione di identità forense

Morphometry: a tool for anatomical structures classification applied to forensic identification

Autori / Authors: N. Balossino, M. Coriasco, S. Rabellino

Pagine / Pages: 64-79, N.2, Vol.2 - 2018

Submitted: 27 September 2018 – *Revised:* 29 September 2018 – *Accepted:* 20

November 2018 – *Published:* 27 November 2018

Contatto autori / Corresponding author: Nello BALOSSINO,
nello.balossino@unito.it

Open Access journal – www.ojs.unito.it/index.php/jbp – ISSN 2532-7925



Opera distribuita con Licenza Creative Commons.

Attribuzione – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale.

Questa Rivista utilizza il [Font EasyReading®](http://FontEasyReading.com), carattere ad alta leggibilità, anche per i dislessici.

Periodico per le professioni biomediche a carattere tecnico – scientifico – professionale

Direttore responsabile: Francesco Paolo SELLITTI

Direttore di redazione: Antonio ALEMANNO

Comitato di redazione:

Editors: Antonio ALEMANNO, Mario CORIASCO,
Simone URIETTI, Annamaria VERNONE, Sergio
RABELLINO, Francesco SCIACCA, Chiara MARTINI,
Luciana GENNARI, Patrizia GNAGNARELLA,
Alessandro PIEDIMONTE.

Journal manager e ICT Admin: Simone URIETTI, Annamaria VERNONE

Book manager: Francesco P. SELLITTI, Mario CORIASCO

Graphic Design Editor Francesco P. SELLITTI, Mario CORIASCO, Sergio
RABELLINO

Comitato scientifico:

| | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Prof. Roberto ALBERA | Dott. Federico D'AGATA | Dott. Alfredo MUNI |
| Dott. Massimo BACCEGA | Dott. Patrizio DI DENIA | Dott. Grazia Anna NARDELLA |
| Dott. Alberto BALDO | Dott. Chiara FERRARI | Dott. Salvatore PIAZZA |
| Prof. Nello BALOSSINO | Prof. Diego GARBOSSA | Prof. Lorenzo PRIANO |
| Prof. Paolo BENNA | Dott. Ramon GIMENEZ | Ing. Sergio RABELLINO |
| Prof. Mauro BERGUI | Dott. Luciana GENNARI | Dott. Fabio ROCCIA |
| Dott. Salvatore BONANNO | Dott. Gianfranco GRIPPI | Dott. Elisa RUBINO |
| Prof. Ezio BOTTARELLI | Prof. Caterina GUIOT | Dott. Saverio STANZIALE |
| Prof. Gianni Boris BRADAC | Dott. Chiara MARTINI | Dott. Lorenzo TACCHINI |
| Dott. Gianfranco BRUSADIN | Prof. Alessandro MAURO | Dott. Ersilia TROIANO |
| Prof. Alessandro CICOLIN | Dott. Christian MAZZEO | Dott. Irene VERNERO |
| Dott. Mario Gino CORIASCO | Dott. Sergio MODONI | |

| | |
|-------|---|
| 1 | <i>Riabilitazione della paralisi cerebrale infantile: confronto tra il modello italiano centrato sul bambino e il modello canadese centrato sulla famiglia</i> |
| 18 | <i>Cerebral palsy rehabilitation: comparison between italian child centred and canadian family centred healthcare models</i> |
| <hr/> | |
| | C. Signorelli, L. Beccani, C. Gambarelli, L. Berzieri, A. Brianzi, R. Caudiero, S. Di Deco, C. Giovannetti, C. Govoni, C. Nardi, D. Pelizzola, C. Ruggieri, A. Ferrari |
| 32 | <i>L'indice di complessità assistenziale come strumento di pianificazione: studio osservazionale prospettico in due strutture neurochirurgiche</i> |
| | <i>Index of caring complexity as a management tool: a prospective observational study in two neurosurgical settings</i> |
| <hr/> | |
| | N. Piermattei, G. Moroncini, G. Pelusi, R. Mercanti, S. Salvucci, A. Carbonari, F. Pioli, C. Gatti |
| 45 | <i>Localizzazione e monitoraggio del target durante la radioterapia stereotassica intracranica: confronto fra tecnologia Varian "Portal Vision™" con telecamera IR "exactrac®" e "Brainlab 6d exactrac®/Novalis Tx System integrato con Brainlab's Robotics Couch</i> |
| | <i>Localization and monitoring of the target during stereotactic radiotherapy: comparison between varian portal vision™ technology with IR camera exactrac® and brainlab 6d exactrac®/novalis tx system integrated with brainlab's robotics Couch</i> |
| <hr/> | |
| | C. Macaudo, E. Infusino, A. Montagnoli, C. Dionisi |

Periodico per le professioni biomediche a carattere tecnico - scientifico - professionale

SOMMARIO / TABLE OF CONTENTS Numero 2, Volume 2 - 2018

64

La morfometria: strumento per la classificazione di strutture anatomiche nell'ambito dell'attribuzione di identità forense

Morphometry: a tool for anatomical structures classification applied to forensic identification

N. Balossino, M. Coriasco, S. Rabellino

OPEN ACCESS JOURNAL

<http://www.ojs.unito.it/index.php/jbp>

ISSN 2532-7925



Periodico per le professioni biomediche a carattere tecnico - scientifico - professionale

La morfometria: strumento per la classificazione di strutture anatomiche nell'ambito dell'attribuzione di identità forense

Morphometry: a tool for anatomical structures classification applied to forensic identification

Nello Balossino¹, Mario Coriasco², Sergio Rabellino¹

¹ *Dipartimento di Informatica, Università di Torino*

² *Dipartimento di Neuroscienze, Università di Torino*

Contatto autore / Corresponding author: Nello Balossino

nello.balossino@unito.it



Distribuita con Licenza Creative Commons. Attribuzione – Condividi 4.0 Internazionale

Abstract

Obiettivo

Nell'ambito dell'attribuzione di identità a fini forensi, ci si pone il problema di oggettivare i criteri che portano al riconoscimento di un soggetto, perché ritenuto colpevole di un reato o per scagionarlo. Rendere oggettivo il riconoscimento significa potersi avvalere di metodi e metodologie consolidate e provate che, con responsi analitici, siano in grado di superare il limite della prova testimoniale, potenzialmente soggetta a distorsioni percettive e a falsi ricordi.

