



## ***Biometria applicata alla Sicurezza***

La **Biometria** dal greco *bios* = "vita" e *metros* = "conteggio" o "*misura*", è la scienza che misura le variabili fisiologiche e comportamentali tipiche degli organismi viventi, attraverso metodologie matematiche e statistiche.

Le tecnologie biometriche hanno come scopo il riconoscimento di un individuo in base alle caratteristiche peculiari fisiologiche e comportamentali. Applicazioni basate su tecnologie biometriche sono già alla base di importanti soluzioni nel contesto della sicurezza, per la verifica e l'identificazione della persona.

Il processo di identificazione si pone lo scopo di definire il grado di coincidenza delle caratteristiche biometriche rilevabili in un individuo, messe a confronto con quelle di altri soggetti: si tratta quindi di una comparazione del tipo uno a molti. Lo strumento utilizzato che è appunto la biometria ci permette sia di definire e codificare i parametri discriminatori del corpo umano sia di stabilire le regole per le elaborazioni e l'interpretazione dei risultati. Per quanto concerne le elaborazioni, queste possono essere condotte in modo completamente automatico, mediante l'utilizzo di hardware e software opportuni, oppure richiedere il parziale intervento dell'operatore; il tipo di approccio è sovente legato alla particolare applicazione.

### **Mercati di Applicazione**

I sistemi di riconoscimento biometrico vengono utilizzati in diversi tipi di mercato, sia in ambito governativo (Militare, Sanità, Giustizia, enti e istituzioni pubbliche) e sia in quello commerciale (turismo, trasporti, banche, assicurazioni, hi-tech, telecomunicazioni, industria), per assicurare una maggiore sicurezza ai sistemi, alle transazioni e alla tutela dei dati. Le applicazioni maggiormente in uso sono:

- autenticazione degli accessi fisici in locali protetti,
- sicurezza nelle transazioni finanziarie,
- prevenzione delle frodi,
- proteggere e tutelare l'attività bancaria via internet,
- identificazione di soggetti,
- sicurezza negli aeroporti,
- investigazione,
- schedatura dei criminali.

### **Parametri Biometrici**

I parametri biometrici interessati per l'identificazione possono essere di varia natura, tuttavia, al fine di procedere alla loro comparazione, occorre che essi posseggano alcune caratteristiche fondamentali e cioè:

- **invarianza**: costanza nel tempo e indipendenza sia da variazioni significative dei soggetti

- sia dal procedimento di acquisizione;
- **singolarità**: forti caratteristiche di discriminazione;
- **accettabilità**: l'acquisizione non deve comportare metodologie invasive non tollerate dai soggetti;
- **acquisibilità**: il rilevamento e l'eventuale misurazione deve essere semplice e richiedere tempi ridotti;
- **affidabilità**: la rilevazione deve essere riproducibile;
- **privacy**: il procedimento di acquisizione non deve violare la privacy dell'individuo;
- **riducibilità**: i dati devono essere compressi e organizzati in archivi di facile accessibilità per il successivo utilizzo.

I parametri presi in considerazione da questo tipo di sistema sono essenzialmente di due tipi: fisiologici o comportamentali.

#### *Caratteristiche Fisiologiche:*

- **Altezza**
- **Peso**
- **Forma dell'orecchio**
- **geometria della mano**: vengono acquisite informazioni sulla conformazione della mano (generalmente la destra) e sulle misure delle parti che la costituiscono. Occorre tener presente che la geometria può variare a causa dell'età e di fattori patologici, come per esempio l'artrite, e che inoltre non possiede elevata singolarità; ne segue che questo metodo, è accettabile (a parte fattori igienici per il posizionamento di tutta la mano sulla piastra di cattura), richiede facili metodologie di acquisizione riproducibili, non lede la privacy, ma viene tuttavia utilizzato solo quando vi siano minime esigenze di identificazione.
- **riconoscimento della retina**: è basato sulla scansione della retina mediante un fascio a bassa intensità di luce infrarossa; la cattura dell'immagine della mappa vascolare è infatti definita stabile e univoca. Il maggiore problema di questa metodologia si riferisce alla difficoltà di acquisizione che richiede una necessaria e ampia collaborazione dell'utente. Anche i costi sono elevati, per cui il metodo è relegato nelle applicazioni che necessitano di sicura identificazione, come per esempio strutture di ricerca, militari e di detenzione.
- **riconoscimento dell'iride**: l'iride contiene parametri di alto potere discriminante per soggetti che non facciano uso di droghe, non indossino lenti a contatto correttive o colorate e non siano affetti da patologie (come per esempio il glaucoma). L'acquisizione viene effettuata mediante scansione a luce laser a elevata definizione. Il metodo possiede dei limiti di applicabilità simili a quelli accennati per il riconoscimento della retina.
- **riconoscimento delle impronte digitali (dattiloscopia)**: ogni impronta digitale è formata da un insieme di linee dette creste che terminano o si biforcano in punti detti minuzie. La mappa delle creste e minuzie è unica per ciascun individuo e può modificarsi solo con la distruzione della cute.
- **riconoscimento del volto**: l'identificazione di un individuo tramite il volto si basa sull'estrazione di parametri fisionomici e su misure metriche. Le metodologie si diversificano notevolmente a seconda che il riconoscimento sia di tipo automatico e demandato quindi completamente a software e hardware opportuni, oppure coinvolga l'operatore per identificazione del tipo off-line.

#### *Caratteristiche Comportamentali (Ossia azioni che normalmente l'individuo compie):*

- **l'impronta vocale,**
- **la scrittura grafica,**
- **la firma,**
- **lo stile di battitura sulla tastiera,**

- **i movimenti del corpo.**

Le caratteristiche fisiologiche di un individuo sono abbastanza stabili, soggette solo a piccole variazioni nel tempo, le componenti comportamentali invece possono essere influenzate dalla situazione psicologica dell'individuo, proprio per questo devono essere aggiornate spesso. Il sistema biometrico vuole garantire l'unicità della persona, infatti codici segreti e carte di identificazione verificano solo ciò che una persona conosce e/o possiede, come ad esempio una password o un codice pin ma non l'identità della persona stessa. Le applicazioni biometriche possono essere utilizzate da sole o integrate con altre tecnologie come ad esempio smart card, chiavi crittografiche e firma digitale.

