

Analisi biometrica dell'orecchio in ambito forense

NELLO BALOSSINO - MAURIZIO LUCENFORTE - SIMONA SIRACUSA

Università di Torino, Facoltà di Scienze Naturali Fisiche Naturali

Sommario

Nell'articolo viene proposto come metodo di descrizione biometrico dell'orecchio la sua impronta, cioè la rappresentazione grafica dell'evoluzione nella forma e nelle dimensioni delle parti costituenti, ottenuta con strumenti informatici. Vengono anche riportati a titolo esemplificativo alcuni risultati sperimentali. Lo scopo è di indicare ai consulenti della magistratura l'utilizzo dell'impronta dell'orecchio come strumento di formulazione o affinamento del giudizio identificativo sia nel caso dell'analisi del volto sia in quello della sola considerazione delle caratteristiche morfologiche dell'orecchio stesso.

1. Introduzione

Come noto, il processo di identificazione si pone lo scopo di definire il grado di coincidenza delle caratteristiche anatomiche rilevabili in un individuo, messe a confronto con quelle di altri soggetti: si tratta quindi di una comparazione del tipo uno a molti. Uno strumento di indagine consiste nell'analisi delle caratteristiche morfologiche; queste sono generalmente presentate in una forma codificata, espressa in modo testuale e grafico, che è stata introdotta e consolidata negli anni da esperti internazionali allo scopo di rendere meno soggettiva l'eventuale affermazione di similitudine delle caratteristiche osservate sui soggetti in comparazione^{1,2,3}. Uno strumento che integra e rafforza l'analisi morfologica è la biometria, che permette di definire e codificare i parametri metrici discriminatori del corpo umano nonché di stabilire le regole per le elaborazioni e l'interpretazione dei risultati. Un individuo è pertanto caratterizzabile da un'impronta biometrica che deve essere sottoposta a elaborazioni al fine di stabilirne il grado di coincidenza con quelle in comparazione, quando siano presenti e visibili forti elementi di caratterizzazio-

ne. Le elaborazioni di tipo morfologico e metrico possono essere condotte in modo completamente automatico mediante l'utilizzo di hardware e software opportuni. Va subito detto che l'approccio completamente automatico trova applicazione e giustificazione in ambiti di controllo di strutture tutelate da norme di sicurezza in cui il controllo deve avvenire in tempo reale. Si tratta generalmente del confronto uno-uno (si parla di verifica d'identità), ma non si presta bene nei casi cui l'identificazione riguardi un insieme di soggetti sospettati di atti criminali e indicati dalle forze dell'ordine o dall'autorità giudiziaria; si ricade così nel confronto uno-molti (si parla di identificazione). In questi casi si dispone infatti di immagini, di qualità peraltro non sempre eccellente, che ritraggono gli autori del misfatto; queste devono essere comparate con un insieme di indagati di cui si posseggono le fotografie segnaletiche, oppure immagini estratte da indagini ambientali, oppure ancora fotografie scattate sui soggetti stessi in posture simili a quelle assunte dagli autori del reato.

L'analisi metrica come strumento di identificazione nella situazione sopra indicata può essere applicata al volto nella visione frontale e in quella di profilo (corrispondenti alle posture delle foto segnaletiche); occorre però osservare come questa conduca anche a promettenti risultati quando sia applicata all'orecchio. L'orecchio sembra infatti possedere notevole importanza nell'identificazione alla stessa stregua delle impronte digitali^{4,5,6}.

