

L'IMPIEGO DELLA TRIANGOLAZIONE AEREA COME PROCEDIMENTO NORMALE DI RESTITUZIONE DI CARTE TOPOGRAFICHE E TECNICHE

**Ricerche e lavori eseguiti in questo campo dall'EIRA
(Ente Italiano Rilievi Aerofotogrammatici) (1)**

DOTT. ING. GIAMPIERO LE DIVELEC

1. - L'EIRA ha introdotto fino dal 1958 il metodo della triangolazione aerea spaziale fra i metodi impiegati normalmente per la esecuzione di rilievi aerofotogrammetrici a media e grande scala.

La diffusione dell'impiego della triangolazione aerea nei rilievi di questo tipo ha permesso di realizzare - a parità di precisione - delle economie considerevoli di tempo e di costo di produzione in relazione ai metodi della topografia classica ed ha ugualmente semplificato il procedimento dei lavori di rilievo topo-cartografico, liberando, per così dire, la esecuzione del lavoro di campagna da tutte le difficoltà dovute alla morfologia del terreno o ad eventuali condizioni meteorologiche avverse.

La messa a punto della pratica operativa per l'applicazione della triangolazione aerea ai diversi tipi di rilievo è stata resa possibile soprattutto grazie ad una lunga serie di saggi e di ricerche tendenti, sulla base delle esperienze raccolte dall'EIRA durante la sua collaborazione con l'OEEPE (Organizzazione Europea di Studi Fotogrammetrici Sperimentali), a definire i procedimenti più idonei per garantire un'applicazione pratica e sicura dei metodi che questo sistema di triangolazione comporta, in funzione del materiale aerofotogrammetrico disponibile e della precisione richiesta in ciascun caso.

2. - I primi saggi praticati dall'EIRA in questo campo specifico della fotogrammetria topografica risalgono al 1952 ed al rilievo alla scala 1:2000 del Campidano di Cagliari [1]. Effettivamente allora vennero eseguiti dei piccoli concatenamenti planimetrici di 2 o 3 modelli, che misero particolarmente in evidenza le possibilità offerte dalla triangolazione aerea anche per le grandi scale. Altre applicazioni, limitate a 5 o 6 modelli, furono effettuate per taluni rilievi urbani, sempre a grande scala [2].

La ragione principale degli ottimi risultati ottenuti recentemente deve essere ricercata comunque negli studi effettuati dall'EIRA in vista dell'applicazione della triangolazione aerea alla preparazione dei punti di appoggio per la restituzione della carta d'Italia alla scala 1:25.000.

(1) Rapporto presentato al IX Congresso internazionale di fotogrammetria - Londra, 1960.

Queste ricerche furono iniziate nel 1956 e riguardarono il materiale e gli elementi raccolti nel corso della esecuzione dei rilievi normali alla scala 1:25.000 portati a termine lo stesso anno per conto dell'Istituto Geografico Militare.

I primi esperimenti, eseguiti su due strisciate differenti, composte rispettivamente da 9 e 6 modelli stereoscopici ed aventi la lunghezza effettiva di 27 e 17 km, erano destinati soprattutto alla ricerca di metodi di concatenamento più soddisfacenti. Si effettuarono dei saggi di concatenamento libero (senza condizioni) e dei saggi di concatenamento con correzione preventiva della convergenza.

I risultati ottenuti misero in evidenza ancora una volta l'opportunità dell'applicazione della triangolazione aerea per la determinazione dei punti di appoggio in questione e l'interesse a proseguire gli esperimenti.

In base a queste conclusioni e tenuto conto dell'esperienza acquistata nel frattempo durante le ricerche condotte per l'OEEPE, si procedette ad altri saggi su strisciate più lunghe e più precisamente su una strisciata di 40 km. L'elaborazione successiva delle osservazioni raccolte allo strumento in questa occasione, fece prendere in considerazione l'opportunità di suddividere in due tronconi la compensazione altimetrica della strisciata e di misurare sul terreno da 4 a 5 distanze zenitali a due punti compresi nel modello intermediario della catena aerea.