Il riconoscimento del volto tra i vari sistemi biometrici costituisce una metodologia di identificazione che assume fondamentale importanza, poiché presenta numerosi vantaggi fra i quali primeggiano quelli della *singolarità* ed *accettabilità*. Il riconoscimento dei volti crea interessanti prospettive di identificazione giudiziaria e di sicurezza preventiva, legate al fatto che in numerosi ambienti aperti al pubblico in cui circolano denaro e valori (banche, uffici postali, casse di supermercati e così via.) sono installati dispositivi di vigilanza con lo scopo di documentare eventuali eventi criminosi. La registrazione delle immagini è generalmente ottenuta mediante sistemi costituiti da telecamere che riprendono le aree da sorvegliare e registrano le immagini con continuità. Accade così che in molti casi si abbia a disposizione la sequenza delle immagini che fissano l'evoluzione dell'azione criminosa e sia possibile pertanto estrarre i fotogrammi che ritraggono i soggetti che l'hanno commessa. Se il procedimento è di tipo automatico, attivato per sorvegliare in real time l'accesso a particolari strutture, il riconoscimento dei volti (*face recognition*) richiede che un sistema computerizzato analizzi in pochi attimi i dati del volto (per esempio rapporti fra misure come la distanza degli occhi, l'altezza degli zigomi, la posizione di naso e bocca ecc.) e ne desume una sorta di cartografia facciale che viene confrontata con quelle registrate negli archivi degli organi di sorveglianza. Il riconoscimento avviene sulla base di software che si basano, nella stragrande maggioranza dei casi, su tecniche neurali. Queste simulano il processo di visione e di apprendimento umano.

Quando invece si debba procedere all'identificazione in tempo differito, come per esempio accade nel caso in cui si debba associare l'immagine di un rapinatore a quella di un insieme di indagati, il modo di procedere richiede un'analisi fisionomica e una metrica che si integrano per arrivare a un giudizio di identificazione o esclusione.

### **Quando tutto ebbe inizio**

Una tappa storica nell'ambito dell'identificazione è la fine del XIX secolo quando l'antropologo francese Alphonse Bertillon introdusse un metodo scientifico di segnalamento descrittivo per scopi identificativi; egli definì il ritratto parlato cioè il "portrait parlè" in cui erano descritte la fronte, il naso, l'occhio destro, i capelli, la barba e l'orecchio, nonché note particolari come per esempio cicatrici e tatuaggi. Veniva così introdotta per la prima volta la codifica degli aspetti fisionomici facciali.

Anche il segnalamento antropometrico, basato su misure di segmenti biologici, fu ideato da Bertillon ed era realizzato assumendo con appositi compassi, le misure di undici parti del corpo; queste servivano a classificare in gruppi omogenei i cartellini delle persone segnalate. Bertillon era convinto che con la sua tecnica di segnalamento non si potessero trovare due individui assolutamente identici; si verificarono invece due casi: uno in Inghilterra nel 1901 relativo ai gemelli Fox e uno negli Stati Uniti nel 1903 su due uomini di colore entrambi di nome Will West. Fu questo il motivo per cui si studiò e si introdusse in modo preponderante il metodo dattiloscopico. A Bertillon si deve comunque il merito di aver aperto l'era della polizia scientifica moderna ma le sue metodiche sono ovviamente superate sia dal punto di vista strumentale sia da quello della definizione dei parametri discriminatori.

## Il riconoscimento di volti

Il confronto del volto di due soggetti, al fine di asserirne l'eventuale identità, si basa sulla definizione di parametri discriminatori che possono essere sia fisionomici sia metrici. I primi sono di tipo qualitativo e si basano su codifiche per rendere meno soggettiva l'interpretazione, i secondi invece sono quantitativi e generano quindi valori numerici; entrambi vengono studiati dalle scienze antropometriche. Va detto che il processo di identificazione trae innegabili vantaggi dall'utilizzo di strumenti informatici; questi infatti permettono di enfatizzare ed estrarre caratteristiche fisionomiche non immediatamente visibili, nonché di rendere facilmente realizzabili confronti e valutazioni metriche.

Poiché il punto di partenza del processo di identificazione consiste generalmente nella comparazione delle immagini estratte dai sistemi di videosorveglianza con quelle acquisite all'atto dell'accertamento oppure precedentemente inserite in un archivio, occorre sottolineare come la natura del fotogramma estratto dalla cassetta di videosorveglianza influisca notevolmente sul procedimento di identificazione. Se per esempio le riprese sono sufficientemente nitide, ricche di dettagli immediatamente deducibili e non ambigui, nonché raffigurano soggetti senza alcuna forma di mimetismo, saranno per lo più sufficienti confronti fisionomici. In caso contrario, è opportuno verificare la compatibilità strutturale antropometrica al fine di introdurre nel procedimento di identificazione una valenza maggiormente significativa.

Può capitare però che parametri qualitativi assurgano a discriminatori oggettivi; ne sono esempi connotazioni esclusive di inequivocabile apprezzamento visivo costituite per esempio da deturpazioni, espressioni facciali, cicatrici, nevi estesi. In questo caso anche un insieme di parametri non misurabili può diventare fortemente discriminatorio.

Lo studio degli aspetti somatici e metrici richiede l'individuazione di particolari siti anatomici, detti *punti di repera*, utili sia per la caratterizzazione di strutture morfologiche (ovvero riguardanti l'aspetto esteriore dell'organismo) sia per la misurazione di parametri.

La figura 1 riporta i principali punti di repera e cioè:

- nasion: radice del naso;
- glabella: punto situato al di sopra della radice del naso, dove la cute è in genere priva di peluria;
- pronasale: punto più sporgente della punta del naso;
- naso spinale: punto corrispondente al sottosetto nasale;
- alare: punto più sporgente dell'ala del naso;
- prosthion: punto superiore del solco naso labiale;
- gonion: margine inferiore del ramo della mandibola;
- gnathion: sporgenza inferiore del mento;
- trichion: punto di attacco dei capelli sulla fronte;
- vertex: punto più alto del cranio;
- zyglion: punto più sporgente dello zigomo.

