

LA TRIANGOLAZIONE AEREA NEL RILEVAMENTO DELLE TAVOLETTE AL 25000 DELL'ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE

Top. Pr. LIONELLO CAMPOSTRINI
Istituto Geografico Militare

*Comunicazione presentata al IX Convegno nazionale della S.I.F.E.T.
Cagliari, maggio 1964*

I

I procedimenti fotogrammetrici hanno radicalmente sostituito con pieno successo, i classici metodi di rilevamento, il cui impiego, oggi, è pressoché limitato a rilievi di piccola estensione, per rappresentazioni a grande scala e per scopi che richiedono particolare grado di precisione.

Le carte istituzionali di quasi tutti gli Stati del mondo, sono ora costruite per via aerofotogrammetrica. L'Istituto Geografico Militare Italiano, con questo procedimento, ha rilevato, in un trentennio, circa la metà del territorio nazionale alla scala 1:25.000.

Coloro che hanno vissuto l'epoca del rilevamento diretto con la Tavoletta Pretoriana e potuto seguire passo passo col graduale abbandono di essa, lo altrettanto graduale affermarsi della fotogrammetria, ricorderanno certamente con quanta diffidenza e scetticismo, furono accolti dai bravissimi maestri del rilievo diretto, i primi saggi delle levate fotogrammetriche. Non si dava credito né alla rispondenza geometrica, né alle qualità descrittive della rappresentazione. Non si dava importanza alla dovizia e fedeltà del dettaglio fotografico, per porre in risalto e criticare la diminuita esaltazione di talune caratteristiche topografiche ritenute indispensabili per un 25.000, e acquisibili solo, se disegnate in presenza del terreno.

Ma il procedimento fotogrammetrico finì — come è logico — col prevalere, e nessuno più si azzarderebbe, se non per partito preso, a dar maggior credito al 25.000 rilevato direttamente, nei confronti di quello aerofotogrammetrico. E vada tutta la nostra riconoscenza di tecnici, a coloro, che per l'ideazione e costruzione delle complesse apparecchiature, e per il perseverante impegno posto al miglioramento dei procedimenti e della tecnica, resero possibile questo efficace e comodo mezzo di rilevamento.

Ciò premesso, possiamo affermare, ora, che i nostri rilievi al 25.000 rispondano appieno ai requisiti geometrici e descrittivi richiesti? È stata del tutto superata la indispensabile fase di assestamento e di adeguamento al nuovo metodo di lavoro?

Sembra poterne dubitare, ove si consideri la giustificata apprensione degli organi responsabili della nostra cartografia ufficiale, per quel certo numero di imperfezioni che affiorano in sede di revisione interna degli elaborati fotogrammetrici.

Un buon termine di valutazione può trarsi dai controlli che normalmente si

attuano sulle levate preesistenti, in occasione degli aggiornamenti particolarmente diretti a stabilire la rispondenza descrittiva al terreno, e l'attendibilità geometrica e metrica raggiunta rispetto al passato.

Dai risultati di questo confronto, sembra potersi affermare come al sensibilissimo miglioramento della planimetria e delle forme morfologiche per fedeltà di rappresentazione, faccia riscontro un meno efficiente criterio di sfoltimento dei particolari in relazione alla scala del rilievo, con evidente scàpito della chiarezza interpretativa della carta, ed un maggior numero di quote fuori della stretta tolleranza ammessa.

II

In ordine a quanto sopra, la Direzione dell'Istituto Geografico Militare, nell'intento di sempre più migliorare il patrimonio cartografico nazionale, ha da tempo preso in considerazione l'opportunità di seguire la tecnica della post-ricognizione in luogo della pre-ricognizione; far precedere, cioè, la restituzione sulla falsariga degli elementi rappresentati nella preesistente cartografia, alle operazioni di ricognizione sul terreno, necessarie a stabilirne lo stato attuale. In questa fase di lavoro, sono stati inseriti sistematici controlli diretti delle quote: controlli improntati alla massima severità, tanto da importare, in qualche caso, anche il totale rifacimento della quotazione.

