

LA CARTOGRAFIA AEROFOTOGRAMMETRICA E LA PROGETTAZIONE DELLE AUTOSTRADE

Dott. BALILLA GRIFONI

Impresa Rilevamenti Topografici e Fotogrammetrici (I.R.T.E.F.) Firenze
*Comunicazione presentata al IX Convegno Nazionale della S.I.F.E.T.
Cagliari - Maggio 1964*

È noto quanto si sia fatto e si stia facendo per introdurre nelle progettazioni stradali i metodi e le tecniche della fotogrammetria numerica per la risoluzione dei problemi connessi alle progettazioni stesse, alle calcolazioni dei movimenti di terra, all'esecuzione dei profili e delle sezioni, ed è parimenti noto quanto si sia ideato in fatto di apparecchiature ausiliarie degli strumenti restitutori quali il Tomografo Santoni-Galileo ed i vari tipi di Profiloscopi di creazione italiana e straniera per meccanizzare, affinare, rendere più rapidi e meno dispendiosi i sistemi e le tecniche da usare nella stesura di un progetto stradale.

Tuttavia la carta topografica a grande scala è sempre indispensabile al progettista in quanto essa è il documento che rappresenta in veste grafico-geometrica il terreno oggetto dei suoi piani ed è su questo che egli opera per risolvere i suoi più importanti problemi.

Noi della IRTEF ci siamo trovati di fronte a richieste di cartografie che dovevano servire alla progettazione di vari tronchi di autostrade. Queste cartografie, planoaltimetriche, generalmente alla scala 1:2000 con equidistanza di m 2, furono eseguite per restituzione di fotogrammi aerei ripresi da quota relativa di circa 1400 metri. La restituzione si sviluppò lungo l'asse del probabile tracciato per una fascia della larghezza di circa 500 metri.

L'aver scelto l'asse presunto del tracciato basandosi su un primo studio sommario eseguito dal progettista sulla base delle carte al 25 000, condusse quasi sempre a dover procedere, dopo i primi studi definitivi sul 2 000, ad ampliamenti della fascia, con notevoli aggravii dei costi e con rallentamento del ritmo di progettazione, legato agli sviluppi della cartografia.

Fu in seguito a questi inconvenienti che venne programmato di ricorrere, per lo studio della progettazione, a due cartografie: una alla scala 1:5000 ed una alla scala 1:2000. Le carte dovevano derivare da due voli fotogrammetrici eseguiti da quote diverse: 2500 - 2700 e 1100 - 1200 di quota relativa.

Il progettista, disponendo di una carta aerofotogrammetrica alla scala 1:5000 stesa lungo il percorso probabile dell'autostrada su la larghezza compresa fra 1500 e 2000 metri, poteva effettuare uno studio più ampio, più accurato di quello effettuabile sulla carta al 25 000. Egli era inoltre in grado di elaborare varianti e soluzioni diverse utilizzando un documento cartografico di sicura garanzia e inoltre era in grado di definire con sicurezza quale sarebbe stata la fascia di rilievo alla scala 1:2000 necessaria per l'elaborazione delle ultime progettazioni.

Con questo sistema si sono raggiunti due scopi: risparmio di tempo con eliminazione di periodi di attesa fra la richiesta delle carte e gli studi da intraprendere non appena le carte fossero state approntate; economia di danaro: il costo degli ampliamenti, infatti, quasi sempre, nella precedente organizzazione della cartografia al 2000, superava di molto quello occorrente per la preparazione della carta al 5000 della zona interessata.

In questa ed altra sede è stata piú volte riconosciuta la necessità di addivenire alla costruzione di una carta tecnica al 5000 o 10000 di tutto il territorio nazionale. Tale necessità, anche dai progettisti di strade è particolarmente avvertita. Siamo convinti che la carta suddetta risolverebbe una volta per tutte le piú urgenti necessità cartografiche connesse a quelle economico-tecniche del Paese nel campo della bonifica e delle sistemazioni fondiari, in quello della investigazione forestale, delle progettazioni stradali e ferroviarie, della regolazione urbanistica, ecc.

La tecnica da noi adottata per l'esecuzione della cartografia necessaria alle progettazioni stradali si può compendiare come segue:

a) Esecuzione di due voli di presa aerofotografica, uno da quota relativa 2500-2700 ed uno da quota relativa 1100-1200 metri a cavallo dell'asse del progetto di massima.

Il primo volo viene utilizzato per la restituzione delle carte al 5000 e quello piú basso per la restituzione di una fascia della larghezza in genere di 500 metri alla scala 1:2000 e per eventuali cartografie speciali alla scala 1:1000 ed anche alla scala 1:500.

b) Preparazione a terra e restituzione.

