

## DETERMINAZIONE GEOMETRICA DELL'ALTEZZA DI UN UOMO IN UN CASO DI INDAGINE FOTO ANTROPOMETRICA FORENSE

Nei procedimenti penali, sempre più spesso si assiste alla valutazione probatoria delle immagini acquisite da videocamere di sorveglianza e fotocamere, sia in maniera incidentale, sia a seguito di disposizioni di intercettazioni ambientali o servizi investigativi di appostamento, pedinamento, documentazione.

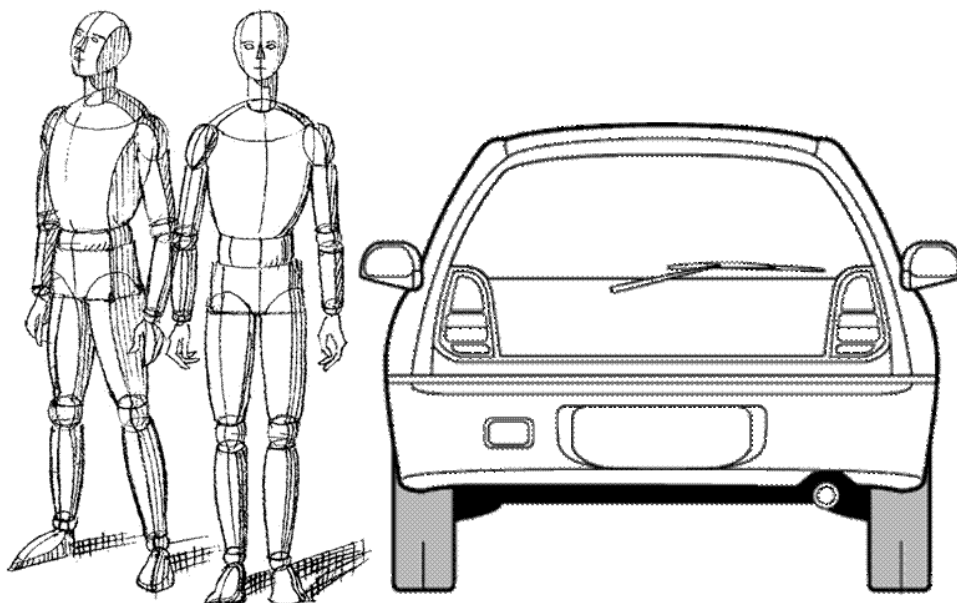
Spesso però, le identificazioni non possono essere accurate e, a causa delle condizioni ambientali in caso di identificazione diretta o della scarsa qualità delle immagini, in caso di identificazione indiretta, si finisce per coinvolgere persone che si dichiarano estranee ai fatti ed al luogo ma che, per carenza di alibi certi, incombono nell'onere di provare la loro non compatibilità con i soggetti ritratti o ripresi.

Non parlerò in questa sede della perizia antropometrica in generale, perché oramai da quando la guardia penitenziaria Bertillon la mise a punto, ne sono stati fatti progressi e perfezionamenti ma, in questo lavoro, di un argomento specifico e che spesso ricorre nelle motivazioni di sentenza a sostegno della rigettabilità della perizia antropometrica: la scarsa descrizione del procedimento adottato e la non attendibilità della misurazione dell'altezza del soggetto ripreso.

### IL CASO RUSSO

Immaginiamo di avere in esame una foto come la seguente:

Fig. 1



In questo caso, seguito dal sottoscritto in Italia e coinvolgente indagati di nazionalità russa, il soggetto a sinistra veniva riconosciuto dalla Polizia in un tale X, sulla scorta dell'altezza, identica a quella del soggetto Y a destra, catturato in flagranza. Il soggetto X si dichiarava estraneo ai fatti, ma la tesi dell'accusa era fondata sul sospetto di riconoscimento della Polizia, nonchè sul fatto che il soggetto X avesse la stessa altezza del soggetto Y come appare dalla foto.