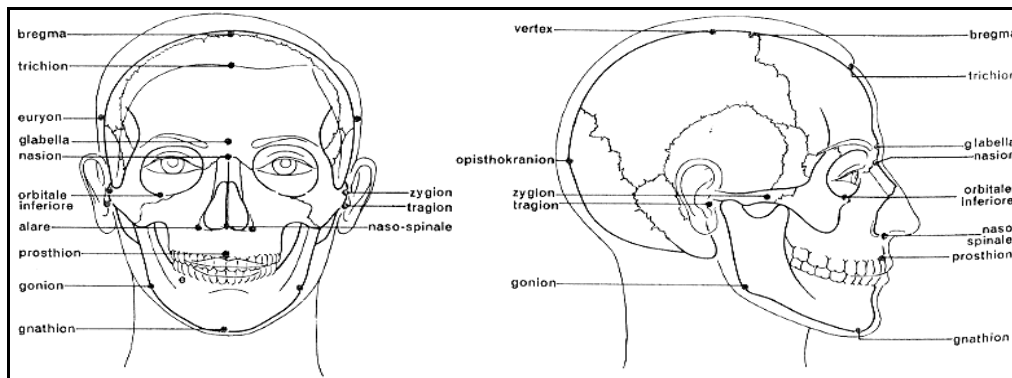


Figura 1

Il cammino di identificazione dei volti trae spunto dal riconoscimento di forme (pattern recognition). In quest'ambito un pattern è un oggetto, procedimento o evento dal quale vengono estratti dei descrittori (feature) delle parti componenti; l'insieme dei descrittori costituisce un vettore delle osservazioni eseguite. Il vettore dei parametri viene confrontato con i vettori che caratterizzano classi di pattern; l'oggetto viene così assegnato a una classe.

Nel caso dei volti, il primo passo consiste nella codifica degli elementi fondamentali che lo compongono; la codifica deve essere il più possibile standardizzata in modo da essere accettata dalla letteratura scientifica internazionale e dar vita a una omogenea classificazione. Tali caratteri morfologici evidenziano particolari come la forma del volto, della piramide nasale, del padiglione auricolare, della bocca, degli occhi, delle sopracciglia e così via.

### Analisi fisionomica

I connotati, cioè gli elementi morfologici fondamentali devono essere il più possibile indipendenti da variazioni ponderali e dall'età del soggetto, quando sia concluso il periodo dell'accrescimento.

La forma generale del volto nella prospettiva frontale, per esempio, è uno degli esempi di elementi di caratterizzazione. La codifica indicata in figura 2 indica i dieci tipi fisionomici facciali:

- A) ellittica: il contorno a linea curva presenta uguale larghezza in alto e in basso;
- B) ovale: il contorno è più stretto verso il basso;
- C) ovale invertita: maggiormente larga in basso;
- D) rotonda: piuttosto tonda e inscritta in un cerchio;
- E) rettangolare: zigomi molto sporgenti e uguale larghezza dei parietali e mandibola;
- F) quadrata: la larghezza e l'altezza sono circa uguali;
- G) rombica: con parietali depressi, mandibola stretta e zigomi sporgenti;
- H) trapezoidale: a base in basso con parietali relativamente poco sporgenti, mentre per contro lo sono gli zigomi e la mandibola;
- I) trapezoidale invertita: è l'inversa della precedente;
- L) pentagonoide: con parietali, zigomi e mandibola della stessa larghezza, ma con mento particolarmente quadrato.

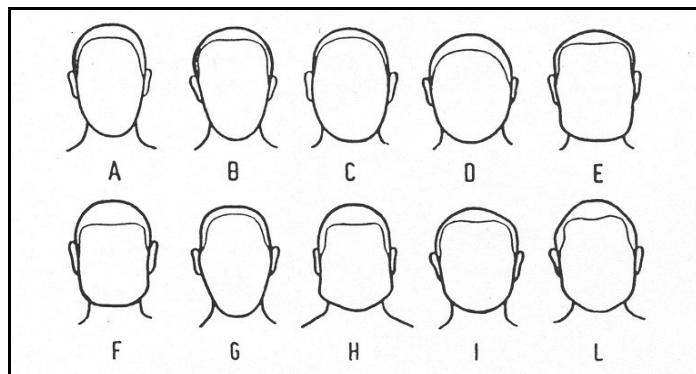


Figura 2

Va puntualizzato che l'utilizzo del descrittore della visione frontale del volto è sovente limitato dal fatto che i soggetti autori di fatti criminosi possono calzare forme di mimetismo quali per esempio barbe, baffi, parrucche, occhiali.

La forma della testa è classificata tenendo in considerazione le tre parti costituenti: frontale, parietale e occipitale.

La figura 3 riporta nove forme classiche:

- A) testa di fronte curva;
- B) testa carenata;
- C) testa di profilo, curva;

- D) a linea spezzata;
- E) insellata;
- F) con vertice posteriore;
- G) con vertice anteriore;
- H) con occipite sporgenti;
- I) ad occipite appiattito.

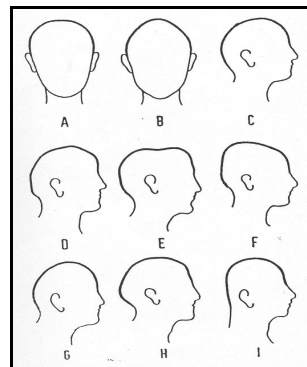


Figura 3

Un'ulteriore caratteristica che può essere valutata dall'osservazione frontale del volto è la morfologia dell'attaccatura dei capelli in riferimento al punto antropometrico Trichion. Alcune basilari categorie di attaccatura dei capelli sono riportate in figura 4. I soggetti privi di Trichion sono caratterizzati da:

1. attaccatura curvilinea,
2. attaccatura rettilinea.

Quelli con Trichion in:

3. stretto;
4. largo.