Nel 1957 furono eseguiti altri esperimenti procedendo all'esame di una strisciata di 9 fotogrammi facente parte di una ripresa effettuata con una camera fotogrammetrica grandangolare nel Molise, ad una quota assoluta di 4500 m.

I risultati ottenuti si rivelarono particolarmente interessanti e determinanti. Il loro esame portò a rinunciare alla correzione preliminare della convergenza e mise in evidenza la necessità di migliorare ancora la precisione intrinseca della preparazione sul terreno dei punti di appoggio alle estremità delle strisciate (partenza ed arrivo). I risultati di queste ultime ricerche, che dettero nel confronto fra le coordinate ottenute per concatenamento e le coordinate topografiche, degli scarti residui massimi di m 1,84 in X, m 1,60 in Y e m 1,32 in Z, convinsero la direzione dell'Istituto Geografico Militare ad autorizzare l'impiego del metodo per i lavori aerofotogrammetrici progettati in Sardegna per l'anno 1958. Questa autorizzazione fu subito sfruttata dall'EIRA, che procedette alla determinazione dei punti d'appoggio necessari all'inquadramento degli stereogrammi durante la restituzione, per mezzo della triangolazione aerea.

Ma la serie degli esperimenti non era terminata con questo. L'elaborazione delle osservazioni strumentali necessarie per calcolare le coordinate dei punti determinati per concatenamento nel sistema topografico di riferimento (sistema Gauss-Boaga), si rivelò effettivamente più delicata e laboriosa di quanto non fosse stato previsto. Ispirandosi alle esperienze raccolte durante le ricerche OEEPE [3], era stato stabilito all'inizio di adottare per la compensazione e la trasformazione delle coordinate strumentali il metodo proposto da A. Van

Der Weele [4]. Questo metodo sembrava garantire effettivamente, nella determinazione delle coordinate dei punti ottenuti per concatenamento, una precisione compatibile con le tolleranze ammesse dall'Istituto Geografico Militare [5] per i punti di appoggio.

Sfortunatamente, una volta terminate le operazioni di calcolo, fu evidente che questo metodo non era il più idoneo – tenuto conto della varietà delle condizioni e delle caratteristiche delle strisciate concatenate – a facilitare il raggiungimento dello scopo delle ricerche.

I primi controlli effettuati sul terreno dall'IGM, confermarono d'altra parte l'esistenza di differenze sensibili fra le coordinate determinate per triangolazione aerea e le coordinate determinate per mezzo dei metodi fotogrammetrici classici.

Spinti dalla necessità di arrivare ad un più elevato grado di perfezione nei risultati da ottenere, i tecnici proposti ai lavori di concatenamento orientarono allora le loro ricerche verso l'applicazione dei metodi proposti da A. Verdin [6] e da J. Zarzycki [7], metodi la cui applicazione era stata raccomandata al momento degli esperimenti OEEPE. Il metodo Zarzycki in particolare doveva permettere di includere, in maniera più semplice ed immediata, nell'elaborazione finale dei risultati, i diversi punti conosciuti, distribuiti lungo le strisciate ed utilizzati fino a quel momento per il controllo. Queste ulteriori ricerche permisero la messa a punto di un nuovo procedimento grafico-numerico, interamente originale, che si rivelò particolarmente idoneo a soddisfare la necessità dell'epoca (che comportavano una tolleranza di m 1,50 in planimetria e di 1,00 m in altimetria).

La pratica operativa così messa a punto è stata migliorata continuamente dall'EIRA e opportunamente adattata alle diverse caratteristiche dei rilievi e dalle loro diverse scale. Questa tecnica può essere definita nel suo carattere essenziale dai dati che seguono.