Materiali e metodi

L'estrazione da immagini digitali di informazioni semantiche relative a forme, avviene tramite operazioni di segmentazione, binarizzazione, ma soprattutto di rappresentazione e descrizione, secondo tecniche e metodi matematico/geometrici e con l'ausilio di algoritmi appropriati che automatizzano l'estrazione, l'analisi e la comparazione delle informazioni.

Risultati

Partendo dalle metodiche classiche per la rappresentazione e descrizione di forme, è possibile determinare dei descrittori del volto robusti rispetto a trasformazioni di roto-scalo-traslazione; le stesse metodiche sono estendibili a tutti gli ambiti in cui si renda utile la comparazione di forme relative al corpo umano su cui siano individuabili punti di repere e descrittori significativi.

Conclusioni

Grazie all'uso di descrittori robusti del volto, è possibile potenziare la valutazione di compatibilità nell'attribuzione di identità di soggetti, valutazione che si avvale di elementi oggettivi e inconfutabili. Gli stessi criteri sono potenzialmente estendibili a diversi ambiti in cui sia utile un confronto biometrico delle immagini.

Parole chiave: Morfometria, rappresentazione di forme, descrizione di forme, volto umano, attribuzione d'identità.

English Abstract

Purpose

In forensic sciences, we need to objectify the identity attribution criteria that lead to recognize a subject believed guilty of a crime or to exonerate him. Making recognition objective means being able to use proven methods and methodologies that, with analytical responses, could overcome the limit of testimonial evidence, potentially subject to perceptual distortions and false memories.

Materials and methods

The extraction from digital images of semantic information related to shapes, takes place through operations of segmentation, binarization, but above all through representation and description, using mathematical/geometrical methods and with the aid of appropriate algorithms that automate the extraction, the analysis and the comparison of information.

Results

Starting from the classical methods for the representation and description of shapes, it is possible to determine robust face descriptors with respect to rotation-scaling-translation transformations; the same methods are extensible to all the areas in which can be useful the comparison of forms relative to the human body, where is possible to identify appropriate points of reference and descriptors.

Conclusions

Thanks to the use of robust facial descriptors, we can enhance the compatibility assessment in the identity attribution of subjects, evaluation that makes use of objective and irrefutable elements. The same criteria are potentially extensible to different areas in which a biometric comparison of images is useful.

Key words: Morphometry, representation of forms, description of forms, human face, forensic identification.

Introduzione

Nell'ambito della attribuzione di identità a fini forensi, ci si pone il problema di oggettivare i criteri che portano al riconoscimento dell'identità di un soggetto, perché ritenuto colpevole di un reato o per scagionarlo. Rendere oggettivo il riconoscimento significa potersi avvalere di metodi e metodologie consolidate e provate che, con responsi analitici, siano in grado di superare il limite della prova testimoniale, potenzialmente soggetta a distorsioni percettive e a falsi ricordi. Questi stessi metodi risultano applicabili identicamente anche in contesti diversi, laddove il riconoscimento di forme specifiche non può essere solo affidato all'esperienza di uno o più specialisti che analizzano l'immagine alla ricerca di elementi significativi.

La capacità di riconoscimento di una struttura all'interno di un'immagine riveste anche interesse per il confronto con altre eventualmente presenti nella stessa immagine oppure con acquisizioni precedenti, al fine di verificarne il grado di compatibilità o di confermarlo.

Verranno descritti in dettaglio alcuni metodi utilizzati in ambito forense per l'attribuzione di identità di un volto, esempio che risulta di semplice comprensione, appartenendo all'esperienza comune il riconoscimento delle persone dal viso. Questa semplicità consentirà di approfondire le metodiche analitiche, tralasciando le difficoltà potenzialmente indotte da forme di natura più complessa o specialistica.

La rappresentazione e la descrizione

Supponiamo di disporre di immagini digitali che rappresentino la proiezione bidimensionale di strutture tridimensionali di qualsiasi natura, come ad esempio segmenti anatomici acquisiti fotograficamente oppure per mezzo di attrezzature radiologiche. Al fine di poter caratterizzare dal punto di vista morfo-metrico le strutture presenti in un'immagine, è necessario procedere attraverso due fasi successive: la *rappresentazione* e la *descrizione*.

La rappresentazione consiste nella trasformazione delle componenti che concorrono a definire la forma della struttura in esame in una opportuna sequenza di simboli. Le componenti possono consistere in evoluzioni del contorno dell'oggetto o della sua struttura interna che può presentare buchi, evoluzioni, superfici omogenee o fortemente variegate. I simboli utilizzati per la rappresentazione possono essere di vario tipo e consistere, per esempio, in successioni di tratti elementari di curva, in sequenze di indici, in linee di collegamento fra punti di reperi (area di ridotte dimensioni che indicano una zona di interesse per la particolare analisi in atto) in reticoli di contenimento di cui sia stata definita la risoluzione, in direzioni secondo un sistema di riferimento. In altri termini la rappresentazione *trasforma una amorfa matrice di pixel in dati semantici associati agli oggetti presenti nella scena*.

I simboli utilizzati per la rappresentazione concorrono, opportunamente aggregati e trattati, alla fase successiva della descrizione ovvero alla identificazione e definizione di parametri fortemente significativi: questa fase permette di ottenere la caratterizzazione della struttura in modo tale da poterla riconoscere e classificare sia dal punto di vista morfologico sia da quello metrico.

La rappresentazione e descrizione di una scena

Affinché le forme che vengono estratte dall'immagine siano utilizzabili per la comparazione con altre di cui vogliamo valutarne la compatibilità, i parametri descrittivi dovranno essere indipendenti rispetto alle trasformazioni di *rotazione* (sul piano trattandosi di immagini bidimensionali), *traslazione* e *scalamento*. Ciò significa svincolarsi da problemi di posizionamento degli oggetti all'interno dell'immagine (rotazione e traslazione) nonché dal fattore di amplificazione all'atto dell'acquisizione (scalamento).

Esponiamo ora i concetti di rappresentazione e descrizione tramite un semplice esempio.

Si supponga di disporre di un'immagine sottoposta ad un procedimento di segmentazione e di binarizzazione che abbia isolato la struttura di cui in Fig. 1. La segmentazione di un'immagine comporta la separazione di un determinato oggetto di interesse dal background: a tal proposito sono disponibili tecniche la cui illustrazione va al di là degli scopi di questo lavoro. La binarizzazione è un procedimento che associa ai livelli di luminanza presenti in una immagine digitale due soli valori, zero e uno, che solitamente corrispondono ai colori nero e bianco.