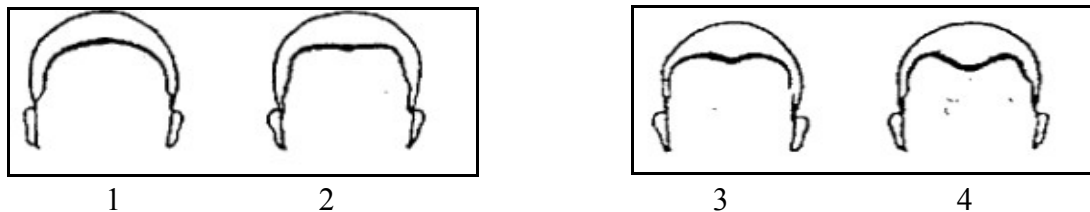


Figura 4

Il profilo del volto costituisce un elemento morfologico di notevole valore e può essere considerato nella sua globalità oppure dall'andamento del complesso fronte-naso e di quello naso-buccale. La figura 5 riporta la codifica del profilo nel suo insieme:

- A) faccia rettilinea;
- B) faccia piramidale;
- C) faccia semilunare;
- D) faccia rientrante.

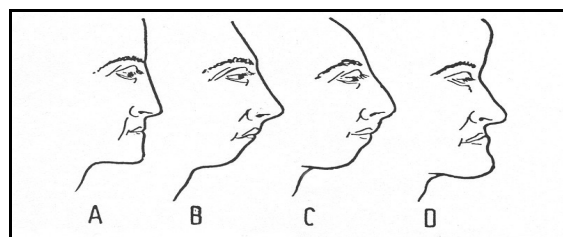


Figura 5

La figura 6 mostra la classificazione del profilo fronto-nasale:

- A) continuo: le due rette della fronte e della piramide nasale non formano alcun angolo, dando vita al cosiddetto naso greco;
- B) parallelo: i due profili della fronte e del naso sono rettilinei, ma il primo sopravanza al secondo e i loro prolungamenti sono paralleli;
- C) spezzato: l'angolo fronto-nasale è molto pronunciato;
- D) angoloso: l'angolo fra la fronte e la piramide nasale è infossato in una forte depressione;
- E) curvilineo: la linea della fronte e quella del naso sono curvilinee;
- F) ondulado: il profilo della fronte è convesso e quello del naso concavo e sono in continuazione

senza formare angolo.

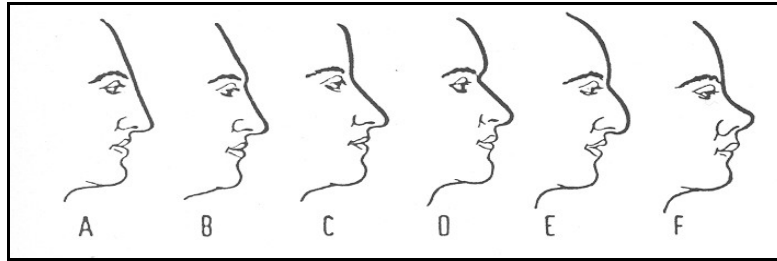


Figura 6

L'andamento del profilo naso-buccale prende il nome di prognatismo ed è classificato come (figura 7):

- A) nasale: la faccia sporge in corrispondenza del naso, mentre il mento è sfuggente;
- B) dentale superiore: il labbro superiore sporge sul mento sfuggente;
- C) mandibolare: il labbro inferiore sporge in avanti rispetto al superiore;
- D) totale: naso e mentoniera sono protesi in avanti per cui la linea verticale che scende dalla parte inferiore della fronte raggiunge il mento tagliando in avanti tutte le altre parti.

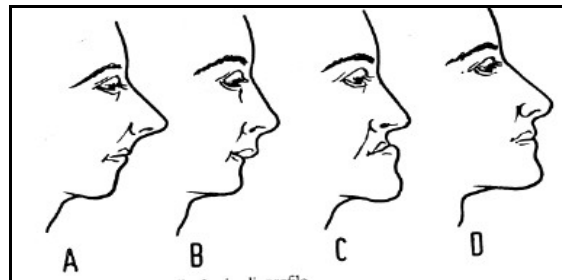


Figura 7

Per quanto riguarda il profilo della fronte la classificazione identifica sei tipi (figura 8):

- 1) concava;
- 2) rettilinea;
- 3) convessa;
- 4) prominente;
- 5) intermedia;
- 6) sfuggente.

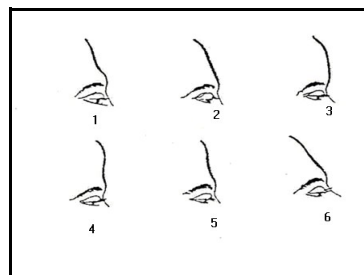
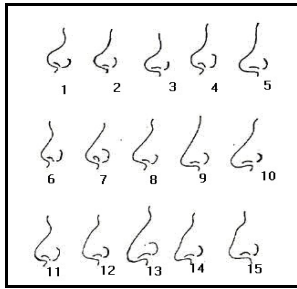


Figura 8

Anche la morfologia della piramide nasale gioca un ruolo importante poiché possiede un elevato grado di discriminazione. La tabella riporta lo schema tipico di classificazione della piramide nasale sulla base delle quattro componenti: dorso, radice, punta, base.



tipo	dorso	radice	punta	base
1	corto	infossata	verso l'alto	in avanti
2	corto	poco alta	verso l'alto	obliqua
3	corto	poco alta	verso avanti	orizzontale
4	media lunghezza	poco alta	verso avanti	in avanti
5	media lunghezza	alta	verso avanti	orizzontale
6	corto	infossata	verso l'alto	in avanti
7	media lunghezza	alta	verso l'alto	in avanti
8	media lunghezza	poco alta	verso avanti	poco in avanti
9	lungo	poco alta	verso avanti	orizzontale
10	lungo	poco alta	verso il basso	indietro
11	corto	infossata	verso l'alto	in avanti
12	media lunghezza	poco alta	verso avanti	poco in avanti
13	lungo	poco alta	verso il basso	indietro
14	lungo	poco alta	verso il basso	orizzontale
15	lungo	poco alta	verso avanti	orizzontale

Figura 9

Una struttura anatomica di notevole valore discriminatorio è il padiglione auricolare (si parla infatti di impronta auricolare).

La figura 10 riporta la nomenclatura delle parti che costituiscono un orecchio e cioè:

1. elice;
2. tubercolo auricolare;
3. fossa scafoidea;
4. radice superiore dell'elice;
5. fossa triangolare;
6. pilastro inferiore dell'antelice;
7. parte superiore della conca;
8. radice dell'elice;
9. parte inferiore della conca;
10. meato acustico esterno;
11. nervo auricolo temporale;
12. trago;
13. incisura intertragica;
14. antitrago;
15. lobulo;
16. antelice.