3. – I principi ai quali si ispira il procedimento della triangolazione aerea messo a punto dall'EIRA sono, essenzialmente, quelle dell'autocontrollo nel trasferimento dell'orientamento assoluto da un modello all'altro, durante il concatenamento all'apparecchio, e quello della semplificazione dei calcoli, al momento della trasformazione delle coordinate dei punti determinati a mezzo triangolazione aerea. La condizione preliminare per una buona applicazione del procedimento resta naturalmente una preparazione sul terreno molto accurata dei punti di appoggio, per non parlare della necessità di una revisione e di una sistematica rettifica delle condizioni geometriche particolari degli strumenti di stereorestituzione impiegati.

Normalmente l'EIRA esegue i concatenamenti per strisciate alternate. Le strisciate destinate al concatenamento, chiamate strisciate principali, sono oggetto di una preparazione al suolo particolarmente accurata e vengono opportunamente sistemate in modo da fornire, ogni volta che la sovrapposizione

laterale complessiva non è inferiore al 30 %, i punti di appoggio delle strisciate interne, che si chiamano strisciate secondarie o di riempimento.

3-1. — È evidente che la precisione ottenibile a mezzo della triangolazione aerea dipende strettamente dalla precisione intrinseca dei punti determinati sul terreno e precedentemente scelti come punti di appoggio. Bisogna dunque curare particolarmente l'esecuzione dell'inquadramento trigonometrico, in modo che esso sia omogeneo e consenta un grado di precisione uniforme nella determinazione topografica dei punti di appoggio collocati alle due estremità della strisciata lungo di essa.

La scelta dei punti di appoggio alle due estremità della strisciata di concatenamento viene effettuata dall'EIRA in modo che i punti presentino le dimensioni più piccole possibile e che siano suscettibili allo stesso tempo di una facile e sicura identificazione allo strumento di restituzione.

Quando la cosa è possibile, ciascun punto di appoggio viene dotato di un secondo punto fotografico ausiliario determinato per azimut e per distanza dal punto in questione.

Questa precauzione ha lo scopo di eliminare le eventuali incertezze dovute ad errori di identificazione e di collimazione durante la esecuzione del concatenamento allo strumento di restituzione.

Inoltre anche tutti i punti trigonometrici compresi nella catena vengono trasformati con la più grande cura in punti fotografici.

I due stereogrammi posti alle due estremità di ciascuna strisciata da concatenare, cioè le basi di partenza e di arrivo, portano normalmente 5 punti di appoggio, come minimo, distribuiti secondo la ripartizione classica: 4 ai quattro angoli (se possibile a cm 1,5 almeno dal bordo del fotogramma) ed uno al centro.

3-2. — Prima di eseguire tutto il lavoro di triangolazione aerea ci si deve sempre preoccupare di verificare le condizioni geometriche dello strumento di restituzione che si conta di impiegare [8]. Questo controllo si effettua procedendo ad una proiezione planimetrica ed altimetrica dei reticoli di precisione a questo scopo destinati ⁽¹⁾.

Naturalmente si procede alla prova in due fasi distinte e successive: durante la prima si effettua la proiezione planimetrica del reticolo separatamente per ciascuna camera; durante la seconda si controlla il modello stereoscopico formato da una coppia di reticoli nelle due condizioni di lavoro: con base interna e base esterna. L'esame dei dati così raccolti permette la determinazione esatta degli zeri dello strumento.

Quindi, per determinare la misura degli errori sistematici dello strumento

⁽¹⁾ I reticoli adottati dall'EIRA sono quelli costruiti dalle Officine Galileo di Firenze, con maglie incise di 10×10 mm², e che presentano una precisione definita dagli scarti massimi inferiori a $\pm 3 \mu$ nella posizione di ciascun incrocio in confronto al punto centrale, e da una normalità dei tratti contenuta al disotto di 10''.

restitutore, si procede ad un concatenamento preliminare di almeno 20 modelli su reticoli.

L'interpretazione del risultato così ottenuto può dare una valida indicazione dell'approssimazione raggiunta al momento della messa a punto generale dello strumento di restituzione ed un attendibile elemento di valutazione della precisione ottenibile nel concatenamento allo strumento. Sarà così possibile, al momento della compensazione, eliminare le conseguenze dell'effetto sistematico.

