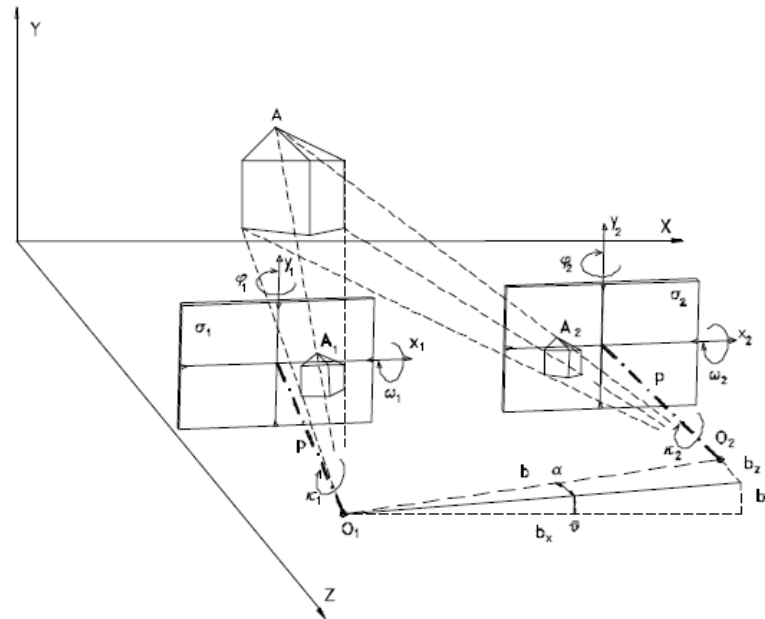


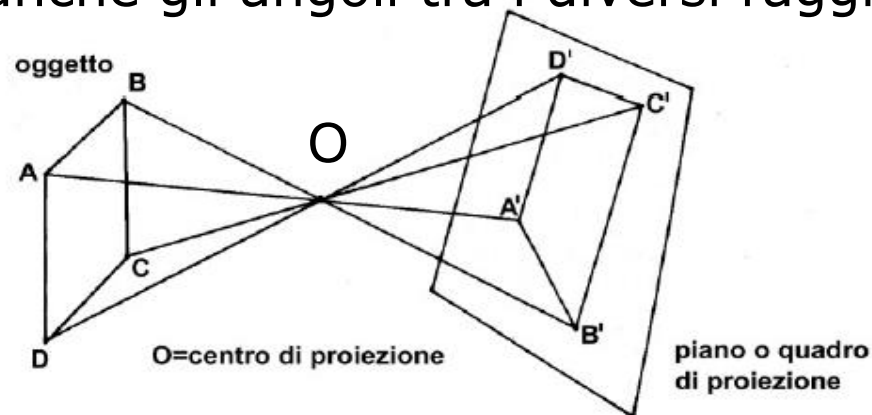
# LA GEOMETRIA DELLA PRESA FOTOGRAMMETRICA