Consideriamo ogni quadratino nero (aggregazione di pixel), come una singola unità semantica alla quale può essere associata una coppia di coordinate x , y ed eventualmente un numero che

ne definisca la replicazione lungo una linea, ad esempio quella orizzontale. Nel caso in esame si ottiene, analizzando l'immagine riga per riga e dall'alto verso il basso, la seguente rappresentazione: (3,1,1); (6,1,2); (3,2,1); (6,2,2); (3,3,1); (6,3,2); (3,4,5); (5,5,2); (5,6,2); (5,7,2); (5,8,2)

Questo metodo è normalmente indicato come codifica 'Run Length Encode' (RLE). La rappresentazione così ottenuta costituisce un tipo di codifica reversibile perché permette la ricostruzione dell'immagine originale, previa la definizione della dimensione del reticolo e del punto di partenza.

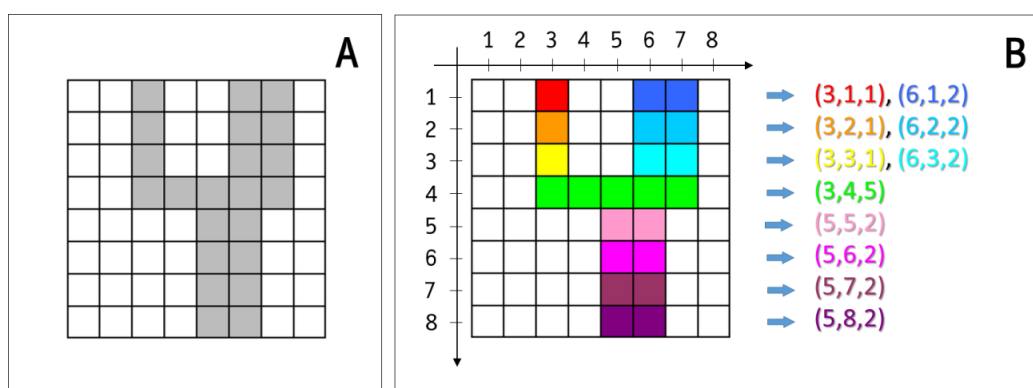


Figura 1: rappresentazione di un'immagine secondo la codifica RLE. A sinistra, immagine da rappresentare. Definita la coppia di coordinate ed il numero di replicazioni del quadratino verso destra, è possibile rappresentare univocamente l'immagine in formato numerico. Ad esempio, si può osservare che il quadrato all'ascissa 3 e ordinata 4, si replica 5 volte. A sinistra, è stato utilizzato un colore per facilitare l'associazione con la relativa tripletta: la sequenza delle triplette rappresenta l'immagine.

Un'altra modalità di rappresentazione numerica che possiamo facilmente estrarre dall'immagine è quella associata al contorno dell'oggetto. Sempre facendo riferimento alla Figura 1, il contorno può essere definito dai segmenti che evolvono secondo le direzioni della rosa dei venti (Fig. 2B) alle quali si possono associare le cifre 0,1,2,3. Scelto un punto (pixel) di origine del percorso di inseguimento del contorno dell'oggetto, ad esempio quello in alto a sinistra (Fig. 2C), facile da determinare poiché è il primo che si incontra in una scansione pixel per pixel da sinistra a destra e dall'alto in basso dell'immagine; stabilito inoltre il verso di percorrenza, ad esempio quello orario, si segue il contorno (la trattazione dell'apposito algoritmo è omessa) e si segna il numero corrispondente alla direzione seguita.

Si ottiene una sequenza di cifre che viene detta codice a catena o "Chain Code" [7, 13]. Nel caso di Fig. 2 si ricava la sequenza "033300111003333233332211122111". Anche in questo caso, definito il punto di partenza e l'interpretazione di ciascuna cifra, il codice a catena permette di ricostruire in modo univoco l'oggetto di partenza, ed anche in questo caso si tratta di una codifica reversibile.

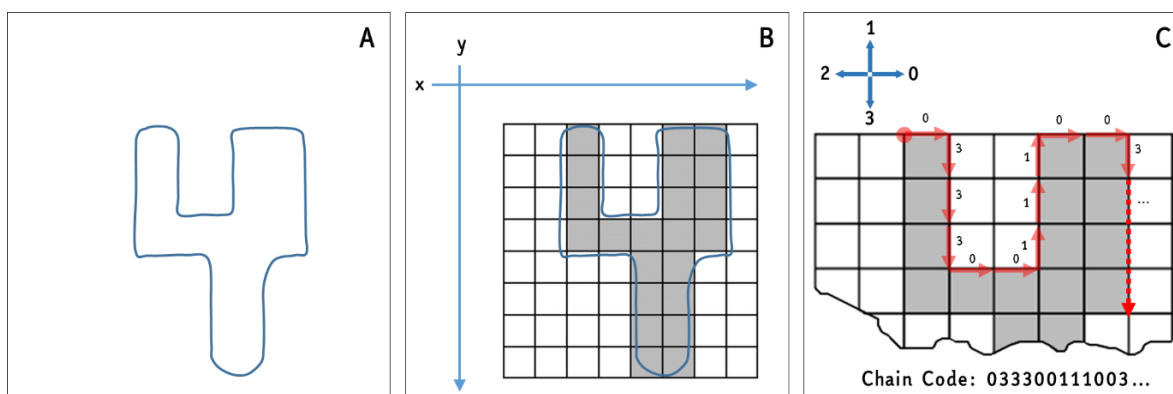


Figura 2: A) oggetto del quale rappresentare il contorno. B) individuazione di una matrice per la definizione dei quadratini neri (vedi testo) C) Rosa dei venti, che definisce i valori numerici in base alla direzione lungo il contorno. Il punto rosso è il punto di partenza dello spostamento della Rosa dei Venti.

Consideriamo ora un ulteriore tipo di rappresentazione che si ottiene analizzando la massima elongazione lungo l'asse delle x e delle y. Si tratta cioè di considerare le coordinate del pixel con il più basso valore di x e y e quello con lo stesso valore di y e massimo di x: si ottiene l'elongazione lungo x. Considerando il pixel con più basso valore di x,y e quello con maggior valore di x,y si ottiene l'elongazione lungo l'asse y. Le due elongazioni permettono di tracciare un rettangolo di contenimento considerando le elongazioni lungo gli assi; nel caso in esame l'elongazione lungo l'asse delle x varrà cinque e quella lungo y otto.