Gli studi di maggior rilievo condotti sull'orecchio datati 1989, sono di Alfred Iannarelli⁴, capo della polizia di un campus universitario in Hayward; Iannarelli analizzò nell'arco di alcuni anni oltre 10.000 morfometrie di orecchi e constatò come non ce ne fossero due identiche. L'orecchio infatti dopo il quarto mese di vita assume una morfologia che rimane praticamente immutata nel tempo e non varia con l'espressione facciale. Una leggera variazione della lunghezza del lobo può avvenire per

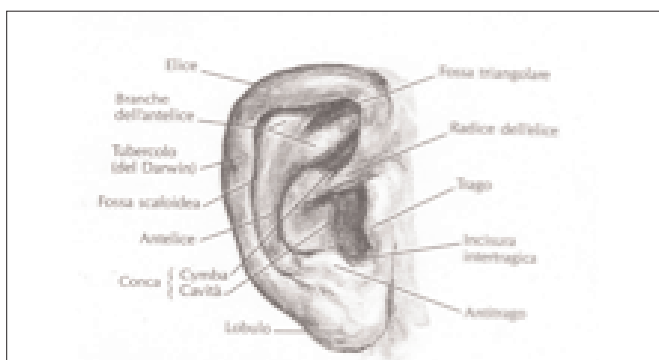
effetto della forza di gravità (si trascurano agenti esterni come orecchini), ma si tratta comunque di variazioni di contenute dimensioni che rimangono tali fino a età avanzata. Nei primi otto anni di vita e dopo i 70 anni la variazione in lunghezza assume valori più elevati rispetto agli altri periodi della vita. È facile notare come l'orecchio presenti maggior difficoltà descrittiva rispetto al volto. Vi sono infatti numerosi aggettivi che sono usati per descrivere le caratteristiche salienti di un volto e poche per l'orecchio. Come abitudine consolidata infatti, si pone maggior attenzione agli aspetti fisionomici del volto di una persona, per poi riconoscerli, mentre non si riversa molta attenzione all'orecchio.

Dal punto di vista della documentazione per immagini, l'orecchio presenta alcuni vantaggi che consistono nella minor dimensione dell'immagine atta a catturarne gli aspetti salienti, nella distribuzione uniforme di colore che ne rende più semplice l'analisi cromatica, nella contenuta variazione di morfologia a fronte dell'orientamento della testa, nell'indipendenza da qualsiasi mimica facciale, nonché da aumenti ponderali e dall'età.

Tenendo in considerazione che le fotografie segnalitiche ritraggono i soggetti in esame nella visione frontale e di profilo destro, l'orecchio destro è generalmente quello di riferimento.

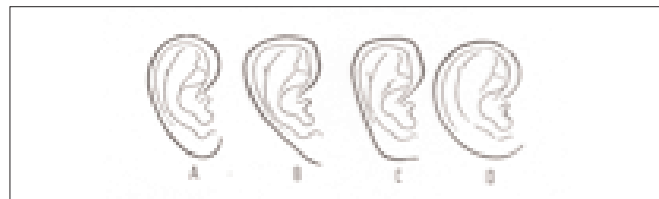
Le parti che costituiscono un orecchio sono rappresentati in figura 1.

Figura 1. Orecchio esterno



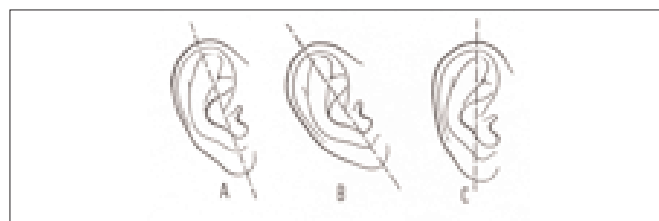
Gli elementi presi in considerazione per la caratterizzazione dell'orecchio riguardano la dimensione (l'orecchio può essere grande, medio, piccolo), la larghezza (sarà: molto largo, largo, medio, stretto e molto stretto), nonché la lunghezza (molto lungo, lungo, medio, corto e molto corto). Relativamente alla forma questa si distingue in (figura 2): A) ovale; B) triangolare; C) rettangolare; D) tondo.

Figura 2. Forma dell'orecchio



La direzione dell'orecchio si distingue in (figura 3): A) obliqua media; B) obliqua accentuata; C) verticale.