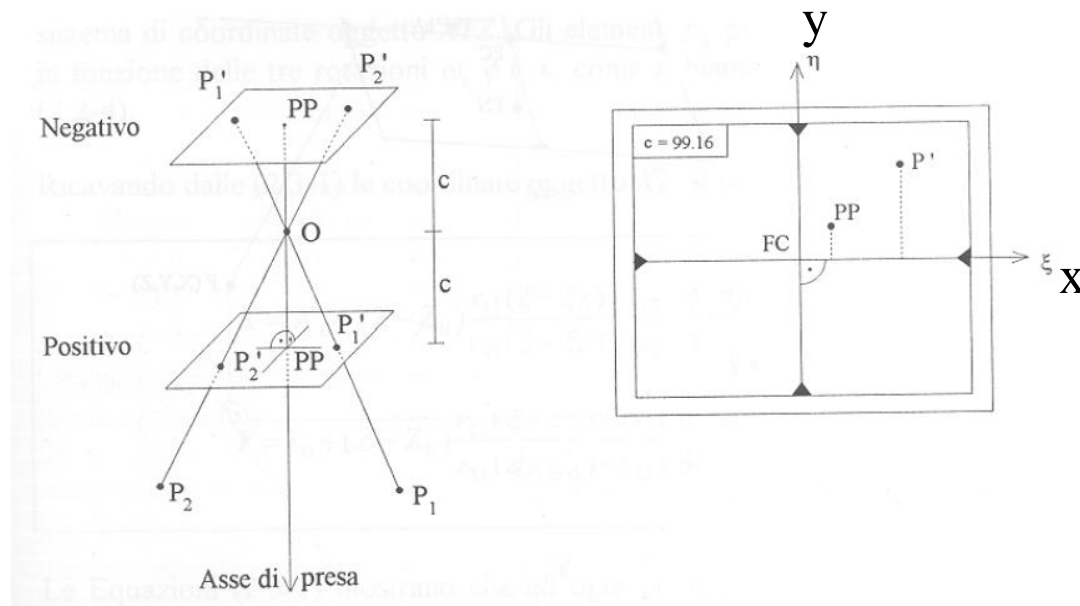
# La presa fotogrammetrica

Dal punto di vista geometrico la fotografia di un oggetto è una **proiezione centrale** o **prospettiva** e si ottiene proiettando i punti dell'oggetto da un *centro di proiezione*  $O$  su un piano chiamato *piano di proiezione*. Nel processo della formazione di una foto attraverso una camera fotografica dobbiamo immaginare che in  $O$  ci sia l'obiettivo e il piano di proiezione sia la pellicola.

Se immaginiamo di togliere l'oggetto e di lasciare la camera nella sua posizione, l'operazione che si può fare è quella di ricostruire le direzioni nelle quali si trovano i punti. In questo modo stiamo ricostruendo quella che si chiama **stella dei raggi proiettanti**, determinando anche gli angoli tra i diversi raggi.



## Orientamento interno



Per poter ricostruire la stella dei raggi proiettanti bisogna fare l'ipotesi che la fotografia sia un'esatta proiezione dell'oggetto. Inoltre occorre conoscere quelli che si chiamano **parametri di orientamento interno della camera** ossia:

- **il punto principale P**, piede della perpendicolare condotta da O al piano di proiezione;
- **la distanza principale c** ossia la distanza tra O e il piano.

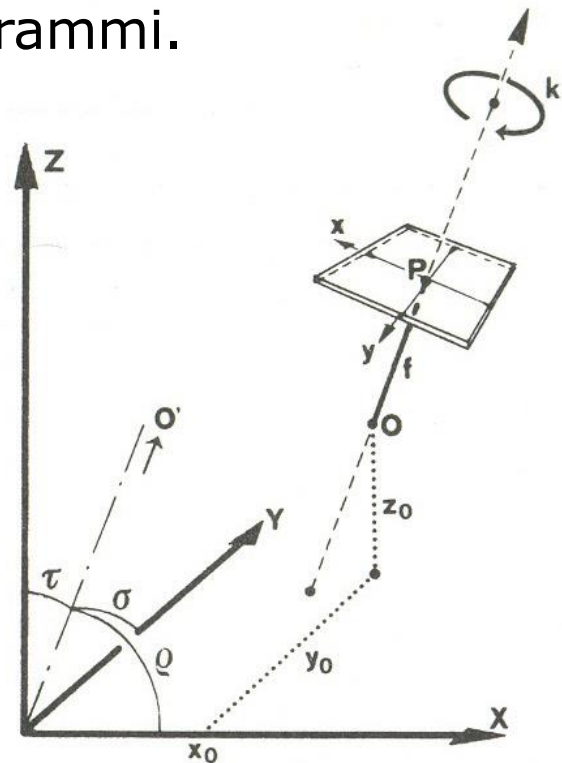
Del punto P si conserva la traccia su ogni fotogramma grazie alla presenza delle **marche fiduciali** impressionate ai bordi del fotogramma le quali definiscono 2 assi x e y la cui intersezione fornisce la posizione di P. La distanza principale c viene fornita dalla camera e impressa sul fotogramma.

## Orientamento esterno

Per realizzare la restituzione di un oggetto 3D è necessario ricostruire la stella proiettante, e quindi conoscere i parametri di orientamento interno della camera, e il ripristino della posizione della camera nello spazio al momento della presa. Dal punto di vista geometrico il problema è quello di individuare la posizione di un corpo rigido nello spazio che in fotogrammetria equivale a definire l'orientamento esterno dei fotogrammi.