Partendo da queste rappresentazioni, possiamo introdurre due semplici descrittori: associando ad ogni simbolo del codice a catena un valore metrico, ad esempio 1cm, otteniamo come primo descrittore il perimetro del contorno. Nel caso di Fig. 1 il perimetro sarà di 29 cm. Analogamente se ad ogni quadratino associamo l'unità di misura di un'area, supponiamo 1cm², otteniamo come secondo descrittore l'area dell'oggetto. Nel caso di Fig. 1 si ottiene un'area di 22 cm². Questi parametri descrittivi sono molto semplici, ma consentono un primo approccio alla caratterizzazione di un oggetto. Appare peraltro evidente come purtroppo questi descrittori non rispettino le condizioni accennate di indipendenza dallo scalamento e rotazione, mentre risultino indenni ad una eventuale traslazione dell'oggetto sul piano poiché non ne modifica il perimetro o l'area. Per poter superare il problema dello scalamento si può pensare di far uso di rapporti fra misure costruendo così degli indici adimensionali e di facile utilizzazione per la caratterizzazione della forma, che chiameremo biometrici se la forma analizzata è utilizzata per l'identificazione di un soggetto. Come semplice esempio di indice si può considerare il rapporto fra le elongazioni prima viste, lungo l'asse y e lungo l'asse x, da cui si ottiene un indice uguale a 8/5.

Un metodo semplice per rendere i parametri descrittivi indipendenti dalla rotazione della forma, consiste nella definizione di un protocollo di acquisizione che preveda il posizionamento dell'oggetto tridimensionale secondo canoni predefiniti. Si pensi all'acquisizione delle immagini di foto-segnalamento di soggetti che abbiano commesso un reato oppure di immagini radiografiche per la cefalometria, in cui il posizionamento è standardizzato secondo precise indicazioni.

Rappresentazione e descrizione di un volto

La struttura morfologica e metrica di un volto umano costituisce uno strumento utilizzato in vari contesti come per esempio l'emissione della carta di identità o l'accesso ad aree riservate come sale da gioco, centri di ricerca e così via. La localizzazione dei punti di repere utili per la rappresentazione un volto è ormai ampiamente standardizzata e se ne trova facilmente indicazione nella letteratura specializzata [1,2,4,7]: in Fig. 3 sono riportati i principali punti utilizzati durante le operazioni di analisi.

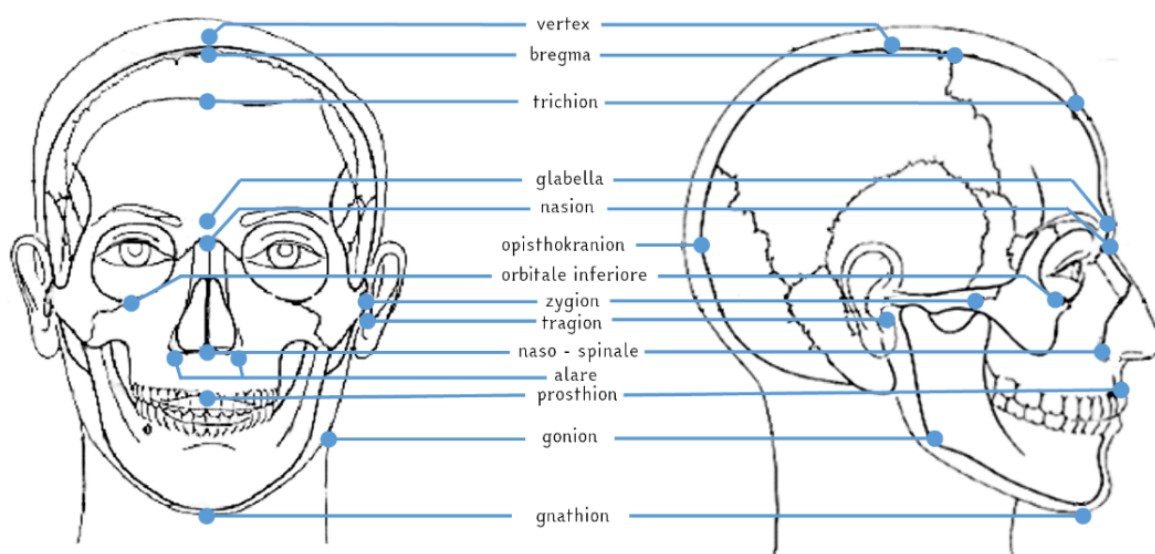


Figura 3: principali punti di repere per la rappresentazione di un volto. Glabella: sopra la radice del naso, dove la cute è in genere priva di peluria; tragion: punto più basso dell'incavo tra il margine superiore del trago e il margine inferiore esterno del padiglione auricolare; trichion, il punto di attacco dei capelli sulla fronte; non rappresentato, si ricorda anche l'eurion, il punto del cranio lateralmente più prominente

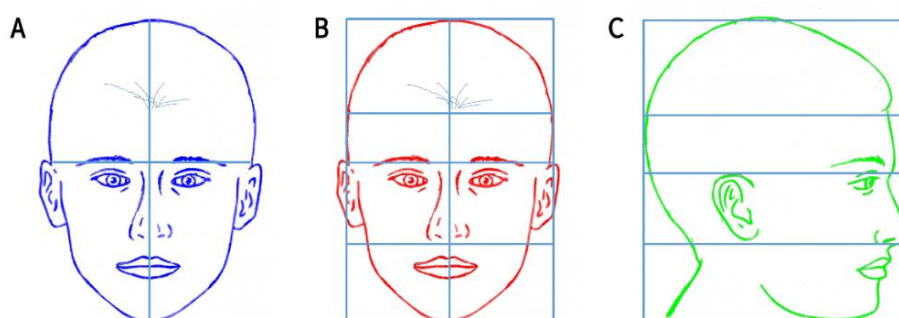


Figura 4: rappresentazione standard di visione frontale e di profilo di adulto maschio. A) la linea verticale di collegamento tra gnation e vertex, in rapporto con la linea orizzontale che collega gli zygion destro e sinistro, fornisce una misura dello sviluppo prevalente del capo, stretto ed allungato (dolicocefalia) o largo e corto (brachicefalia). B) Geometrizzazione del piano facciale ottenuta tramite costruzione di una 'gabbia' di contenimento. C) Esempi di tracciamento linee su profilo standard.