Figura 10

L'orecchio esterno è costituito dal padiglione auricolare e dal meato acustico esterno. Le variazioni del padiglione sono molto numerose e interessano sia il padiglione nella sua globalità sia le parti che lo costituiscono.

Considerandolo in toto l'orecchio può essere grande, medio, piccolo. Se si tiene conto della lunghezza e della larghezza, sarà: molto largo, largo, medio, stretto e molto stretto, molto lungo, lungo, medio, corto e molto corto.

La forma dell'orecchio si distingue in ovale (figura 11 A), triangolare (B), rettangolare (C) e tondo (D).

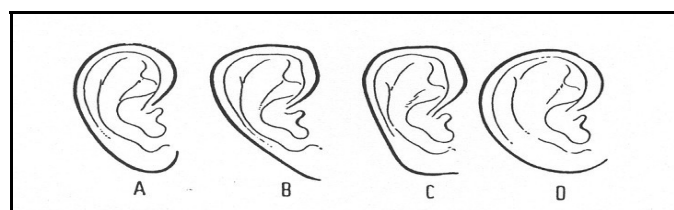


Figura 11

Può essere significativa anche la direzione dell'orecchio, che si distingue in obliqua media (Figura 12 A), obliqua accentuata (B) e verticale (C).

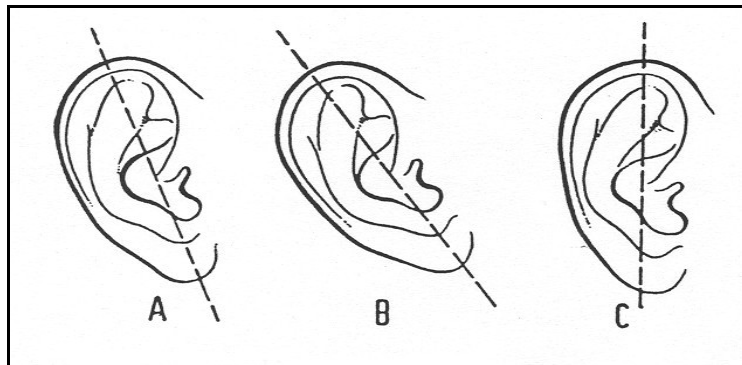


Figura 12

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 13).

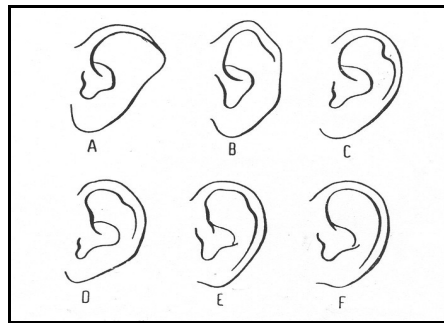


Figura 13

Relativamente al mento, la classificazione avviene distinguendolo, a seconda delle dimensioni di altezza e larghezza, in alto, medio, basso e in largo, medio e stretto. Per quanto riguarda invece la forma osservata di profilo e frontalmente (Figura 14) la classificazione è:

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| A) piatto;     | E) sfuggente;     |
| B) convesso;   | F) a punta;       |
| C) prominente; | G) quadrangolare. |
| D) intermedio; |                   |

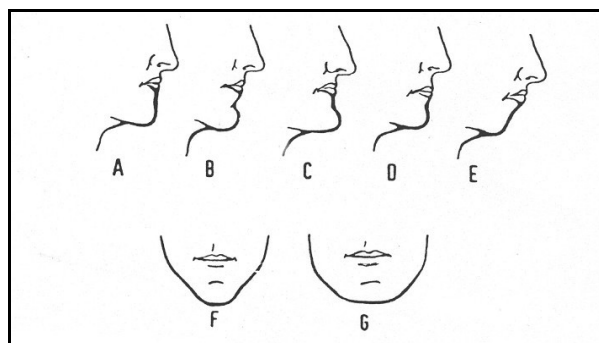


Figura 14

Anche alcune morfologie della regione naso buccale possono assumere connotazioni particolari. Vale la seguente nomenclatura ( figura 15 ):

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 1) solco naso-labiale;  | 6) labbro superiore;   |
| 2) solco naso-orale;    | 7) prolabio superiore; |
| 3) angolo della bocca;  | 8) prolabio inferiore; |
| 4) rima buccale;        | 9) labbro inferiore.   |
| 5) solco mento-labiale; |                        |

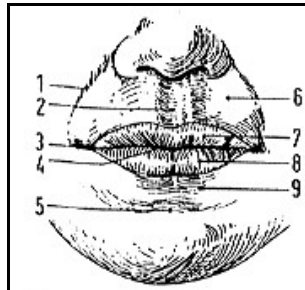


Figura 15

Per quanto riguarda infine le sopracciglia, queste presentano colorazione che generalmente coincide con quello dei capelli. L'andamento delle tre porzioni che le costituiscono e cioè testa, corpo e coda, permettono la classificazione di cui in figura 16.