A tale scopo si consideri una terna ortogonale  $X, Y, Z$  con:

- asse  $Z$  lungo la verticale e orientato verso l'alto;
- asse  $X$ , di conseguenza orizzontale, con direzione pressoché parallela alla direzione  $x$  del fotogramma;
- asse  $Y$  a formare una terna destra.



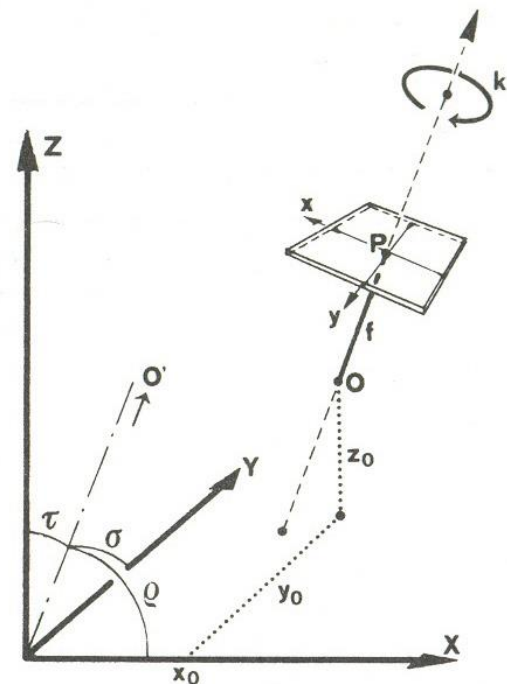
## Orientamento esterno

L'assetto della camera all'atto della presa del fotogramma risulta definito dalla conoscenza:

- del centro di presa (primo punto nodale dell'obiettivo) della camera;
- della direzione dell'asse ottico della camera  $PO$ ;
- dell'orientamento della camera intorno a tale asse  $PO$

Quindi i parametri nel sistema  $X, Y, Z$  necessari e sufficienti a stabilire i vincoli suddetti sono:

- le 3 coordinate del centro di presa in un dato sistema di riferimento detto esterno  $X_0, Y_0, Z_0$ ;
- la direzione da assegnare all'asse di presa  $PO$  definita da 2 coseni direttori;
- l'orientamento da assegnare alla camera intorno a tale asse che può essere definito dalla rotazione  $k$