In Fig. 4A possiamo osservare alcuni esempi di rappresentazione di un volto: è indicata la linea di collegamento fra lo gnation con il vertex in modo da evidenziare lo sviluppo verticale del capo, mentre il collegamento tra lo zygion sinistro e destro fornisce una rappresentazione dell'evoluzione orizzontale. In Fig 4B la geometrizzazione del piano facciale frontale si ottiene mediante la costruzione di una gabbia di contenimento con linee tangenti al vertex, allo gnation e all'eurion sinistro e destro. A queste si aggiungono altre linee: quella passante per il trichion, per la glabella e la base del naso.

Nel caso in cui il volto sia ripreso di profilo, è possibile tracciare linee in corrispondenza del vertice della testa, del trichion, dell'arcata sopraccigliare, della linea naso-auricolare e alla base della mandibola: in Fig. 4C è apprezzabile un esempio.

Partendo da queste rappresentazioni, vediamo ora come sia possibile costruire dei descrittori. Per assicurarci che i descrittori siano indipendenti dallo scalamento, non saranno considerati in valore assoluto, ma come *rapporti* in modo da definire degli *indici antropometrici*. Nella pratica accade che si lavori su immagini fotografiche acquisite con fattore di amplificazione diverso, anche solo per la differente distanza del soggetto dall'obiettivo: i valori assoluti di elongazioni non sono pertanto confrontabili, mentre lo sono i loro rapporti.

Un primo indice antropometrico, detto *indice cefalico orizzontale* si ottiene dal rapporto tra la larghezza e la lunghezza della testa; esso permette di valutarne quindi le proporzioni del capo può essere il rapporto fra lo sviluppo orizzontale e verticale del capo (Fig. 4A), che permette di ottenere un indicatore atto a discriminare un capo ad aspetto stretto e lungo (dolicocefalo con indice fino a 75.9), da quello a configurazione intermedia (mesocefalo con indice da 76 a 80.9) e dal corto e largo (brachicefalo con indice da 81 e oltre).

In modo analogo, le rappresentazioni di cui alla Fig. 4B e Fig. 4C permettono di calcolare indici riferiti alle elongazioni delle linee di suddivisione del volto nella visione frontale e in quella laterale.

Osserviamo ora la Fig. 5: il pentagono che collega i diversi punti di repere può essere caratterizzato dalla lunghezza del perimetro e dall'area della superficie che esso racchiude. Perimetro e area sono due descrittori della figura geometrica in esame e quindi del segmento biologico ad essa associato.

Presi singolarmente, essi posseggono un basso potere discriminatore, perché può accadere che lo stesso perimetro corrisponda a forme di diverso aspetto, oppure aree di pari valore corrispondano a forme di aspetto differente.

Se sono considerati insieme, l'intersezione in uno spazio bidimensionale dei parametri perimetro-area permette di creare una classificazione delle forme con un dato perimetro e una certa area, fattori che consentono di *identificare una classe specifica*.

Il *fattore di forma* è il descrittore con maggior valenza derivato dal perimetro e dall'area: vediamo nel seguito come sia possibile calcolarlo.

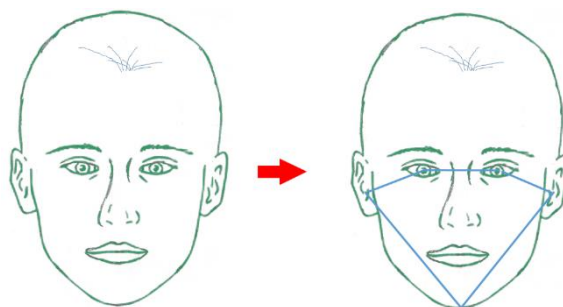


Figura 5: il pentagono in colore blu è caratterizzato dalla lunghezza del suo perimetro e dall'area della superficie da esso racchiusa. Perimetro e area rappresentano due descrittori della figura geometrica in esame e quindi del segmento biologico ad essa associato

Si consideri un cerchio di raggio R ; detta P la lunghezza della circonferenza ed A la sua area, è noto che

$$P = 2\pi R \quad e \quad A = \pi R^2$$

Ricavando il valore del raggio R in funzione della circonferenza P si ottiene $R = \frac{P}{2\pi}$ e sostituendolo nella formula dell'area A , si ottiene:

$$A = \frac{P^2}{4\pi}$$

Dividendo ora ambo i membri per A , si ricava che:

$$\frac{P^2}{4\pi A} = 1 = \frac{4\pi A}{P^2}$$

La quantità $\frac{4\pi A}{P^2}$ esprime il *fattore di forma* di un cerchio e vale 1.

Si può allora definire il fattore di forma di un generico poligono come:

$$fdf = \frac{4\pi A}{P^2}$$

che esprime appunto quanto il poligono preso in considerazione approssimi una circonferenza.

Esso assume il valore massimo, pari a 1, per una forma perfettamente circolare, diminuendo man mano che questa si discosta dall'aspetto di una circonferenza. Per questo motivo, tale fattore è anche noto anche come *fattore di circolarità*, o di *rotondità*, o di *compattezza*.

Tenendo conto che il fattore di forma è una grandezza adimensionale invariante per le trasformazioni fondamentali di rotazione sul piano, traslazione e scalamento, esso permette di caratterizzare i triangoli in cui il poligono può essere scomposto, anziché considerarlo nella globalità. Di conseguenza sono caratterizzate le fattezze fisionomiche ad essi associate.

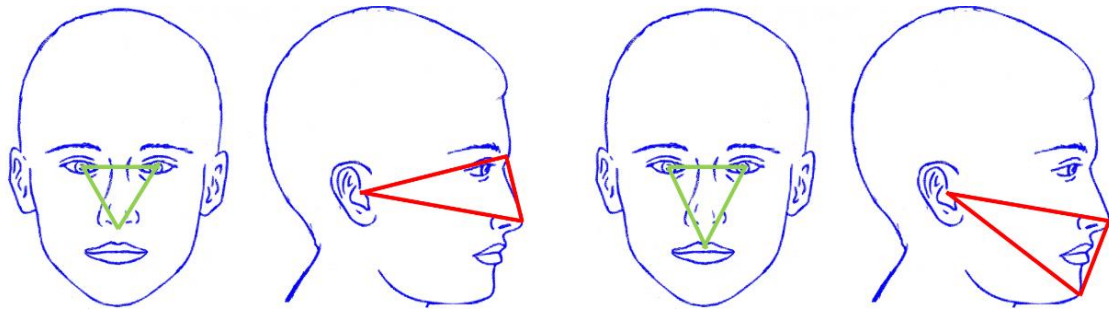


Figura 6: esempi diversi di triangolazione del volto in visione frontale e visione di profilo

Nella Fig. 6 sono riportati esempi di triangolazioni del volto nella visione frontale e in quella di profilo. La comparazione dei fattori di forma dei triangoli associati a segmenti anatomici (per esempio il capo) sottoposti ad analisi, permette di valutare la loro compatibilità metrica in modo analitico.