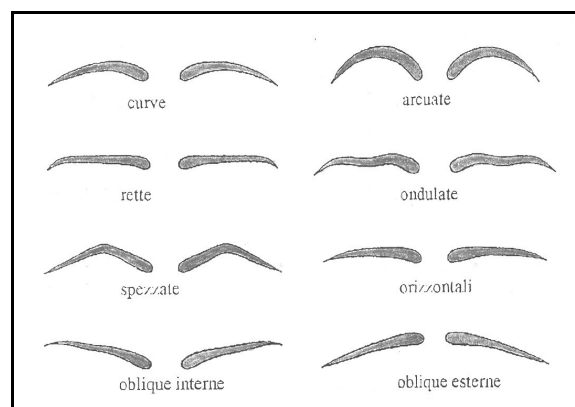


Figura 16

## Analisi metrica

Considerare misure di strutture anatomiche significa estrarre grandezze geometriche che definiscano uno spazio pluridimensionale sufficientemente caratterizzante gli individui a confronto. Le grandezze vengono rilevate su immagini fotografiche che rappresentano la proiezione sul piano (piano di quadro o supporto fotografico) di strutture tridimensionali. Ne segue che per il rilievo delle misurazioni e il successivo confronto, le posture assunte dagli individui in esame devono essere tali da generare sul piano bidimensionale immagini tali che i segmenti biologici presentino aspetti e forme confrontabili. Ciò detto, scegliendo per esempio come punti di repere le parti mediane delle orbite oculari, i lobi delle orecchie e la punta del mento si ottiene un pentagono che inscrive la parte inferiore del volto; questa figura geometrica non è però altamente discriminante, per cui è meglio procedere alla scomposizione in triangoli, ognuno dei quali è portatore invece di una informazione enormemente più dettagliata e caratterizzante. Sui triangoli si può per esempio calcolare il *fattore di forma* definito come  $(4 \pi A) / p^2$  dove  $p$  e  $A$  sono rispettivamente perimetro e area del triangolo. Tale fattore costituisce una grandezza adimensionale invariante per le trasformazioni fondamentali di rotazione sul piano, traslazione e scalamento che permette quindi di caratterizzare i triangoli stessi e di conseguenza le fattezze ad essi associate, in quanto definiscono aspetti strutturali del volto (figura 17).

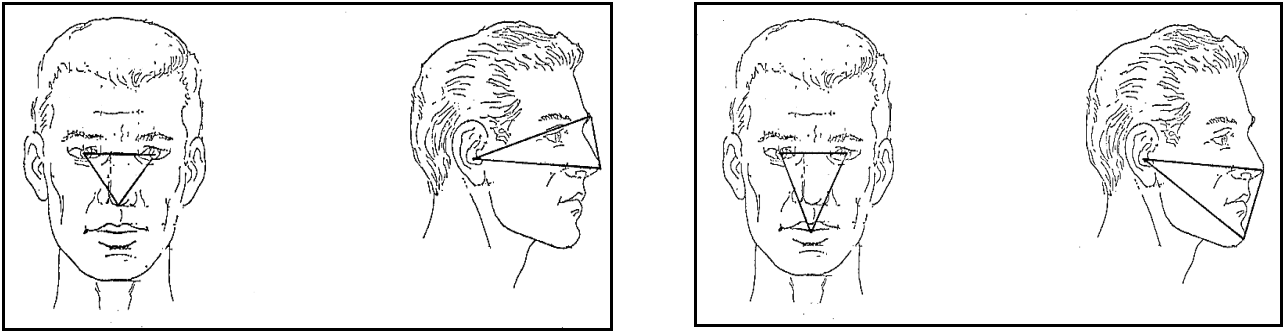


Figura 17

La comparazione dei fattori di forma dei triangoli permette di avvalorare oppure non l'ipotesi di identità. Le strutture anatomiche costituiscono d'altra parte oggetti che possono essere descritti mediante tecniche classiche basate su rapporti di misure in modo tale da svincolarsi dalle misure assolute. Si arriva così alla definizione di *indici antropometrici*. Alcuni importanti indici antropometrici che possono essere calcolati e utilizzati sia in modo manuale sia in modo automatico, facendo riferimento a grandezze caratteristiche del volto, sono i seguenti:

- indice cefalico orizzontale: è il rapporto tra la larghezza e la lunghezza della testa e permette di valutarne quindi le proporzioni;
- indice facciale: è il rapporto tra la distanza radice del naso/gnathion e il diametro bizigomatico;
- indice nasale: è il rapporto tra la larghezza e l'altezza del naso;
- la larghezza del naso corrisponde alla distanza massima tra le estremità inferiori dell'apertura nasale, mentre la lunghezza è la linea che unisce il nasion al naso spinale;
- indice auricolare: è il rapporto tra la larghezza e la lunghezza dell'orecchio;
- angoli facciali: i triangoli che si possono ricavare dal profilo facciale oltre a definire dei fattori di forma permettono di ricavare angoli facciali che possono essere utilizzati come misure di riferimento.

### L'impronta facciale

In alternativa alla connessione dei punti di repere, si può però procedere al loro collegamento in modo tale da formare una "gabbia strutturale", non necessariamente chiusa, che costituisce una sorta di "impronta facciale"; questa è altamente discriminante, alla stessa stregua delle impronte digitali. Se le impronte facciali dei due individui oggetto del confronto presentano numerosi punti di coincidenza, si è allora di fronte a una valutazione metrica che lascia pochi dubbi alla formulazione di un giudizio di identità. In altri termini, la metodologia di identificazione consiste nella valutazione della sovrapponibilità metrica di due insiemi di immagini cioè in aggiunta a precedenti valutazioni fisionomiche.

La metodologia di indagine si basa sui seguenti passi:

- **acquisizione numerica delle immagini:** i fotogrammi estratti dalle cassette di videosorveglianza o le fotografie della persona di cui si voglia effettuare un riconoscimento vengono convertiti in forma numerica per l'elaborazione mediante computer; nel processo di acquisizione, le immagini possono richiedere la preventiva applicazione di opportune trasformazioni 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 al fine di compensare eventuali leggere discrepanze nell'orientamento dei soggetti a confronto.

- **valutazione degli aspetti di somiglianza fisionomica:** l'immagine acquisita viene confrontata con quelle in archivio e sottoposta ad analisi per l'individuazione delle caratteristiche fisionomiche.

• **estrazione dell'impronta facciale:** l'immagine numerica del volto in esame viene sottoposta a procedimento automatico di estrazione dei contorni che evidenzia le strutture caratteristiche del volto; queste ultime vengono poi ulteriormente esaltate portando le linee di contorno a un valore massimo di luminosità in netto contrasto con le altre parti dell'immagine. Viene così realizzata "l'impronta facciale" (figura 18) costituita da un insieme di punti di repere legati fra loro da collegamenti che evolvono secondo strutture anatomiche naturali. Tale impronta è elemento caratterizzante un dato individuo. La sovrapposibilità strutturale avvalora la somiglianza fisionomica rendendo maggiormente probabile l'identificazione; infatti anche due gemelli hanno differenti impronte facciali in quanto, per esempio, possono avere un diverso andamento della piramide nasale e delle arcate sopraccigliari, elementi importanti nella globalità dell'aspetto del volto.