3-3. - Una volta terminato il controllo delle condizioni dell'apparecchio si passa alle varie operazioni del concatenamento. Si impone sull'apparecchio di restituzione la distanza principale della camera da presa ⁽¹⁾ e si sceglie la scala di restituzione più adatta.

La scelta della scala di restituzione, in funzione delle caratteristiche particolari dello strumento restitutore e della scala dei fotogrammi, deve tener conto anche delle eventuali differenze di livello esistenti nella parte di terreno interessante la triangolazione aerea e della perdita di quota prevedibile nel corso del concatenamento, in modo da garantire le migliori condizioni di lavoro possibili all'apparecchio di restituzione.

Dopo aver proceduto all'orientamento assoluto del primo modello (base di partenza), e dopo averne controllato la precisione, si passa al concatenamento dei fotogrammi successivi.

Il procedimento impiegato per assicurare il collegamento fra i vari modelli è risultato quello semplice, generalmente conosciuto sotto il nome di concatenamento libero. È notorio che questo procedimento si basa essenzialmente sull'orientamento angolare dei modelli, mettendo in movimento la camera contenente il nuovo fotogramma senza alcun condizionamento particolare.

L'orientamento relativo dei fotogrammi, in vista del loro concatenamento, si esegue abitualmente ricorrendo al metodo ottico meccanico. Una particolare cura deve essere dedicata, durante il trasferimento dell'orientamento assoluto, al controllo della grandezza e della torsione relative fra modello e modello, in modo da ridurre il più possibile le divergenze eventuali di carattere accidentale [9]. Il controllo viene normalmente effettuato verificando le quote di tre punti di passaggio (superiore, nadirale ed inferiore) e compensando le eventuali divergenze per mezzo delle rotazioni K_2 e ω_2 della camera libera. Naturalmente tutto questo avviene tenendo conto delle migliori condizioni possibili di realizzazione del modello ottico.

Le diverse osservazioni e letture allo strumento sono normalmente ripetute almeno due volte. L'operatore si preoccupa inoltre di controllare caso per caso che rimanga invariato il centramento dei fotogrammi sul loro portalastre,

(1) Nell'imposizione della distanza principale sull'apparecchio si è sempre tenuto conto dell'eventuale deformazione della pellicola.

quando viene introdotto e quando viene tolto dallo strumento ⁽¹⁾. I concatenamenti allo strumento restitutore sono generalmente eseguiti due volte per ciascuna strisciata: la prima volta in andata, con inizio con base interna, la seconda in ritorno iniziando con base esterna.

3-4. - Una volta terminato il concatenamento allo strumento, tutte le coordinate strumentali lette nei differenti modelli vengono ridotte ad un unico sistema di riferimento: quello del primo modello di partenza. Successivamente si calcolano gli elementi per la trasformazione delle coordinate dei punti dal sistema strumentale al sistema terrestre e con l'ausilio di tali elementi si procede finalmente alla trasformazione di tutte le coordinate nel sistema terrestre.

La compensazione degli errori di chiusura può farsi, secondo i casi, con metodi grafico-numericì o con metodi totalmente grafici.

Il metodo adottato dall'EIRA per eseguire tale compensazione parte dall'ipotesi che i differenti errori possono essere espressi come somma di due fattori distinti, di cui l'uno caratterizza l'effetto sistematico del secondo ordine dovuto alla variazione secondo X [10], e l'altro caratterizza gli effetti quasi-sistematici relativi alla posizione XY di ciascun punto della catena aerea.

Perciò, dopo che tutte le coordinate strumentali, con l'ausilio degli elementi dello stereogramma di partenza, sono state trasformate nel sistema terrestre, il procedimento di compensazione si applica determinando i valori delle correzioni vere ΔX , ΔY , ΔZ , forniti dal confronto fra le coordinate trasformate e coordinate terrestri per ciascuno dei punti noti della catena.