L'attribuzione di identità

Ora che si dispone di alcuni metodi di rappresentazione e descrizione di un volto, è possibile cercare di utilizzarli al fine di attribuire l'identità ad un Soggetto Non Noto (SNN) che abbia commesso un reato. Il primo passo consiste nell'approccio olistico: mediante un apprezzamento globale delle varie componenti, della loro posizione ed evoluzione spaziale, si arriva ad una valutazione generale di compatibilità riferita a un SNN indicato come indagato/imputato.

Con *olistico* si intende affermare che le singole strutture facciali sono codificate simultaneamente e integrate in un unico percepito globale [10]: i testimoni chiamati a riconoscere l'autore di un reato, osservando le immagini dell'album di foto-segnalamento, mettono in atto un meccanismo di tipo olistico. Il passo fondamentale è però costituito da una fase di analisi più approfondita di natura analitica e si basa sul confronto di un insieme di descrittori fisionomici e metrici, ovvero dei caratteri biometrici.

I descrittori biometrici possono essere definiti in due macro tipi:

- *fisici*, ovvero che riguardano sia il corpo nella sua globalità sia i segmenti anatomici che lo costituiscono e in particolare il volto;
- *comportamentali*, ovvero riferiti al modo con cui si esplicano azioni naturali come per esempio la camminata o una particolare gestualità.

I descrittori possono essere qualitativi ed espressi in modo aggettivale, ad esempio una corporatura che può essere definita robusta oppure esile, oppure quantitativi cioè esplicitati con numeri rispetto a una precisa unità di misura, come per esempio una altezza di 175 cm. La valutazione olistica, nonché la similitudine di un insieme di descrittori, permette di formulare il grado di compatibilità fra gli individui posti a confronto tramite la loro rappresentazione su una immagine digitale.

La scala generalmente utilizzata in ambito forense per l'attribuzione di identità è la seguente:

- non comparabilità
- non compatibilità
- compatibilità parziale
- compatibilità
- compatibilità totale

Non comparabilità: *l'esame di comparazione per definizione, dettagli, travisamenti e posizione, non consente un esame comparativo.*

Non si tratta della incapacità di chi opera l'esame di comparazione, ma della natura delle immagini (ad es. di videosorveglianza) che, per la loro bassa definizione, inquadratura o luminosità non permettono di evidenziare i particolari dei soggetti inquadrati. Si può anche verificare il caso in cui i soggetti utilizzino forme di mimetismo volte proprio a celare i particolari fisionomici. Infine, le posture possono essere tali da non permettere di rilevare segmenti anatomici. In questo caso non esistono i presupposti per condurre confronti con le immagini dell'indagato/imputato e quindi ci si deve esprimere per la non comparabilità.

Non compatibilità: *nelle immagini che ritraggono gli individui a confronto è presente almeno un particolare non posticcio e non modificabile nel tempo che permette di escludere che le due immagini in analisi ritraggano lo stesso individuo.*

Si tratta di parametri fisionomici con forte discriminazione (detti *contrassegni*), come ad esempio evidenti deturpazioni, espressioni facciali inusuali, rughe, segmenti anatomici con strutture particolari, cicatrici, nevi in precise locazioni o con singolari morfologie. In questo caso l'indagine fisionomica può condurre a esclusione, nel caso di presenza in uno solo degli individui a confronto, oppure a identificazione certa, quando si rilevino su entrambi i soggetti. Va detto però che, se non esistono contrassegni ma sono rilevabili connotati con valore singolare, potrebbe essere formulata la non compatibilità per via del forte potere di discriminazione che la singolarità assume. Si osservi che anche l'altezza dell'individuo (semplice parametro biometrico), qualora ci si trovi nel caso di notevole differenza potrebbe assurgere a connotato saliente, ovvero di forte potere identificativo, e indurre la non compatibilità.

Compatibilità parziale: *vista la scarsa definizione e/o visibilità di almeno una delle immagini a confronto, non è possibile rilevare particolari anatomici facciali o comportamentali che permettano di giungere ad un giudizio positivo di comparazione: si riscontrano pochi particolari simili tra gli individui a confronto.*

Generalmente le immagini a scarsa definizione sono quelle di videosorveglianza o di indagine ambientale (OCP, Osservazione, Controllo, Pedinamento), mentre le foto segnaletiche oppure quelle acquisite a posteriori sull'individuo sono generalmente di buona qualità. Le immagini a scarsa definizione, pur sottoposte a metodi che

consentono il miglioramento di qualità, non sempre permettono di rilevare in modo non ambiguo aspetti fisionomici o comportamentali. Occorre osservare che i particolari simili potrebbero essere salienti per cui la compatibilità parziale potrebbe evolvere verso la compatibilità. A fronte di similitudine di aspetti fisionomici rilevati può essere opportuno procedere a valutazioni metriche tramite per esempio triangolazioni; un'eventuale compatibilità parziale basata su dati descrittivi di aspetti fisionomici, potrebbe evolvere, sulla base dei dati metrici, verso una compatibilità, cioè la classe successiva. A quanto detto si aggiungano considerazioni di tipo comportamentale quali atteggiamenti, posture, camminata, nonché di informazioni dette *soft biometrics* vale a dire caratteristiche che veicolano informazioni personali, come per esempio la foggia e il colore dell'abbigliamento indossato durante l'azione del reato, accessori inusuali o abituali. In questo caso la compatibilità parziale si può trasformare in compatibilità.

Compatibilità: *gli elementi presenti nei due individui a confronto permettono di rilevare alcuni particolari fisionomici facciali, somatici e comportamentali simili in entrambi; non è possibile comunque, vista la definizione di almeno una delle immagini a confronto, evidenziare contrassegni (nei più o meno estesi, cicatrici, rughe caratteristiche, menomazioni) nei due individui messi a confronto, che porterebbero a un giudizio di compatibilità totale.*

Occorre osservare che i particolari potrebbero possedere una singolarità così forte da farli assurgere a contrassegni. Ne segue che in questo caso il giudizio di compatibilità potrebbe ricadere in quello più forte di compatibilità totale. Si noti poi come non venga definita la cardinalità degli elementi simili, per cui il chi compie l'analisi deve valutare il peso associato ai parametri e agire in base all'esperienza acquisita.