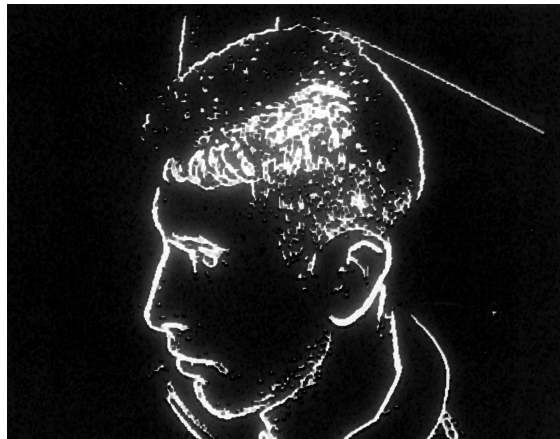


Figura 18

• **sovrapposizione delle immagini:** si verifica la presenza, oppure non, della sovrapposibilità fra le immagini a confronto.

• **analisi della sovrapposizione:** la valutazione della sovrapposibilità ottenuta permette di esprimere il grado di identità metrica fra i soggetti rappresentati nelle immagini.



Figura 19

Nell'esempio riportato in figura 19 la sovrapposizione è perfetta in quanto si tratta dello stesso individuo in posizione spaziale esattamente coincidente; in casi reali si potranno verificare leggere difformità.

## Il riconoscimento automatico

Il riconoscimento automatico viene generalmente impiegato come metodo di accesso a strutture regolamentate da regole di sicurezza. Si tratta cioè di verificare l'identità, cioè stabilire se una persona è effettivamente colui che dichiara di essere (confronto uno-a-uno) oppure di riconoscere l'identità, cioè determinare se una persona è compresa nell'elenco degli aventi diritto (confronto uno-a-molti). L'acquisizione del volto può avvenire allora sia da un'immagine fissa sia su una sequenza di fotogrammi, dando così vita rispettivamente a un riconoscimento statico oppure dinamico. Nel primo caso l'immagine è solitamente acquisita curando la postura del soggetto, lo sfondo e l'illuminazione, per cui la fotografia risulta di buona qualità. Nel caso dinamico invece siamo di fronte a sfondi e pose irregolari, difficoltà che vengono parzialmente compensate dalla disponibilità di più immagini estratte dalla sequenza video. Il processo di riconoscimento può essere scomposto in quattro fasi:

- **pre-elaborazione:** occorre che l'immagini soddisfi alcuni requisiti per il successivo trattamento. Per esempio occorre che eventuali distorsioni siano compensate e così pure le sotto o sovra esposizioni;
- **segmentazione:** vengono attivate opportune procedure per la localizzazione del volto nella sua globalità o di alcune parti che lo compongono;
- **estrazione dei parametri:** i punti di reperi vengono collegati in modo da formare una rete, ciascun lato della quale e ciascun angolo formato da coppie di lati costituisce un descrittore metrico;
- **riconoscimento:** il vettore dei parametri estratti viene confrontato con quello presente in un opportuno data base.

## Sistemi Multi-modali e Errori

Per aumentare la sicurezza del sistema di riconoscimento si possono utilizzare più tecniche biometriche grazie ai **sistemi multi modali**. Questi sistemi permettono un riconoscimento più preciso e diminuiscono il *failure-to-enroll rate*, ovvero il tasso di errore.

Nell'identificazione infatti possiamo trovarci di fronte a due situazioni:

1. riconoscimento positivo si hanno due possibili situazioni: la persona è vera oppure è un impostore;
2. riconoscimento negativo il sistema o ha sbagliato dando un falso allarme oppure la persona è realmente un impostore.

Di conseguenza abbiamo due tipologie di errore:

- **FRR (False Rejection Rate)** è la percentuale di falsi rifiuti, utenti autorizzati ma respinti per errore, in pratica il sistema non riesce a riconoscere le persone autorizzate.
- **FAR (False Acceptance Rate)** è la percentuale di false accettazioni, utenti non autorizzati ma accettati per errore, il sistema quindi accetta le persone che non sono autorizzate. *Esempio:* tipicamente i sistemi biometrici sono utilizzati per permettere l'accesso ad aree riservate solo a persone autorizzate. Supponiamo ci siano due persone X e Y: Y ha l'accesso al sistema mentre X non ha alcuna autorizzazione. Si ottiene una falsa accettazione quando X al momento della verifica viene riconosciuto come Y (o qualunque altra persona con autorizzazione) concedendogli il permesso di accedere alle aree riservate anche se non ne ha diritto. Si possono facilmente immaginare quali possano essere le conseguenze di una falsa accettazione in un sistema con un alto livello di sicurezza, ad esempio una base militare, o una centrale nucleare. In sistemi in cui il livello di sicurezza è alto l'esistenza di falsi positivi è un problema grave; per questi sistemi si parla di ZeroFAR, ovvero FAR=0 e quindi non devono esistere falsi positivi.

Qualunque sistema biometrico permette di aumentare e diminuire la sensibilità, regolando il rapporto tra i falsi rifiuti e le false accettazioni. Per comprendere meglio possiamo definire la variabile  $t$  come il grado di tolleranza del sistema. Se questo grado è basso si ha un numero elevato di false accettazioni, con un grado alto invece si ha un numero elevato di falsi rifiuti. Tramite le funzioni si può calcolare l'EER (*Equal Error Rate*)

$FAR(t^*) = FRR(t^*) = EER$   $t^*$  rappresenta il punto di equilibrio del sistema attraverso il quale è possibile regolare il rapporto FRR/FAR. Nelle applicazioni reali i valori di tolleranza si trovano al di sotto di  $t^*$  per garantire un numero ridotto di false accettazioni.

## **Metodi di acquisizione di immagini a confronto**

### ***Camere stereoscopiche***

L'acquisizione dell'immagine di un volto tramite questo metodo avviene per mezzo di una coppia (o più) di camere stereoscopiche.

La Stereoscopia è la percezione del rilievo di un oggetto in conseguenza alla visione binoculare, è questo il principio per cui abbiamo la percezione di distanza di un oggetto.

Il 3d stereoscopico si basa sul principio di catturare 2 distinte immagini con due telecamere accoppiate ( telecamere stereoscopiche ) i cui obiettivi sono distanziati della distanza interpupillare.

La distanza interpupillare, riferita al genere umano, è la distanza che intercorre tra il nero della pupilla dell'occhio destro e quella dell'occhio sinistro che nella media è di 65 mm.