Figura 3. Direzione dell'orecchio



Nel punto che corrisponde all'apice del padiglione si trova molto frequentemente un piccolo rilievo, detto tubercolo di Darwin, che viene classificato in sei diverse forme (figura 4) e cioè: 1) orecchio a punta aguzza: il tubercolo genera una punta aguzza; 2) orecchio da cercopiteco: il tubercolo si trova non sul margine dell'elice ma sul margine dell'orecchio stesso; 3) orecchio da macaco: il tubercolo ha forma di punta rivolta verso l'esterno; 4) orecchio con assenza della punta per cui l'elice forma un netto gomito nel punto più alto; 5) orecchio a punta appiattita; 6) orecchio a punta arrotondata.

Figura 4. Schema delle diverse forme del tubercolo di Darwin

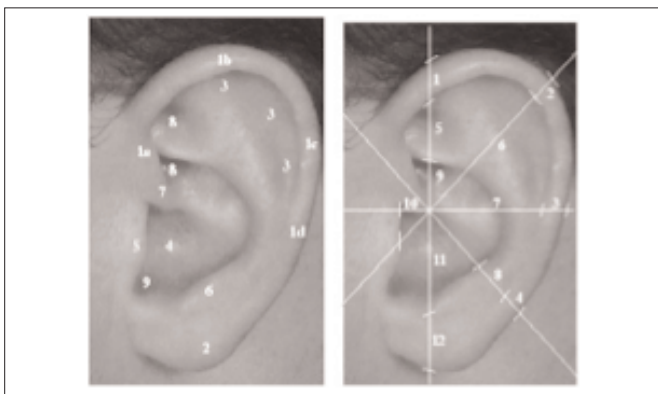


2. Analisi metrica

Come norma generale, per il rilievo delle misurazioni di strutture anatomiche e per il successivo confronto, occorre che le posture assunte dagli individui in esame siano tali da generale sul piano bidimensionale di acquisizione fotografica, immagini che presentino aspetti e forme compatibili dei

segmenti biologici. Ciò significa che le posture dei soggetti devono essere molto prossime. Occorre inoltre sottolineare come sia opportuno che le misurazioni non siano assolute, cioè mera distanza fra due punti di repere, ma relative, cioè messe a confronto con misurazioni di diversi segmenti biologici. Procedendo nel modo suddetto si ottengono parametri metrici svincolati dalle trasformazioni di scalamento e più robusti rispetto a variazioni di postura^{1,2,3,5,7}. Sono questi per esempio gli indici antropometrici, ottenuti come rapporti di misure di elongazione. Per quanto riguarda l'orecchio, ne è esempio il banale (e poco discriminatorio) indice auricolare cioè il rapporto tra la larghezza e la lunghezza dell'orecchio. Il sistema di analisi metrica proposto da Iannarelli⁴ è basato su 12 misure illustrate in figura 5.

Figura 5. Misure proposte da Iannarelli: (a) Anatomia, (b) Misure.



Le misure di cui sopra possono essere sintetizzate nell'*impronta dell'orecchio*^{6,7}, che racchiude le linee di caratterizzazione morfologica e metrica.

I passi che devono essere realizzati per procedere all'analisi della compatibilità morfologica e metrica dell'orecchio ed esprimere un giudizio identificativo, sono i seguenti:

- acquisizione numerica delle immagini: le immagini da analizzare e le fotografie di riferimento vengono convertite in forma numerica per l'elaborazione mediante computer; nel processo di acquisizione, le immagini possono richiedere la preventiva applicazione di opportune tecniche di miglioramento e di trasformazione di scala, in modo tale da renderle confrontabili dal punto di vista del rapporto di formato. Ove necessario, si provvede anche a trasformazioni di rotazione sul piano.
- valutazione degli aspetti di somiglianza morfologica: le immagini dell'orecchio del soggetto in analisi e quelle di riferimento vengono sottoposte ad analisi per l'individuazione delle caratteristiche facendo riferimento alla codifica sopra riportata. Si procede poi alla comparazione dei dati acquisiti. Può verificarsi il caso che parametri morfologici

assurgano a discriminanti oggettivi e non sia necessaria la comparazione metrica. È questo il caso di connotazioni di inequivocabile apprezzamento visivo costituite da strutture particolarmente discriminanti come per esempio alcuni tipi di tubercolo di Darwin.