Il primo motivo di rigetto di qualsivoglia operazione peritale di misurazione video antropometrica dei due soggetti al fine di identificarne l'altezza sarebbe in questo caso giustamente la differenza prospettica tra i due soggetti, ed in particolare tra il soggetto a sinistra e quello a destra.

In questo caso il perito ha due possibilità:

- 1) effettuare le misurazioni e correggerle successivamente tenendo conto del piano prospettico;
- 2) correggere la prospettiva e procedere alle misurazioni video antropometriche.

Secondo noi la strada migliore da seguire è la seconda.

Esistono molti software in grado di effettuare una precisa variazione di prospettiva. Essi utilizzano algoritmi in grado di effettuare variazioni della matrice prospettica.

## CORREZIONE PROSPETTICA

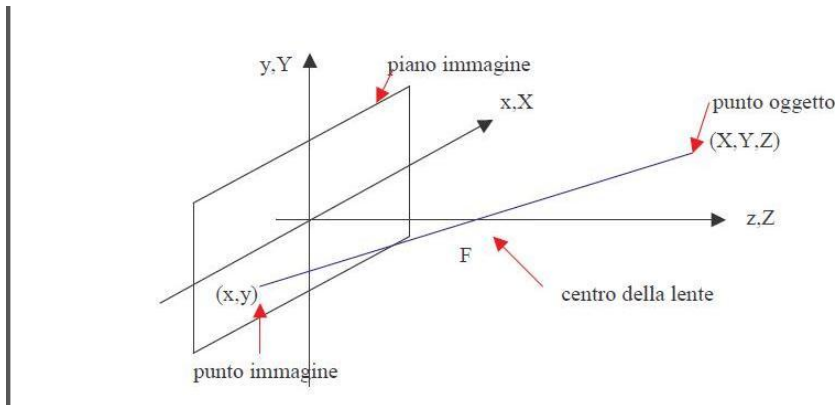
Per correggere le distorsioni geometriche a cui sono soggette le fotografie scattate da un punto di ripresa non ottimale è utile analizzare la relazione geometrica tra la scena osservata e quella della corrispondente immagine ottenuta con un apparecchio fotografico. Tale relazione si basa sulla geometria proiettiva e sulla prospettiva.

Si può schematizzare la macchina fotografica come un sistema costituito da una camera oscura e dotato di una apertura nella quale è posta una lente biconvessa. Questa focalizzando i raggi luminosi provenienti dall'esterno fa formare sulla parete opposta della camera oscura l'immagine degli oggetti inquadrati che viene poi fissata da una pellicola fotografica .

Il piano  $xy$  ove si forma l'immagine coincide con il fondo della camera oscura e il punto  $F$  rappresenta il centro della lente biconvessa di distanza focale  $f$ . Il sistema di coordinate  $xyz$  costituisce il sistema di coordinate fisso della macchina, l'asse  $Z$  coincide con l'asse ottico passante per il centro del piano di formazione dell'immagine e il centro  $F$  della lente.

Le relazioni tra gli oggetti dello spazio reale e la loro immagine sono regolate dalle leggi dell'ottica geometrica, secondo cui si suppone che i raggi luminosi si propagano in linea retta .

Un generico punto dello spazio  $P$  (punto oggetto) di coordinate  $(X,Y,Z)$  viene proiettato attraverso il punto  $F$  in un punto  $P'$  del piano dell'immagine di coordinate  $(x,y)$  .



E quindi:

$$x = \frac{fX}{f - Z}$$

$$y = \frac{fY}{f - Z}$$

Senza entrare nel profondo dei calcoli matematici e geometrici è possibile pervenire a formule di correzione di ogni punto della visione in prospettiva per riallineare l'oggetto ed effettuare misurazioni in 2 dimensioni.

Utilizzando un software tra i più famosi in ambito forense, otteniamo pressappoco questo risultato:



che andremo a ricomporre nella foto di prima.

Fig.3

E' possibile notare come la prospettiva del soggetto a sinistra si sia frontalizzata molto rispetto alla prima immagine e come sia stata cambiata, intenzionalmente dallo scrivente, la grandezza dell'immagine.