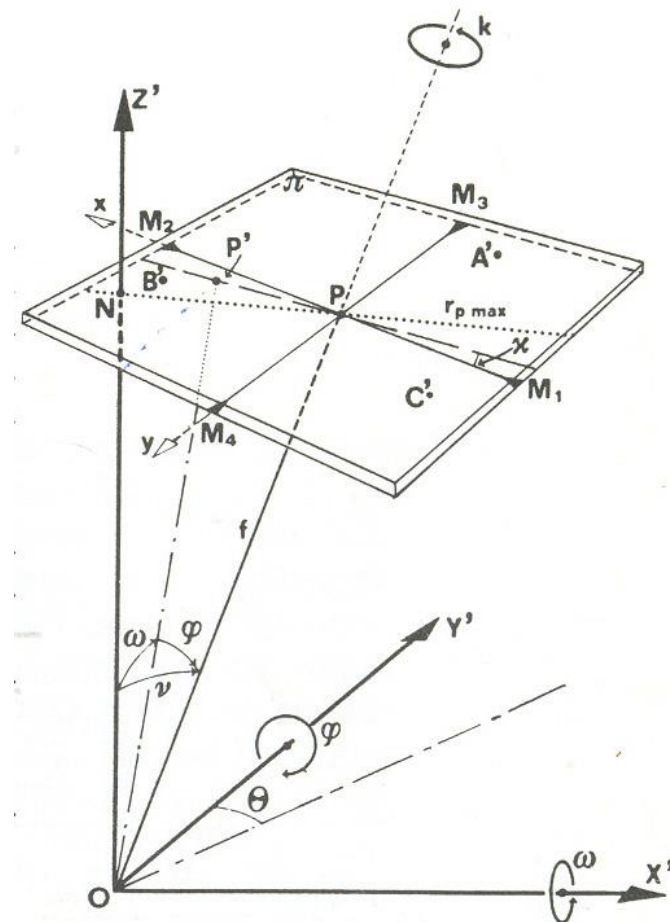
## Orientamento esterno

Convenzionalmente per definire i due coseni direttori si utilizza un altro sistema di riferimento  $X', Y', Z'$  ottenuto da quello originario  $X, Y, Z$  dopo avergli indotto le traslazioni  $X_0, Y_0, Z_0$ . La direzione dell'asse PO viene espressa fotogrammetricamente:

- dall'angolo  $\omega$  formato dall'asse  $Z'$  con la proiezione  $OP'$  della direzione OP sul piano  $Z'Y'$ ;
- dall'angolo  $\varphi$ , formato dalla direzione orientata OP con il piano  $Z'Y'$ ;

Come parametro che definisce la rotazione della camera intorno al suo asse si assume l'angolo  $k$  formato dall'asse  $x$  del fotogramma e la traccia PR su di questo del piano dell'asse  $X'$  e dell'asse della camera PO.

Quindi i 6 parametri di orientamento esterno sono 3 coordinate del centro di presa  $X_{c'}, Y_{c'}, Z_{c'}$  e 3 rotazioni  $\omega, \varphi$  e  $k$ .



# Orientamento esterno

Quindi dati i 6 parametri di orientamento esterno, per far assumere alla camera la posizione da essi definita dobbiamo seguire i seguenti movimenti:

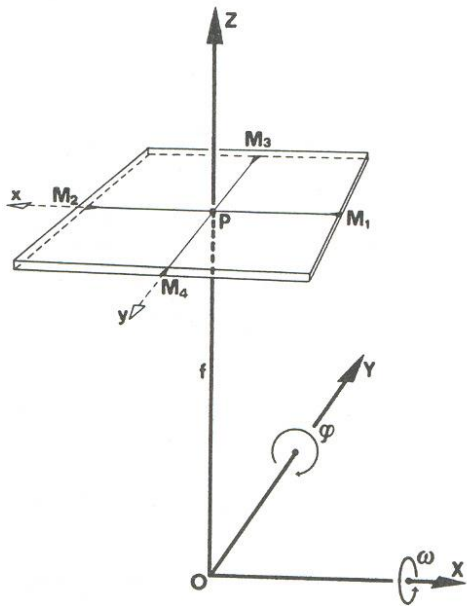


FIG. 18

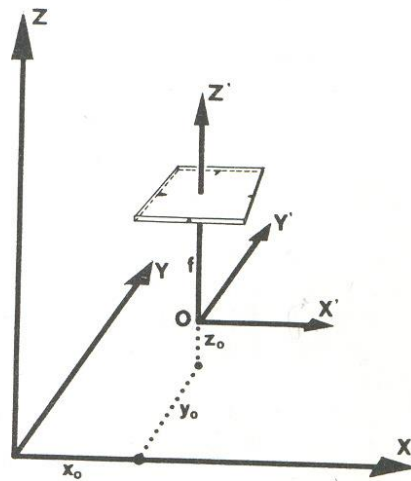


FIG. 19

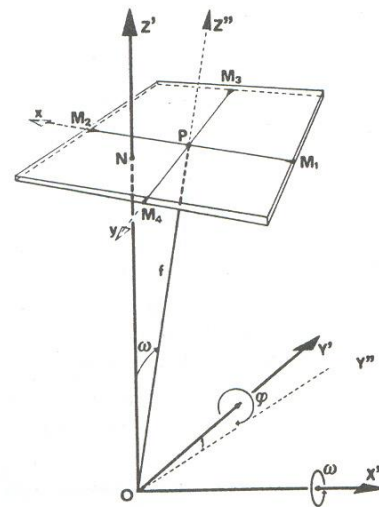


FIG. 20

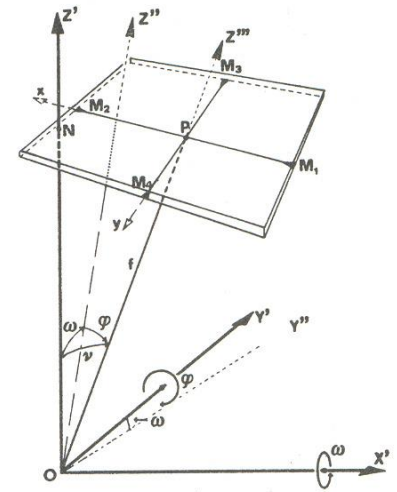


FIG. 21

## Orientamento esterno

La rotazione  $\omega$ , detta **inclinazione trasversale** o primaria in quanto avviene intorno all'asse X della terna esterna. In fotogrammetria aerea è dovuta al **rollio** dell'aereo.

La rotazione  $\varphi$  viene detta **inclinazione longitudinale** o secondaria e avviene intorno ad un asse inizialmente parallelo all'asse Y e poi ruotato di  $\omega$  nel piano YZ. In fotogrammetria aerea è dovuta al **beccheggio** dell'aereo.

La rotazione  $k$  viene detta **sbandamento** o terziaria e avviene intorno ad un asse che inizialmente era parallelo all'asse Z e poi ruotato di  $\omega$  e poi di  $\varphi$ . In fotogrammetria aerea è dovuta alla **deriva** dell'aereo.

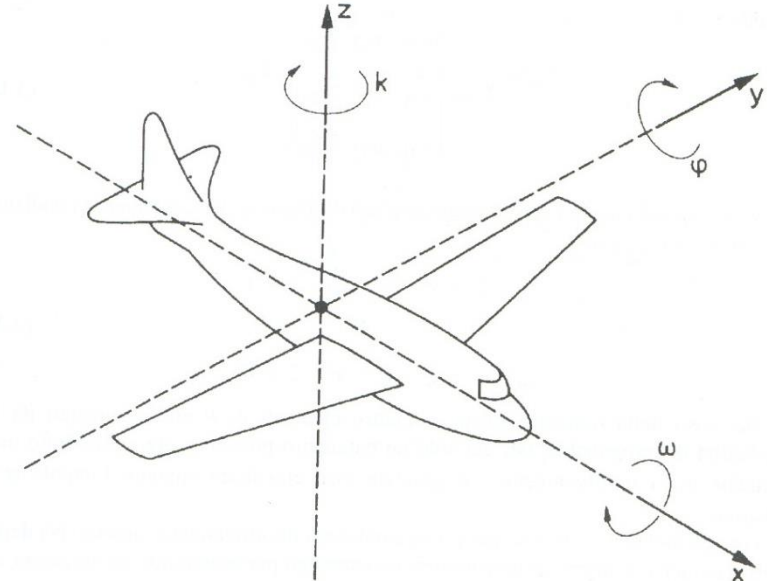


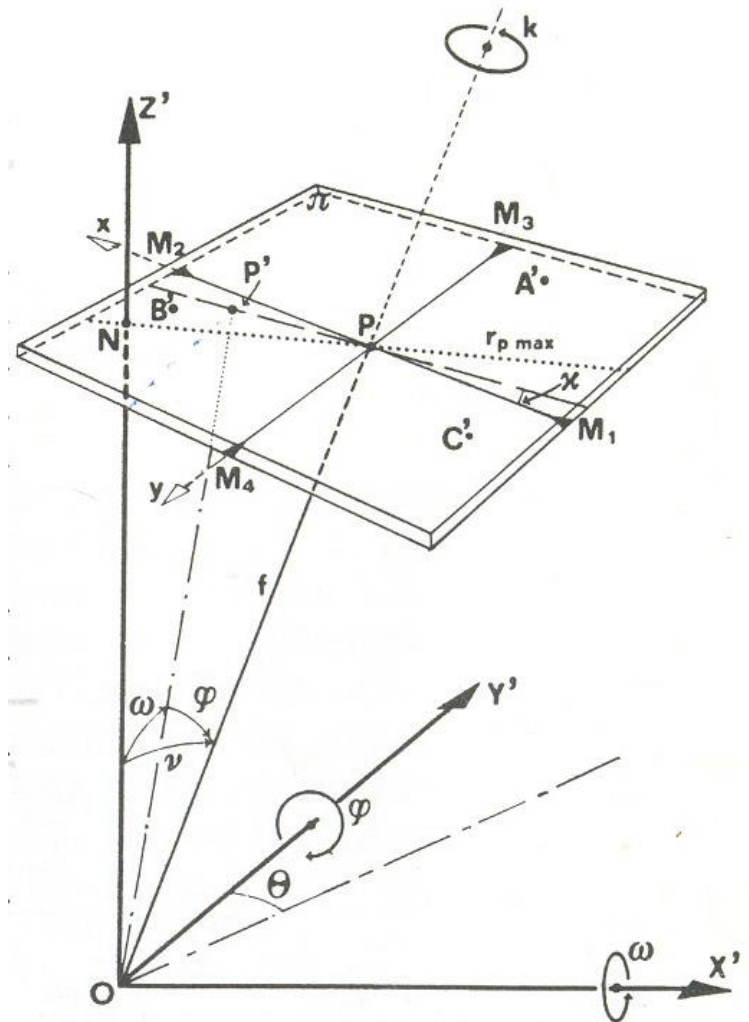
Fig. 3.5 – Rotazioni tipiche di una camera aerofotogrammetrica, intorno agli assi del vettore.