Così, indicando in modo generale ciascuna delle tre coordinate X , Y , Z , con la lettera greca ξ , la correzione vera relativa sarà fornita dalla formula seguente:

$$1) \quad \Delta \xi_i = \xi_i \text{ nota} - \xi_i \text{ trasformata.}$$

Essendo noti il centro di gravità dei punti nello stereogramma finale della catena e la correzione vera relativa a tale centro, le correzioni dell'effetto sistematico secondo X per tutti i punti noti ed incogniti possono essere calcolate con la formula:

$$2) \quad \Delta \xi_i = \frac{\Delta \xi_n}{(X_n - X_o)^2} (X_i - X_o)^2.$$

In essa X_o indica la X trasformata del centro di gravità relativo al primo modello (quello di partenza), X_n rappresenta la X_i trasformata del centro di gravità relativo all'ultimo modello (quello d'arrivo) e X_i rappresenta la X trasformata di un qualunque punto preso in considerazione.

⁽¹⁾ In certi casi i fotogrammi sono stati fissati sui telaietti porta lastre con del mastic.

Le formule 1) e 2) relative ai punti noti permettono di conoscere i valori:

$$3) \quad \delta \xi_i = \Delta \xi_i - \Delta \xi_i$$

delle correzioni residue che, consentendoci di identificare gli effetti secondari secondo X e Y , ci permettono di avvicinarsi alla definizione della correzione vera da assegnare alla coordinata ξ .

In effetti, rappresentando graficamente in planimetria, nella loro posizione, a una scala ridotta, i diversi punti presi in considerazione nel corso del concatenamento (1), le 3) permettono di procedere all'interpolazione dei punti suscettibili della stessa correzione e di costituire così delle *curve isocorrettrici* le quali, sottomesse a loro volta successivamente ad interpolazione, forniscono le correzioni residue spettanti a ciascuno dei punti incogniti.

La coordinata definitiva dopo compensazione φ_c sarà perciò ottenuta eseguendo la somma algebrica:

$$4) \quad \xi_c = \xi_i \text{ trasformata} + \Delta \xi_i + \delta \xi_i$$

Il procedimento che noi abbiamo esposto può comportare naturalmente delle varianti. In certi casi sarà più opportuno dedurre graficamente la correzione 2) costruendo la parabola relativa secondo le regole della geometria pratica piuttosto che determinarla servendosi di un calcolo analitico laborioso.

In altri casi potrà rivelarsi più pratico trascurare gli effetti secondari secondo X e secondo Y , procedendo invece alla valutazione della conformazione differente delle correzioni paraboliche relative ai diversi punti di passaggio presi in considerazione, nel corso del concatenamento [11]. Il carattere eminentemente pratico del procedimento di calcolo che abbiamo sommariamente esposto non permette di indicare a priori le varianti più opportune. Il calcolatore deve caso per caso scegliere la variante più idonea a mezzo dello studio delle correzioni vere relative ai punti noti situati nella base di arrivo o distribuiti lungo la strisciata. Il grafico N. 1 qui accluso riporta a titolo di esempio le *curve isocorrettrici* ΔZ di una strisciata costituita da nove stereogrammi. Il grafico N. 2 riproduce invece un esempio di compensazione mediante parabola grafica, relativa al concatenamento altimetrico di 11 stereogrammi.

4. - I lavori eseguiti dall'EIRA a partire dal 1958 fino ad oggi utilizzando il metodo che abbiamo esposto sono numerosi. L'impiego della triangolazione aerea nei rilievi a scala media è stato esteso senza alcuna difficoltà ai rilevamenti tecnici a grande scala.

Le scale particolarmente interessate sono risultate essere quelle di 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000.

(1) Nel corso del concatenamento allo strumento si procede generalmente alla rappresentazione dei punti utilizzando il coordinatografo del tavolo da disegno.

In totale nel corso del periodo prima indicato si è proceduto, utilizzando lo stereocartografo Galileo-Santoni Mod. IV, al concatenamento di più di 1550 modelli ed alla determinazione di almeno 3000 nuovi punti.