È facile intuire, come questo controllo delle quote, dettato dall'ineccepibile principio di mantenere la nostra cartografia al livello della tradizione, sia notevolmente oneroso. Da qui studi e sperimentazioni ancora in corso, per la ricerca di una prassi operativa che consenta di conseguire ugualmente risultati di pieno affidamento (specialmente nelle quote), ed al tempo stesso permetta di ridurre le operazioni topografiche integrative da effettuarsi sul terreno.

È ben nota l'ottima precisione delle attrezzature fotogrammetriche di cui si dispone attualmente; è noto altresì che le maggiori cause generatrici d'errore sono da imputarsi alla fotografia, ed ai suoi difetti metrici. Lasciando da parte la complessa questione sulla convenienza o meno di impiegare voli più bassi, e quindi fotogrammi a scala maggiore — troppi sono i settori economici che entrano in gioco — occorre esaminare se tutti i procedimenti operativi sono effettivamente adeguati alla necessità di precisione della carta finita.

Ci riferiamo soprattutto al procedimento — largamente seguito fin qui — di servire di punti d'appoggio determinati a terra, solo strisciate alterne assunte a « principali » e trarre successivamente da queste, gli elementi di appoggio per le strisciate intermedie classificate « secondarie ».

A nostro modesto parere, questo procedimento non dà il sicuro affidamento che in ogni stereogramma sia stato raggiunto l'adeguato orientamento assoluto. Troppe sono le fonti di piccoli errori, e quando questi non possono essere attenuati attraverso una qualsiasi forma di compensazione per quanti e quali accorgimenti di natura operativa si possano adottare, si otterranno sempre elaborati incontrollabilmente difettosi, che nemmeno le revisioni di campagna potranno correggere in ogni loro aspetto.

III

Un sensibile ed efficace miglioramento in questo campo — che attua al tempo stesso una serrata indagine pre-restituzione sulla attendibilità raggiungibile negli orientamenti relativi delle singole coppie, e le fornisce di elementi d'appoggio sufficientemente omogenei, è offerto con certezza, dai procedimenti di Triangolazione aerea per blocco di strisciate.

Vagheggiata fin dal primo sorgere della fotogrammetria, anche per i suoi interessanti aspetti economici, la triangolazione aerea ha avuto possibilità di pratica attuazione, solo con le migliorate approssimazioni raggiunte nella metrica dei fotogrammi, ed ancor più per l'avvento dei calcolatori elettronici, capaci di fornire risultati con celerità e precisione prima quasi precluse alle possibilità umane.

L'Istituto Geografico Militare ha introdotto in produzione i metodi di triangolazione aerea, solo dal 1960, impiegando il concatenamento libero analogico, ed i procedimenti di calcolo « a modello rigido » per tronchi di strisciata. Pur nella sua esemplare semplicità di concezione e di applicazione, questo procedimento ha dato risultati di sorprendente precisione, e del tutto idonei alla restituzione della nostra carta fondamentale. (Gli scarti quadratici medi in quota tra punti calcolati con triangolazione aerea, e quelli noti di controllo, sono risultati dell'ordine di $1 \div 1,50$ m); ciò soprattutto in virtù della suddivisione in brevi tronchi, che blocca la propagazione degli errori sistematici, e consente anche l'utilizzazione di voli mediocri.

L'esame dei risultati di quattro anni di applicazione di questo procedimento, che è valso a dotare 130 tavolette di ben 5.000 punti d'appoggio distribuiti su una superficie pari a 12.000 Km² circa) ne ha confermato la piena accettabilità ai fini della precisione. Ma ciò che ci preme porre in luce è che il procedimento ha consentito, in tutte le strisciate concatenate, di vagliare e collaudare in sede di orientamento relativo ed assoluto, una per una le singole coppie, *prima della restituzione* con la conseguenza di rendere facilitate ed accelerate tutte le successive operazioni ad essa relative. È questo un vantaggio difficilmente traducibile in numeri e valutabile; ma indubbiamente esiste e ne va tenuto il debito conto nella bilancia dell'attivo e del passivo.