## Inclinazione del fotogramma

È l'angolo formato dal piano del fotogramma con il piano orizzontale; è uguale all'angolo  $\nu$  formato dalla direzione dell'asse della camera con la direzione della verticale in O.

Quando  $\nu$  è poco discosto dalla verticale ( $< 5^\circ$ ) il fotogramma si dice nadirale (rigorosamente nadirale se  $\nu=0^\circ$ ); fino a  $30^\circ$  si dice semi-panoramico; oltre i  $30^\circ$  panoramico.



## Il modello di un oggetto

La ricostruzione di un modello simile o uguale ad un oggetto mediante un unico fotogramma è possibile solo se l'oggetto è piano. In questo caso esiste una corrispondenza biunivoca fra i punti immagine e i punti oggetto. Se l'oggetto è 3D questa corrispondenza biunivoca viene meno. In tal caso occorre utilizzare 2 immagini stereoscopiche dello stesso oggetto, ovvero 2 fotogrammi presi da due punti diversi, si formano così 2 prospettive diverse e si viene a stabilire una corrispondenza biunivoca tra punti immagine e punti oggetto. L'operazione inversa della presa è la restituzione.

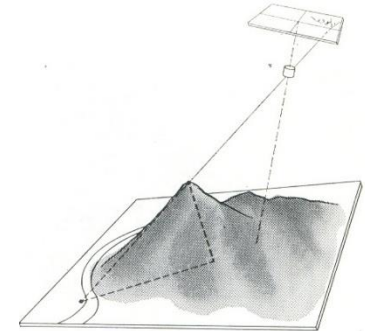


Fig. 13. Mancanza di corrispondenza biunivoca fra punti oggetto e punti immagine per un fotogramma di un oggetto tridimensionale.

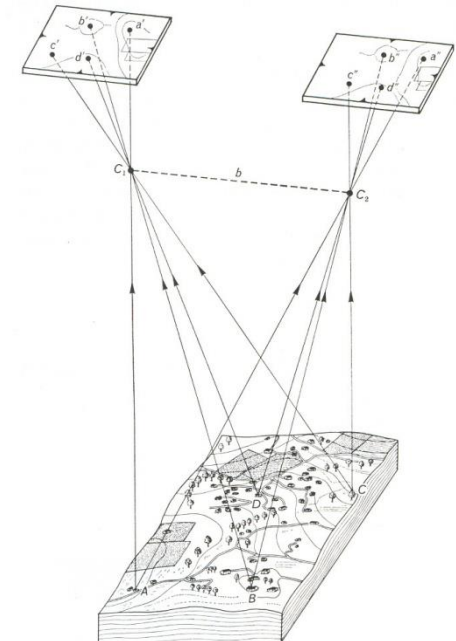


Fig. 14. Coppia stereoscopica di fotogrammi di un oggetto tridimensionale.