- estrazione dell'impronta dell'orecchio: l'immagine numerica dell'orecchio di riferimento (generalmente quella dell'indagato) viene sottoposta a procedimento automatico di estrazione dei contorni, eliminando preliminarmente l'eventuale componente cromatica per facilitare il procedimento. Vengono così evidenziate le evoluzioni delle strutture caratteristiche dell'orecchio; queste sono poi ulteriormente esaltate portando le linee di contorno a un valore massimo di luminosità (bianco), in netto contrasto con le altre parti dell'immagine (nero). Viene anche utilizzato un filtro di regolarizzazione per rendere i contorni più netti. Si realizza così l'impronta dell'orecchio costituita da un'evoluzione naturale di punti e siti di repere. Tale impronta costituisce elemento caratterizzante il singolo individuo.

- sovrapposizione delle immagini: si verifica la presenza, oppure non, della sovrapposibilità fra la struttura dell'impronta dell'orecchio dell'indagato e quella del soggetto in comparazione. Il procedimento può richiedere l'applicazione di trasformazioni di scalamento e/o di rototraslazione nel piano, in modo tale da verificare l'adattamento dei punti e dei siti di repere.

- analisi della sovrapposizione: la valutazione della sovrapposibilità ottenuta, permette di esprimere il grado di identità metrica fra gli orecchi rappresentati nelle immagini.

Va detto a conclusione delle considerazioni sopra riportate, che l'indagine morfologica e metrica sono più che sufficienti per la classificazione dell'orecchio, tenendo conto della sua enorme variabilità morfologica^{4,5,6}, come nel caso delle impronte digitali.

3. Applicazioni

Sono riportati nel seguito alcuni esempi di sperimentazione nei seguenti ambiti:

- a) valutazione del potere discriminante dell'impronta dell'orecchio (variabilità inter-individuo).
- b) valutazione della robustezza dell'impronta dell'orecchio di un soggetto quando questi sia ripreso in posture con diversa rotazione del capo (variabilità intra-individuo).
- c) valutazione della diversificazione fra orecchio destro e sinistro.

3.1. Variabilità inter-individuo

Le immagini di figura 6 evidenziano come l'impronta differisca notevolmente fra i due soggetti in esame. Tenendo in considerazione che un'indagine identificativa è generalmente condotta fra un ristretto numero di individui, e che come sopra sottolineato esiste una enorme variabilità morfologica, l'analisi dell'adattamento dell'impronta dell'orecchio costituisce elemento discriminatorio di notevole rilievo.

In alto, iniziando da sinistra, è rappresentato il particolare dell'orecchio di un soggetto; la seconda immagine si riferisce invece all'orecchio di un altro soggetto, seguito dall'impronta e dalla sovrapposizione con l'orecchio stesso. In basso, partendo da sinistra, sono riportati tre tentativi di sovrapposizione dell'impronta del secondo soggetto con l'orecchio del primo, mediante applicazione di trasformazioni di scollamento e di rototraslazione; la quarta immagine evidenzia la sovrapposizione delle immagini dei due orecchi in forma miscelata. Le immagini evidenziano come si possa evidenziare la differenza morfologica e metrica dell'orecchio dei due soggetti.