Compatibilità totale: *i due individui ritratti nelle immagini a confronto, hanno tutti i particolari facciali oppure comportamentali visibili simili, comprese le relative proporzioni generali. Sono inoltre presenti particolarità anatomiche singolari, contrassegni, riscontrabili in entrambe le immagini degli individui a confronto.*

Le proporzioni di cui si fa cenno, sono le misure morfometriche che aggiungono valenza ai rilievi dei parametri fisionomici. Le proporzioni generali possono anche consistere in fattori di forma. Anche in questo caso risulta difficile codificare quali particolarità anatomiche singolari o contrassegni assurgano ad ago della bilancia per asserire la compatibilità totale. riteniamo che a fronte della presenza di connotati singolari coincidenti e di proporzioni metriche confrontabili si possa parlare di compatibilità totale. Va detto esplicitamente che l'identità vera può essere solo biologica.

Validità dei fattori di forma e analisi della loro robustezza a fronte di rotazioni

A questo punto è noto che è possibile creare dei descrittori e che questi descrittori possono incidere significativamente nella attribuzione di identità, soprattutto quando è necessario fugare ogni possibile dubbio e affermare una compatibilità totale. È necessario tuttavia ora chiedersi in modo critico se i descrittori “fattori di forma” indicati, che sappiamo essere indipendenti da traslazione e scalamento, siano sufficientemente ‘robusti’ anche in condizioni di *rotazione del volto nello spazio tridimensionale* nella fase di acquisizione fotografica.

Supponiamo di riprendere il profilo destro di tre soggetti come se acquisissimo la visione laterale destra di immagini di foto-segnalamento. Indichiamo i tre soggetti con A, B, C e scattiamo tre successive fotografie che differiscono fra loro per aver sottoposto i soggetti a una rotazione di circa 5 gradi attorno all’asse verticale corporeo in senso orario; ipotizziamo che le condizioni di ripresa sul piano di proiezione rimangano invece inalterate. In questo modo l’immagine ottenuta sarà leggermente modificata per via della rotazione spaziale.

Vogliamo verificare la robustezza dei fattori di forma a fronte di rotazioni di ridotte dimensioni ovvero la loro validità come strumenti di discriminazione. Il caso che stiamo simulando corrisponde agli inevitabili errori che sorgono nel posizionamento del soggetto quando si effettuino le immagini di foto-segnalamento.

Sulle immagini dei soggetti sono stati presi in considerazione cinque punti di repere etichettati come P_i con $i=1, \dots, 5$ corrispondenti rispettivamente, alla radice del naso, alla punta del naso, alla rima buccale, allo gnathion e al meato acustico (Fig. 7).