La possibilità di disporre di due voli a due quote diverse ci consente di usare, nella fattispecie, il sistema dei piazzamenti strumentali in modo da ridurre notevolmente il lavoro a terra che in pratica viene limitato alla determinazione dei punti plano-altimetrici necessari all'orizzontamento del volo alto ed all'esecuzione di una linea di livellazione peraltro richiesta dalle esigenze dei progettisti.

Poiché da quota 2600 m l'abbracciamento della presa è di circa 4 km mentre da quota 1100 m esso risulta circa 1600 m, in una coppia del volo alto vengono ad essere comprese 3 o 4 coppie del volo basso che potranno ricevere gli elementi planimetrici d'appoggio a seguito del piazzamento del modello ad alta quota.

L'esperienza effettuata ci autorizza ad affermare che tale procedimento consente di realizzare dei risultati piú che soddisfacenti purché esso sia eseguito con cura ed, in particolare, provvedendo:

- a realizzare l'orientamento assoluto del modello del volo alto con il metodo analitico;
- rilevare le coordinate strumentali con letture reiterate e, quando è possibile, mediando i valori ottenuti con piazzamenti contigui;
- scegliere i punti utilizzati per l'orientamento dei fotogrammi bassi in modo che le loro immagini permettano una sicura collimazione;
- rilevare per ogni coppia del volo basso un numero sovrabbondante di punti in modo da rendere minimi gli errori di dimensionamento e di orientamento del modello ottico in sede di restituzione del volo a bassa quota.

1) - Per la determinazione dei valori piú probabili dei parametri di rotazione (δ) e traslazione (N_o , E_o) degli assi (da strumentali a cartografici) e del coefficiente di scala (s) (modello ottico/terreno), si risolve col metodo dei minimi quadrati il sistema di $2n$ equazioni del tipo:

$$\begin{aligned} x_{ai} s \cos \delta y_{ai} - x_{ai} s \sin \delta y_{ai} + N_o - N_{ai} &= 0 \\ y_{ai} s \cos \delta x_{ai} + y_{ai} s \sin \delta x_{ai} + E_o - E_{ai} &= 0 \end{aligned}$$

dove con x_{ai} ed y_{ai} si indicano le coordinate strumentali dei punti di appoggio ai (5 e piú per stereogramma del volo alto) e con N_{ai} ed E_{ai} le corrispondenti coordinate Gauss-Boaga determinate sul terreno con metodi trigonometrici.

2) - Per la determinazione delle coordinate Gauss-Boaga dei punti di appoggio p_i , da utilizzarsi per i necessari piazzamenti relativi al volo a bassa quota, una volta noti i parametri di cui al N. 1, si adottano le seguenti formule:

$$\begin{aligned} N_{p_i} &= N_o + B x_{p_i} + C y_{p_i} \\ E_{p_i} &= E_o + B y_{p_i} - C x_{p_i} \end{aligned}$$

ove $B = s \cos \delta$ e $C = s \sin \delta$

Gli errori residui ottenuti in numerose applicazioni dalla soluzione del sistema di cui al N. 1, confermano che le coordinate Gauss-Boaga calcolate con la formula di cui al N. 2 sono affette da errori medi mai superiori a quelli che si riscontrano nelle determinazioni dirette sul terreno.

Con questo metodo le operazioni di campagna per le determinazioni dei punti di appoggio vengono notevolmente alleggerite tanto che, talvolta, basta l'individuazione e l'identificazione dei soli elementi geodetici dell'I.G.M. e dei punti della triangolazione catastale per garantire l'appoggio planimetrico per le coppie del volo alto escludendo anche quasi sempre la necessità della triangolazione aerea.

Molta cura va posta nella determinazione dei punti di controllo altimetrici che, come prima accennato, vengono derivati dai caposaldi di una livellazione geometrica preventiva.

In terreni pianeggianti come nelle zone interessate dalla progettazione dell'Idrovia Ticino-Mincio, i punti di controllo in quota determinati per ogni coppia in campagna con poligonazioni altimetriche furono dai 10 ai 12, distribuiti nella parte di fotogramma dove doveva procedersi al rilievo della fascia.

Le determinazioni a terra erano state effettuate con l'approssimazione dei 10 cm. Gli altri punti quotati per via fotogrammetrica strumentale conservano pressoché invariata tale accuratezza, accuratezza invero eccellente, scevra da probabili errori residui anche dopo compensazioni piú o meno laboriose.

Gran parte della cartografia per la progettazione dell'autostrada Sestri Levante-Livorno e dell'Autostrada Roma-Tivoli-L'Aquila, per uno sviluppo complessivo di oltre 300 chilometri è stata eseguita dalla IRTEF alle due scale, 1:5.000 ed 1:2000. La tempestività con la quale è stato possibile approntare una carta al 5000 da mettere a disposizione dei progettisti a breve distanza di tempo dall'effettuazione del volo, è stata la ragione non ultima che ha indotto i committenti a usare metodicamente il sistema descritto.