Le superfici rappresentate cartograficamente alle differenti scale mediante l'ausilio della triangolazione aerea sono approssimativamente le seguenti:

Scala 1:25.000	
Sardegna	2530 kmq
Italia del nord	5900 kmq
Scala 1:10.000	
Iran	3100 kmq
Scala 1:5.000	
Siria (Oronte)	600 kmq
Scala 1:2000	
Sardegna	136 kmq
Sicilia	165 kmq

Il metodo impiegato nel corso di tutti questi lavori è stato nella maggior parte dei casi quello che abbiamo descritto. Tuttavia in alcuni casi particolari si è preoccupati di apportare ad esso delle modificazioni o dei perfezionamenti destinati a renderlo più adatto alle particolari caratteristiche tecniche dei rilievi interessati e a meglio soddisfare alle precisioni richieste.

In quest'ordine di idee si è proceduto caso per caso secondo la scala e la precisione richiesta, sia a dei concatenamenti piano-altimetrici, sia a dei concatenamenti esclusivamente altimetrici, sia finalmente a dei concatenamenti esclusivamente planimetrici.

Questi ultimi, interessanti soprattutto la scala 1:2000 e per i quali si è avuta la possibilità di disporre di numerosi punti quotati determinati mediante livellazione geometrica di precisione in vista di lavori di sistemazione agraria, meritano un cenno particolare.

L'utilizzazione di questi punti ha permesso infatti di mettere in quota il modello ottico e di ridurre gli errori solamente a quelli provocati dal disorientamento. I risultati ottenuti hanno messo in evidenza una variazione dell'orientamento planimetrico di un modello rispetto all'altro, uguale a quella che è stata constatata mediante l'esame di concatenamento preliminare di reticolo.

I risultati constatati nelle differenti determinazioni di cui abbiamo brevemente parlato si sono rivelati più che soddisfacenti. Le accluse tavole I e II riassumono le tolleranze richieste e le precisioni ottenute in ciascun lavoro.

È evidente che l'esperienza in tal modo raccolta permetterà di migliorare ancora l'applicazione del metodo e consentirà di aumentare la lunghezza delle strisciate concatenate.

La diffusione dell'impiego della triangolazione aerea nei rilevamenti finirà per condurre a una revisione e ad un rinnovamento totale dei principi che regolano le operazioni di collaudo che occorrerà adattare alle caratteristiche di questa nuova tecnica operativa. Questo è ormai un fatto scontato in anticipo tutte le volte che si assiste alla affermazione di idee nuove e di nuove tecniche.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. P. LE DIVELFC: *Rilevamenti aerofotogrammetrici ed elevata precisione altimetrica*. « Bollettino S.I.F.E.T. », n. 1, 1955.
- [2] G. P. LE DIVELFC et G. BISCACCIANTI: *Contribution aux études pour l'application de la photogrammétrie aérienne aux levés urbains à grande échelle*. « International Archives of Photogrammetry », Vol. XII-4, 1956.
- [3] L. SOLAINI, C. TROMBETTI, P. BELFIORE: *Rapport sur les travaux expérimentaux de triangulation aérienne exécutés par l'Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales (Commissions A et B)*, « Photogrammetria. Special Publications O.E.E.P.E. », Numero I, XII, 3, 1955-1956.
- [4] A. J. VAN DER WEELE: *Adjustment of aerial Triangulation*. « Photogrammetria », X, 2, 1953-1954.
- [5] ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE: *Norme per la esecuzione dei lavori aerofotogrammetrici alla scala 1 : 25000 con metodo numerico. Prima fase : Operazioni preparatorie e di campagna*. (Bozze di stampa) I.G.M. Firenze 1956.
- [6] A. VERDIN: *La transformation des coordonnées-appareil en coordonnées-terrain dans le cheminement aérien*. « Bulletin de la Société Belge de Photogrammétrie », n. 31, Marzo 1953.
- [7] J. ZARZYCKI: *Graphical Interpolation-Adjustment of a "double-strip"*. « Photogrammetric Engineering », Volume XV, n. 4, Dicembre 1949.
- [8] L. SOLAINI, C. TROMBETTI: *Relation sur les travaux préliminaires de la Commission A (Triangulation aérienne aux petites et aux moyennes échelles) de l'Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales (O.E.E.P.E.)*. « Photogrammetria. Special Publications O.E.E.P.E. », Numero I. XII, 3, 1955-1956.
- [9] J. VISSER: *An analysis of discrepancies in triangulated strips*. « Photogrammetria », X, 4, 1953-1954.
- [10] O. VON GRUBER: *Beitrag zu Theorie und Praxis von Aeropolygonierung und Aeronivellement*. Bildsmessung und Luftbildwesen. 10 Jahrg., fasc. 3-Settembre 1935; fasc. 4-Dicembre 1935.
- [11] T. KOOS, F. NEMETH: *Fényképilleztöbbszögelmérés meghatározása légi sokszögeléssel*. « Geodézia es Kartografia », 10 Evfolyam, 3 Szam, 1958.