Questo perché introdurremo adesso il concetto di cross ratio. Ossia l'assioma per cui variando la grandezza di due segmenti, il rapporto "ratio" tra loro non varierà. Questo è un assioma fondamentale in antropometria, scienza che si basa tutta sullo studio delle forme.

## LA CROSS RATIO

Poniamo, nel nostro caso, sia nota l'altezza dell'autovettura, ricavata o dal modello, oppure da un sopralluogo e sia di 1,60m. Poniamo anche che in video l'autovettura appaia alta 8 cm utilizzando la misurazione con compasso applicheremo allora la regola del medio proporzionale per ricavare l'altezza dei due soggetti. E' importante ricordare che in un piano tridimensionale prospettico, la linea di altezza va tracciata fino a metà piede, onde correggere e compensare la differenza prospettica.

Osservando la fig. 3 ed il calcolo delle altezze, si dovrebbe obiettare che i piedi divaricati oltre la linea delle spalle, fanno variare sensibilmente l'altezza del soggetto a sinistra, rendendo il dato non più omogeneo e ripetibile.

Per questo motivo è stata sviluppata una tecnica trigonometrica che permette di risolvere graficamente il problema per correggere il dato di altezza di soggetti in camminata, corsa o posture a gambe divaricate.

Prima ricaviamo le altezze così come sono:

- a) applichiamo il medio proporzionale con l'auto avendo valutato la retta di altezza del soggetto a destra in 12,3 cm a video, e di quello a sinistra 12,4 cm a video, a zoom 100%. Quindi avremo che:

$$H':H = L : L'$$

Dove H' è l'altezza misurata a video, H l'altezza reale, L' l'altezza reale del soggetto, L l'altezza del soggetto misurata a video. E' fondamentale operare le misurazioni a video con lo stesso zoom.

Sviluppando, avremo che l'altezza del soggetto a destra è di circa 2,01 m

Stesso calcolo per il soggetto a sinistra ed otterremo 2,03 m.

Come possiamo notare, variazioni di 2 mm nella misurazione virtuale, restituiscano un risultato di 3 cm di variazione reale, quindi massima attenzione nelle misurazioni!

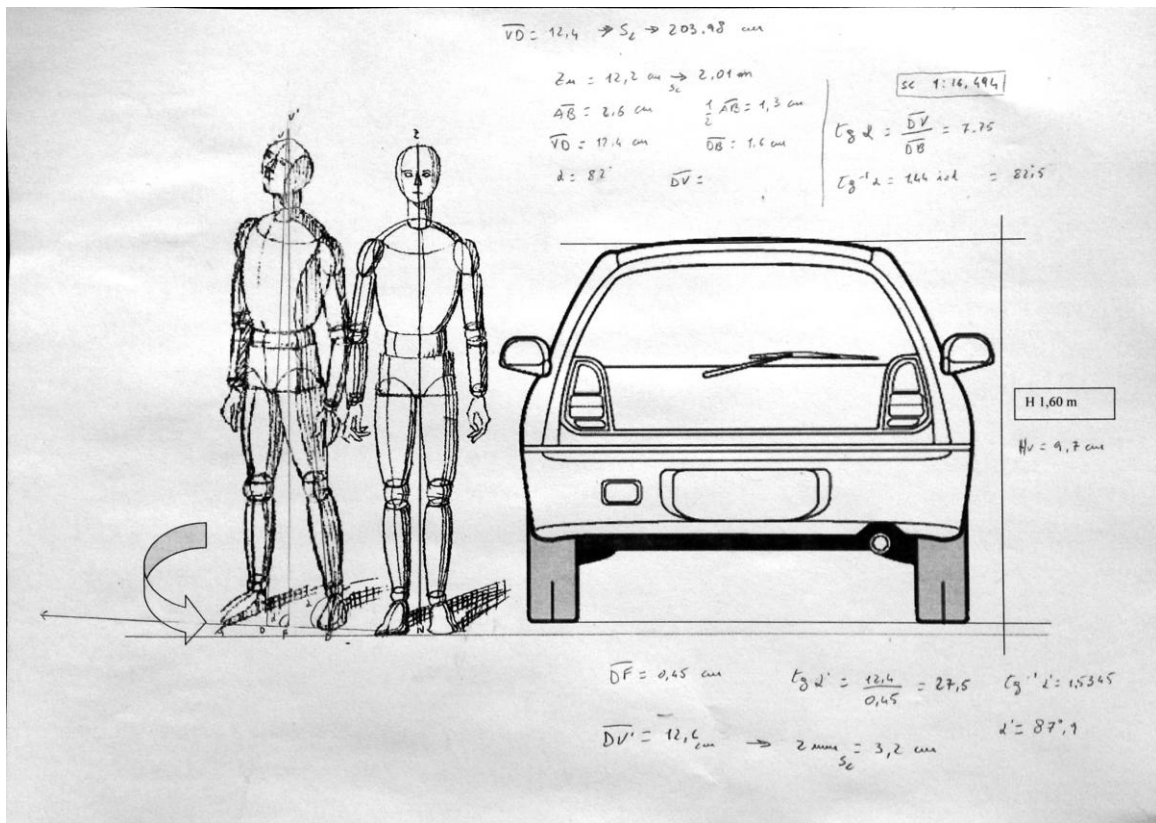
A questo proposito io consiglio sempre l'utilizzo del compasso per la massima precisione.