Figura 6. esempio di confronto inter-individuo



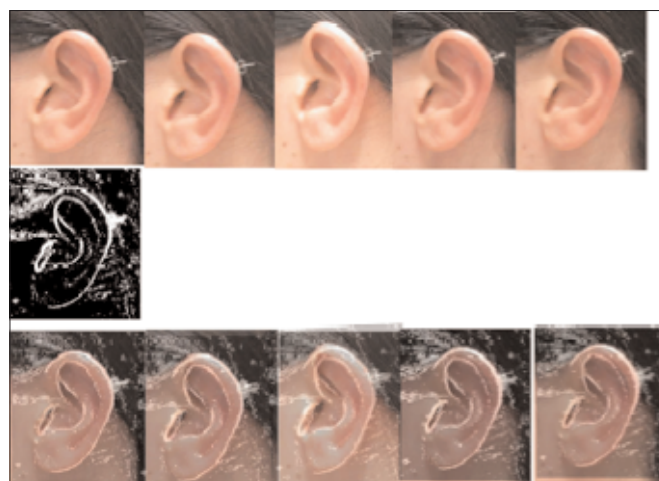
3.2. Variabilità intra-individuo

I risultati indicati in figura 7 e 8 mettono in risalto come l'impronta rimanga fortemente aderente anche quando il soggetto si trovi in una postura diversa da quella di riferimento (la prima a sinistra, dalla quale è stata ricavata l'impronta) per via di una rotazione del capo in senso orario (seconda e terza immagine) e in senso antiorario (quarta e quinta immagine). Il sistema di riferimento considerato è di tipo destrorso con l'asse delle y che attraversa il capo, l'asse delle x che collega le spalle e l'asse delle z che fuoriesce dal torace; la rotazione sopramenzionata è pertanto rispetto all'asse delle y.

Figura 7. Esempio di robustezza di sovrapposizione dell'impronta dell'orecchio



Figura 8. Altro esempio di robustezza di sovrapposizione dell'impronta dell'orecchio



3.3 Differenze fra orecchio destro e sinistro

La figura 9 evidenzia come possa non esserci una perfetta uguaglianza fra orecchio destro e sinistro, sia nella morfologia, sia nella metrica. Nel caso in cui queste differenze siano contenute, come avviene nella maggior parte dei casi, l'orecchio destro e quello sinistro possono essere supposti fortemente simili. Ne segue pertanto che dal punto di vista operativo il confronto dell'orecchio sinistro di un soggetto in analisi possa essere condotto con quello destro, reso speculare e quindi virtualmente sinistro, ricavato da una fotografia di segnalamento. L'immagine con dominanza cromatica rossa è l'orecchio sinistro, quella con dominante cromatica verde è l'orecchio destro reso speculare; l'immagine in sovrapposizione evidenzia come venga percepita una minima differenza nella conformazione del lobo.

Figura 9. Esempio di leggera differenza fra orecchio destro e sinistro



4. Conclusioni

Nell'articolo si è voluto sottolineare come uno strumento di limitata complessità, quale l'impronta dell'orecchio, possa essere utilizzato come metodologia di identificazione con elevato valore discriminatorio. L'analisi dell'orecchio può essere affiancata a quella della morfometria del volto nella visione frontale e di profilo.

Un'evoluzione della metodologia consiste nella sperimentazione atta a verificare l'adattabilità dell'impronta dell'orecchio a fronte di variazioni di

postura dovute a rotazioni rispetto all'asse z. Vogliamo sottolineare come la metodologia proposta sia completamente svincolata da altri approcci di pattern recognition, come quelli statistici; ne è un esempio l'analisi delle componenti principali, che porta alla definizione di un insieme di immagini che costituiscono una base di rappresentazione (dette auto-orecchie, analogamente alle auto-facce7), che rende possibile la ricostruzione di qualsiasi morfologia dell'orecchio.

5. Bibliografia

- [1] Bairati A., Trattato di Anatomia Umana, Volume IV, Minerva Medica, 1971.
- [2] Olivieri L., Antropologia e Antropometria, C.E. V. Idelson, Napoli, 1963
- [3] Farkas L. G., Antropometry of the head and face, Raven Press, 1994
- [4] Iannarelli A., Ear identification, Forensic identification series, Paramount Publishing Company, Fremont, California, 1989.
- [5] Hoogstrate, A.J., Van den Heuvel, H., Huyben, E., Ear identification based on surveillance camera's images, Netherlands Forensic Institute, 2000.
- [6] Burger, M. and Burger W., Ear biometrics, Biometrics: Personal Identification in Networked Society, ed. Jain A. et al., Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [7] Siracusa, S, Analisi e proposta di metodologie per l'identificazione personale utili ai fini di procedimenti giudiziari, Tesi di Laurea, Università di Torino, 2006.