Il vantaggio sopraccennato, che nel procedimento per strisciate singole è limitato alle strisciate principali — e cioè alla metà della copertura — è ancor più sensibile nel procedimento per blocco di strisciate, nel quale esso è ovviamente esteso a tutta la copertura.

Del procedimento per blocco di strisciate adottato dall'I.G.M., ha riferito il T. Col. Birardi in altra comunicazione. Questo procedimento, tuttora in fase sperimentale, promette d'essere ancor più vantaggioso, sotto ogni aspetto, per la maggior omogeneità dei risultati e per razionalità di condotta della successiva restituzione.

Per esso, infatti (essendo concatenate tutte le strisciate) alla determinazione dei punti d'appoggio di T. A., concorrono non solo gli elementi d'appoggio esterni delle

singole strisciate, ma anche elementi di vincolo interno forniti dalla zona di sovrapposizione trasversale delle strisciate contigue.

Esso consente, tra l'altro, un ulteriore alleggerimento di lavoro sul terreno, potendosi ancor più ridurre il numero dei punti d'appoggio a terra, fino ad impiegare i soli trigonometrici della rete geodetica, riferiti alla fotografia.

Così i $25 \div 30$ punti d'appoggio occorrenti per la restituzione di una tavoletta al 25.000 con stereogrammi serviti singolarmente a terra, si riducono a $6 \div 7$ con il procedimento di T. A. a strisciate singole, fino a scendere ad una media di $2 \div 3$ punti per tavoletta, nel procedimento in blocco, ivi considerati quelli necessari come vincoli marginali.

Un esame non approfondito dei procedimenti di T. A. nei confronti di quelli tradizionali seguiti fino ad ora, potrebbe far ritenere che l'effettiva convenienza economica non fosse molto spinta, considerando che le successive operazioni strumentali e di calcolo, comportassero una spesa uguale o superiore a quelle di campagna per il normale procedimento a terra. Ma l'incidenza economica deve essere valutata nel complesso delle operazioni occorrenti alla levata topografica, fino al conseguimento dell'originale di disegno, ed anche oltre; e ciò sia nella quantità che nella qualità.

Se i punti d'appoggio sono forniti dalla T. A., le successive operazioni di restituzione, saranno rese più spedite rispetto all'immediato ieri, sia per l'assenza di dubbi relativi alla effettiva rispondenza dei punti d'appoggio, sia per il fatto di non aver più da calcolare punti quota di controllo, né di scegliere ed annotare gli elementi di restituzione dei punti d'appoggio per gli stereogrammi secondari, sia ed ancor più, per la possibilità di impiegare i dati strumentali di orientamento relativo ed assoluto già ottenuti e registrati in sede di concatenamento.

Di più, la possibilità di impiegare tutti gli stereogrammi contigui, consente di utilizzare per la restituzione solo la zona centrale di ciascun d'essi, ove, come è risaputo, tutti i difetti geometrici di fondo sono attenuati e ridotti ad entità trascurabili. Ed ancora la possibilità di individuare e circoscrivere in fase di T. A., zone anomale in quota su i punti noti di controllo, faciliterà, la prescrittiva verifica sul terreno, eliminando o quasi il perditempo per la individuazione delle zone difettose.

Si può concludere che l'apporto della T. A. nelle levate fotogrammetriche alla scala 1:25.000 è notevole sotto ogni riguardo. È un procedimento che oltre tutto ben si inserisce nella prassi post-ricognizione, oggi da molti accettata e riconosciuta come valido apporto al miglioramento della cartografia.

Gli elaborati di restituzione, geometricamente corretti ed arricchiti sul terreno di quelle finzze topografiche e degli indispensabili accorgimenti atti a facilitare l'intelligibilità e l'interpretazione del segno convenzionale, risulteranno anche più scorrevoli alle revisioni, con notevole vantaggio dei tempi di produzione.