Esistono tanti metodi per ottenere un effetto stereoscopico, ma in quasi tutti i casi occorrono sempre due immagini da unire con varie tecniche.

Quello che ci permette di vedere coi nostri occhi una scena con profondità piuttosto che piatta come su uno schermo deriva dal fatto che gli occhi vedono la stessa scena da due posizioni differenti, il cervello unisce queste due immagini ed elabora la profondità.

Algoritmo:

1. Trovare le features in una delle due immagini
2. Cercare le stesse features nell'altra immagine
3. Calcolare la corrispondenza tra la coppia di features per trovare la coordinata  $z$ .

Caratteristiche del metodo

- sensibilità alle variazioni d'illuminazione.
- costo dell'hardware: basso.
- qualità d'acquisizione: media.
- tempo d'acquisizione: Real-Time.

### ***Scanner a luce strutturata***

Gli scanner a luce strutturata tipicamente proiettano un pattern luminoso sul volto.

Con il termine luce strutturata ci si riferisce ad una tecnica di rilevamento tridimensionale facente uso tipicamente di raggi laser, lenti a corta focale e telecamere da ripresa, che consiste nel proiettare uno schema noto (spesso righe orizzontali o verticali) su una scena.

Il modo in cui l'immagine proiettata si deforma colpendo un oggetto permette ai sistemi di visione di calcolare la profondità degli oggetti colpiti ed ottenere altre informazioni sulla superficie.

La sorgente luminosa è solitamente una luce alogena ordinaria, quindi non causa problemi alla retina degli occhi. Il pattern luminoso è distorto a causa della superficie del volto. Differenti pattern

luminosi possono essere utilizzati (griglie, linee, cerchi, sinusoidi, ecc.). Gli scanner a luce strutturata catturano una superficie completa da un particolare punto di vista. I dati provenienti da punti di vista multipli possono essere combinati per creare un modello 3D completo della testa.

#### *Caratteristiche del metodo*

- Sensibili a variazioni d'illuminazione estreme.
- Costo Hardware: Medio-Elevato
- Qualità d'Acquisizione: Media-Elevato
- **Tempo d'acquisizione: 3-8 secondi.**

#### **Scanner laser**

Viene proiettata una linea verticale di luce su un oggetto, da un punto di osservazione diverso da quello del proiettore viene acquisita l'immagine della linea: essa è deformata rispetto a quella proiettata. Attraverso un'elaborazione della linee deformate è possibile risalire alla forma dell'oggetto colpito dalla luce.

L'algoritmo di generazione del modello 3D è simile a quello utilizzato dagli scanner a luce strutturata.

La sorgente laser è invasiva e pericolosa alla retina degli occhi.

#### *Caratteristiche del metodo*

- Non sono sensibili alle variazioni d'illuminazione.
- Costo Hardware: Medio-Elevato
- Qualità d'Acquisizione: Elevato
- Tempo d'acquisizione: 6-30 secondi

#### **Morphable Models**

Un sistema di acquisizione atipico è quello basato su una tecnica tradizionale di computer grafica, il morphing.

Il morphing è una tecnica di computer grafica in cui un modello 3D di partenza viene modificato e adattato in un altro modello 3D finale.

Il *morphablemodel* sono rappresentazioni dinamiche della superficie del volto. Oltre alle informazioni sulla geometria contengono informazioni sulla struttura dinamica (ad esempio muscolatura facciale).

#### *Algoritmo*

1. Acquisire due o tre immagini fotografiche del volto (frontale, laterale, diagonale)
2. Modificare la forma ed i colori di un modello generico di volto (*morphablemodel*) in accordo al contenuto delle immagini.
3. Generare la texture combinando le due o tre immagini.

#### **Sistemi d'acquisizione basati su morphablemodel**

I sistemi basati su *morphablemodel* utilizzano le immagini fotografiche per generare modelli del volto tridimensionali.

I *morphablemodel* danno il vantaggio aggiuntivo di rappresentare anche una struttura dinamica

della superficie del volto (generazione sintetica di espressioni facciali).

#### *Caratteristiche del metodo*

- Sono sensibili alle variazioni d'illuminazione.
- Costo Hardware: Basso
- Qualità d'Acquisizione: Medio
- Tempo d'acquisizione: > 1 Minuto.

#### ***Sistemi d'acquisizione basati sui grafi***

Attraverso filtri e funzioni di localizzazione vengono localizzati sul volto un'insieme di punti di riferimento detti punti di repere. Questi punti vengono collegati da archi e si ottiene un grafo descrittivo del volto in questione.

Ad ogni volto è associato un grafo, per cui confrontare due volti significa confrontare due grafi.

#### *Vantaggi*

- Sono robusti rispetto alle variazioni di posa
- Sono robusti rispetto alle variazioni di illuminazione
- Non richiedono il retraining del sistema

#### *Svantaggi*

- Il processo di training è lento
- Il processo di testing è molto lento perché richiede il confronto fra grafi.

#### ***Termogramma***

Tutti gli oggetti emettono energia IR (infrarossi) in funzione della loro temperatura. L'energia IR è generata dalla vibrazione delle molecole: più è alta la temperatura di un oggetto maggiore è il movimento quindi, maggiore è l'energia IR emessa.

Le telecamere IR non vedono la temperatura ma rilevano la radiazione termica.

La Termografia IR è la tecnica che consente di produrre una immagine visibile della radiazione IR invisibile (all'occhio umano), emessa dagli oggetti in funzione delle loro condizioni termiche. La Termocamera più semplice assomiglia ad una telecamera normale e produce in diretta una immagine video della radiazione termica presente nello scenario inquadrato. Un'immagine prodotta da una Telecamera IR è chiamato Termogramma.

Nel nostro caso l'immagine del volto viene acquisita mediante un sensore termico che rileva le variazioni di temperatura dell'epidermide del volto e l'immagine poi viene segmentata e indicizzata.

#### *Vantaggi*

- Sono robusti rispetto alle variazioni di illuminazione e alle variazioni di tempo
- Sono efficienti anche in caso di ambienti esterni

#### *Svantaggi*

- Richiedono dispositivi di acquisizione costosi, troppo sensibili ai movimenti del soggetto e offrono limitate risoluzioni
- Dipendono dallo stato emotivo del soggetto
- La presenza di un vetro tra soggetto e dispositivo rende inefficace l'acquisizione