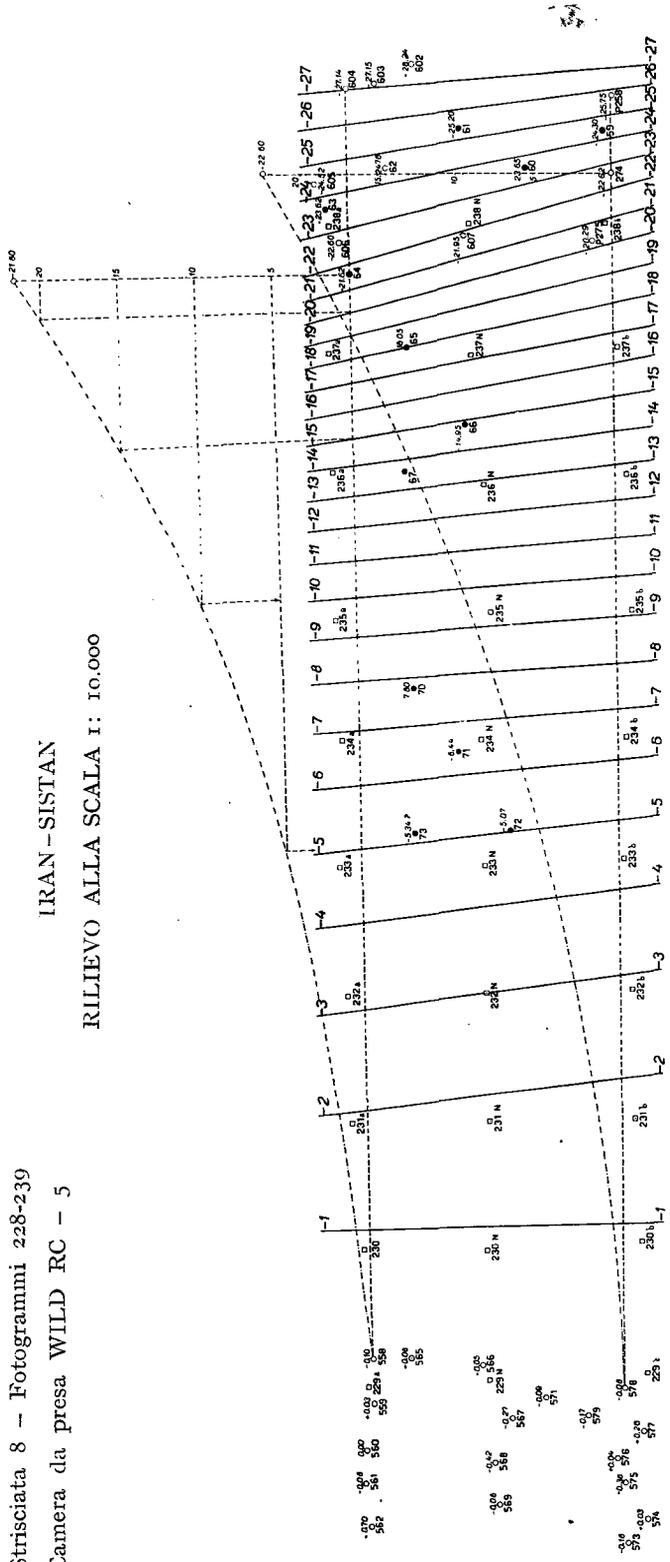
TRIANGOLAZIONE AEREA SPAZIALE

Strisciata 8 - Fotogrammi 228-239

Camera da presa WILD RC - 5

IRAN - SISTAN

RILIEVO ALLA SCALA I: 10.000



o Punti d'orientamento

• Capisaldi di livellazione

□ Punti di trasporto

Le correzioni sono espresse in metri

SCALA PLANIMETRICA 1:50.000

LEGGENDA

TABELLA I. — *Elenco delle strisciate utilizzate per l'aerofotogrammetria e relative caratteristiche. Restitutore adoperato per il concatenamento: Stereocartografo Galileo-Santoni, modello IV.*

Zona	Numero della strisciata	Camera adoperata	Formato in cm ²	Distanza principale	Altitudine relativa	Ricoprimento longitud.	Scala dei fotogrammi	Scala dei modelli
Sardegna	9	Fairchild T. 11	23 × 23	Scala 1/25000		60 %	1/30000 1/37000	1/15000 1/16666
				151,92	4500 ÷ 5500			
				152,04 153,96				
Italia del Nord	29	Fairchild T. 11 e Wild R C 5	23 × 23	153,89	4500 ÷ 5500	60 %	1/30000 1/37000	1/12500 1/15000 1/20000
				152,26				
Iran	34	Wild R. C. 4	23 × 23	Scala 1/10000		60 %	1/20000	1/10000
				152,26	3000			
Siria (Oronte)	17	Galileo Santoni VI	23 × 23	Scala 1/5000		60 %	1/10000	1/5000
				152,07	1500			
Sardegna	10	Galileo Santoni IV	18 × 20	Scala 1/2000		60 %	1/7500	1/4000
				163,07	1200			
Sicilia	13	Galileo Santoni IV	18 × 20	163,07	1200	60 %	1/7500	1/4000