Ci troveremo poi di fronte al problema finale, ossia di correggere l'altezza del soggetto a sinistra, considerando che abbiamo tracciato la retta d'altezza con gambe divaricate.

## IL METODO "CUSIMANO" ©

Per questo adopereremo una formulazione trigonometrica e l'ausilio del disegno geometrico. Avremmo potuto operare con software appositi, ma scopo di questo articolo è dare dimostrazione geometrica di come si può correggere le altezze sulla base dell'angolo di appoggio posturale.

Avremo, effettuando le opportune elaborazioni, un risultato come la seguente fig.2



## DIMOSTRAZIONE

Dati:

- AB il segmento che congiunge le punte dei due piedi
- D il punto in cui la semiretta passante per V incontra AB formando un angolo retto;
- V il punto "vertex" per la misura dell'altezza;
- VD la semiretta di misurazione dell'altezza virtuale e corretta per prospettiva;
- BV la semiretta che congiunge la punta del piede sinistro con il vertex;
- $\alpha$  l'angolo formato da BV con BD;
- F il punto in cui dovrebbe trovarsi il piede sinistro per avvicinarsi alla posizione anatomica;

Scopo del procedimento è trovare  $\alpha'$  tale che disegnato, incroci DV in un punto V' che sarà l'altezza corretta.

Applicheremo la

$$1.1 \quad \operatorname{tg} \alpha = DV/DB = 82^{\circ},5$$

Per testare il sistema metrico e gli strumenti di misura, misuriamo al goniometro  $\alpha$  ottenendo il risultato di  $82^{\circ},3$ . Possiamo a questo punto procedere.

$$1.2 \quad \operatorname{tg} \alpha' = DV / DF = 87^{\circ},9$$

Andiamo a tracciare la semiretta ed otterremo V'.

La differenza di altezza VV' è 2mm che in scala saranno 3,2 cm.

Quindi si può concludere, che utilizzando il metodo geometrico, possiamo stabilire la reale altezza del soggetto a sinistra, correggendo la prospettiva geometricamente ed applicando una formula trigonometrica e geometrica.

*Disclaimer:*

*La procedura utilizzata in quest'articolo è proprietà intellettuale dell'autore. La divulgazione e l'utilizzazione ad uso dei professionisti e della comunità scientifica è libera e senza vincoli purchè si citi l'autore. E' vietata qualsivoglia utilizzazione o riproduzione per fini commerciali.*

*Dott. Maurizio Cusimano*

*Spec. in Ottica Fisica*

*Perito Video Antropometrico*

*Albo Periti CE 804*

*[www.investigazioniscientifiche.org](http://www.investigazioniscientifiche.org)*