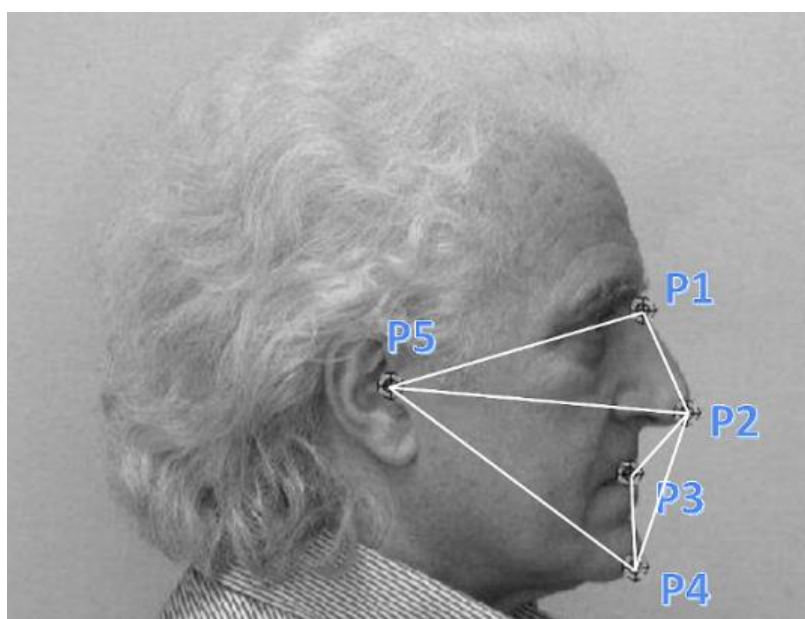


Figura 7: collegamenti dei punti di repere sul volto

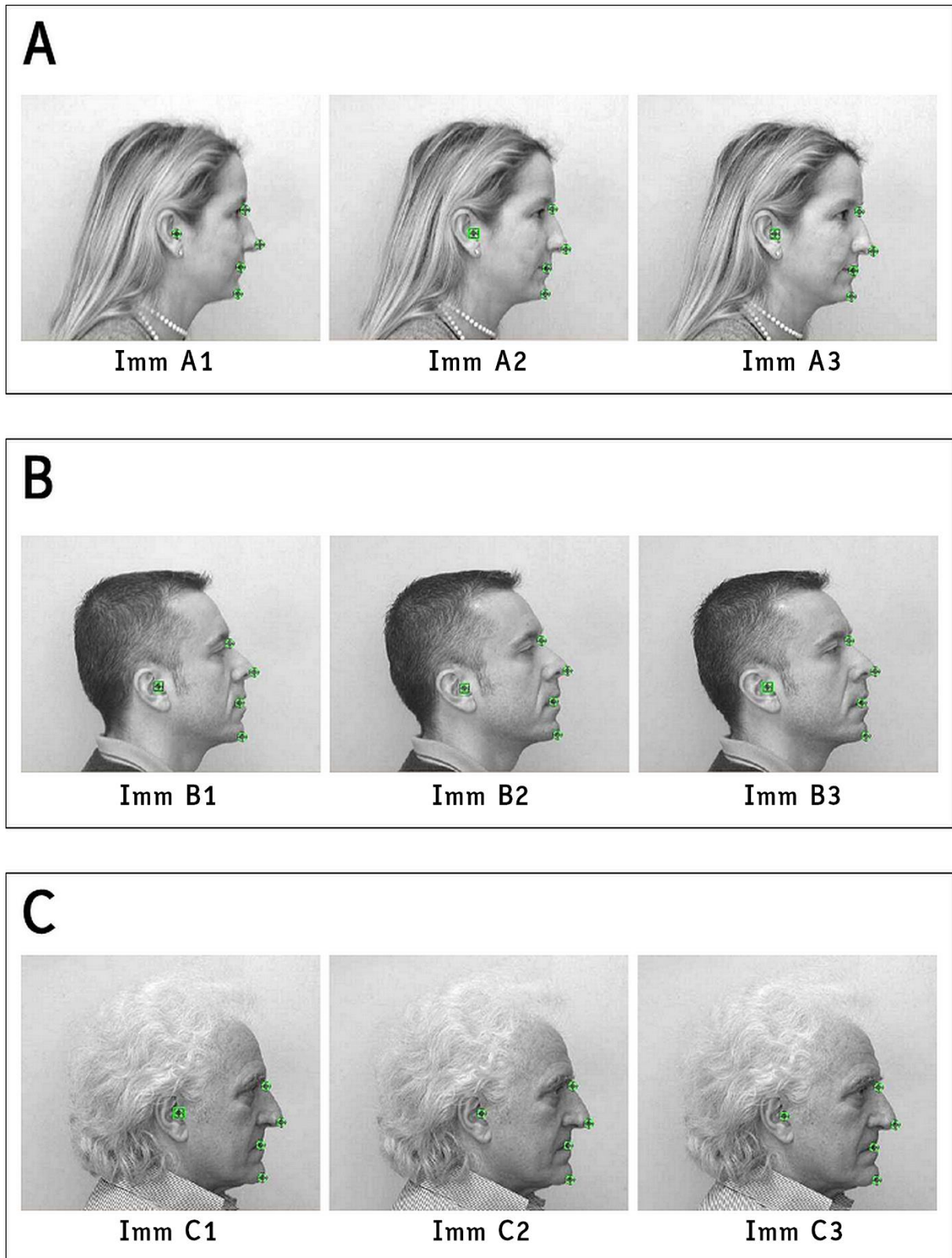


Figura 8: punti di repere per tre soggetti diversi A, B e C in posizioni lievemente differenti di rotazione posturale del capo (1,2,3).

Il collegamento dei punti di repere definisce:

- un poligono Pol1 dato dal collegamento dei punti P1-P2-P3-P4-P5
- un poligono Pol2 dato dal collegamento dei punti P1-P2-P4-P5
- un triangolo T1 (P1-P2-P5),
- un triangolo T4 (P2-P4-P5)

Nella Fig. 8, le immagini indicate con indice 1 si riferiscono alla postura iniziale. L'immagine con indice 2 presenta una rotazione di valore molto limitato; si osservi comunque che i particolari sono cambiati come si evince dall'orbita oculare, dal profilo della fronte e dalla radice del naso. Nella immagine 3 il volto è sottoposto ad a una ulteriore rotazione. Si osservi come quest'ultima immagine sia visivamente diversa dalla prima.

I valori dei fattori di forma relativi alle immagini in Fig. 9 sono riportati nella Tabella 1.

L'analisi della tabella evidenzia che i fattori di forma sono robusti a fronte di rotazioni di ridotte dimensioni (circa 5 gradi) corrispondenti grosso modo ai possibili errori in fase di acquisizione delle foto segnaletiche come effettuata dagli operatori delle forze investigative.

Appare evidente che i fattori di forma dei triangoli associate a soggetti foto-segnalati costituiscano uno strumento efficace di differenziazione che permette di distinguerli metricamente.

| | T1 | T2 | T3 | Pol1 | T4 | Pol2 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ImmA1 | 0,4561 | 0,3762 | 0,3359 | 0,6505 | 0,5454 | 0,7099 |
| ImmA2 | 0,4562 | 0,3223 | 0,2940 | 0,6383 | 0,4982 | 0,6951 |
| ImmA3 | 0,4365 | 0,3054 | 0,3016 | 0,6340 | 0,4912 | 0,6877 |
| ImmB1 | 0,4082 | 0,3739 | 0,3702 | 0,6508 | 0,5676 | 0,7073 |
| ImmB2 | 0,4015 | 0,3521 | 0,3519 | 0,6474 | 0,5391 | 0,6978 |
| ImmB3 | 0,3975 | 0,3485 | 0,3376 | 0,6456 | 0,5299 | 0,6919 |
| ImmC1 | 0,4090 | 0,3175 | 0,3222 | 0,6046 | 0,5144 | 0,6809 |
| ImmC2 | 0,4095 | 0,3048 | 0,3206 | 0,6068 | 0,5056 | 0,6776 |
| ImmC3 | 0,3999 | 0,3010 | 0,3126 | 0,6027 | 0,4990 | 0,6729 |

Tabella 1: valori dei fattori di forma riferiti alla Fig. 9.

Conclusioni

I parametri morfometrici giocano un ruolo importante nella caratterizzazione di un segmento anatomico, come ad esempio un volto, introducendo una componente oggettiva nel processo di attribuzione di identità.

I fattori di forma associati a un volto costituiscono un esempio di parametri morfometrici semplici da ottenere sotto il punto di vista pratico.

Il loro valore di discriminazione è tale da permettere di introdurre nel processo di attribuzione di identità una indicazione utile a far evolvere una classificazione di compatibilità verso una di compatibilità totale.

Riferimenti bibliografici

- [1] Bertillon A., Identification anthropometrique: instruction signaletiques, Melun, Imprimerie Administrative, 1893
- [2] Olivieri L., Antropologia e Antropometria, C.E.V. Idelson, Napoli, 1963
- [3] Balossino N., Siracusa S., Parametri discriminatori nel riconoscimento di volti, Polizia Moderna, n.1, 1998
- [4] Farkas L. G., Anthropometry of the head and face, Second Edition, Raven Press, 2000
- [5] Balossino N., Siracusa S., L'identificazione basata sul volto: metodi fisionomici e metrici Security Forum 2004
- [6] Robert M. George, Anthropometry of the head and face, Charles C Thomas Publisher, 2007
- [7] Russ C. John, The image processing handbook sixth edition, CRC Press, 2011
- [8] Russ C. John, Forensic uses of digital imaging, Second Edition, CRC Press, 2016
- [9] Sergent, JC, An investigation into component and configural processes underlying face perception. British Journal of Psychology, 75, 221-242, 1984
- [10] Mezzogiorno V., Morfologia umana, Piccin Editore, Padova, 1981
- [11] Messeri P., Leoni D., Antropologia del vivente, Edizioni V. Morelli, Firenze, 1990
- [12] Civardi A., La testa umana, Il Castello, Trezzano sul Naviglio, 2001
- [13] Gonzalez R.C., Woods R.E., Digital Image Processing, 4th edition, Pearson, 2008
- [14] Taylor KT, Forensic Art and Illustration, CRC Press, 2001