TABELLA 2. — *Elenco dei punti determinati mediante aerotriangolazione, con indicazione delle tolleranze richieste in ciascun caso.*

Zona	Numero della strisciata	Tipo di concatenamento	Numero dei modelli costruiti	Numero medio di modelli concatenati per strisciata	Punti d'orientamento determinati sul terreno	Punti di controllo plano-altimetrici utilizzati per la compensazione	Punti quotati, utilizzati per la compensazione	Punti determinati	Precisione assicurata		Tempo di lavoro	
									scarto massimo planimetrico (in metri)	scarto massimo altimetrico (in metri)	Concatenamento all'apparecchio	Calcoli
Sardegna	9	Plano-altimetrico	102	12	Scala 1/25000 72	100	43	222	1.50	1.00	380	360
	29	Plano-altimetrico	287	10 ÷ 12	448	523	—	714	1.50	1.00	1200	1160
Iran	34	Altimetrico	226	7 ÷ 8	Scala 1/10000 528	—	263	482	—	0.50	485	70
Siria (Oronte)	17	Plano-altimetrico, con 6 basi altimetriche ogni 5 modelli	244	14 ÷ 15	Scala 1/5000 153	62	487	844	1.50	0.50	495	340
					Scala 1/2000 84	20	—	470	0.60*	—	275	180
Sardegna	10	Planimetrico	153	15 ÷ 16	125	54	—	265	0.60*	—	285	325
Stiglia	13	"	151	12	—	—	—	—	—	—	—	—

(*) La tolleranza planimetrica nella misura delle distanze ammessa dal Capitolato d'oneri era quella fornita dall'espressione $t = 0,50 + 3,8 \cdot 10$ (metri). I risultati ottenuti hanno dato luogo a scarti massimi non superiori a 0,3 mm grafici, cioè a m 0,60.