

RILEVAMENTI FOTOGRAMMETRICI COLLAUDATI CON GLI STESSI MEZZI DELLA FOTOGRAMMETRIA

G. P. LE DIVELEC

Relazione al X Congresso nazionale SIFET

1. - *Premessa.*

Il collaudo di un rilevamento topografico serve ad assicurare utilizzatore ed esecutore circa il conseguimento delle caratteristiche tecniche, preventivamente concordate.

Il rapporto fra esecutore ed utilizzatore è un rapporto fiduciario.

Il lavoro fu confidato ed intrapreso perché l'utilizzatore ritenne che l'esecutore fosse in grado di effettuarlo a « regola d'arte » e perché l'esecutore, col pieno accordo dell'utilizzatore, ritenne di aver predisposto mezzi e programmi atti a raggiungere lo scopo desiderato. Poiché purtroppo, nei rapporti di prestazione d'opera, alle idilliache relazioni di natura tecnica, s'intrecciano contrasti di natura economica, l'utilizzatore e l'esecutore vengono talvolta a trovarsi in opposizione quando l'esecutore è portato a sfiorare il limite di prudenza per ridurre le spese di esecuzione, allo scopo di migliorare il margine di sicurezza ch'egli si era stabilito fra lo speso ed il riscosso.

L'utilizzatore del rilevamento sarebbe in ogni caso danneggiato economicamente se dovesse constatare, alla fine del lavoro, che le qualità tecniche del prodotto ricevuto non corrispondono alle necessità prestabilite. Egli può avvalersi degli impegni contrattuali per ridurre, proporzionalmente al peggioramento delle qualità, il compenso. Ma, anche così facendo, egli avrà una documentazione non perfettamente idonea. Al limite l'utilizzatore rifiuterà il rilevamento mal fatto. In tal caso però dovrà, se il rilevamento gli era indispensabile, far ricominciare tutto da capo ed avrà con ritardo quanto gli occorra.

L'esecutore del rilevamento è d'altra parte interessato a non perdere la fiducia del suo cliente utilizzatore, e quindi a non esagerare nell'economia della esecuzione. Ma è interessato anche a vedere spendere nel modo più idoneo le somme che l'utilizzatore mette a disposizione per la realizzazione dell'opera.

Essendo, a titolo di esempio, la spesa sostenuta in alcuni tipi di rilevamenti topografici costituita per 90 dal costo del rilevamento vero e proprio e per 10 dal costo della verifica, è, in primo luogo, interesse economico comune di ridurre il costo di esecuzione, ma è pure di interesse comune ridurre il costo del collaudo. Se, impiegando la fotogrammetria anziché i metodi tradizionali di rilevamento, il costo d'esecuzione può essere ridotto del 50% (1) e passare da 90 a 45, il costo complessivo passerà da 100 a 55 quando nelle operazioni di collaudo si adoperino

ancora i sistemi tradizionali. Adoperando per il collaudo sistemi analoghi a quelli usati per il rilevamento, nel nostro caso i fotogrammetrici, sicuramente non si altereranno le proporzioni classiche 9 a 1 e l'economia ulteriore sarebbe di un 5% — il costo globale passerebbe da 100 a 50.

In realtà, come avremo modo di vedere, l'economia conseguibile, ricorrendo a procedimenti fotogrammetrici per verificare i risultati dei rilevamenti fotogrammetrici, è di gran lunga superiore a quella conseguita nell'esecuzione del rilevamento stesso. Almeno dal punto di vista economico ogni tentativo atto ad eliminare anche nelle operazioni di collaudo l'intervento della topografia tradizionale deve essere appoggiato e benevolmente accettato.

2. - Esperienze e prove.

Nella storia dello sviluppo del rilevamento fotogrammetrico la prima fase fu contraddistinta da una certa titubanza circa le qualità tecniche di carte ottenute con l'impiego di fotogrammi aerei.

Fu evidentemente necessario in questo primo periodo convincere ed esser convinti che una carta fotogrammetrica aveva, a parità di costo d'esecuzione, qualità geometriche analoghe ad altra carta rilevata direttamente. Questa fase è ormai superata. Oggi tutti sono sicuri che dalla fotogrammetria si possono avere rilevamenti di caratteristiche in molti casi superiori a quelle di analoghi rilevamenti eseguiti con procedimenti tradizionali. O meglio è generalizzata la convinzione che i procedimenti fotogrammetrici, razionalmente impiegati, consentono di conseguire le precisioni richieste. Affermazione alla quale occorre aggiungere tuttavia, che la preferenza del procedimento di rilevamento ha delle limitazioni di carattere economico.

Quando risulti economicamente razionale l'impiego del procedimento fotogrammetrico anziché del procedimento tradizionale, sicuramente, dal punto di vista tecnico, il procedimento adottato è in grado di fornire l'attendibilità desiderata. Molto probabilmente fra i procedimenti, che non furono adottati, ve ne sono alcuni, che potrebbero fornire una attendibilità maggiore. La verifica ed il collaudo del rilevamento potrebbero essere effettuati usando un procedimento che dia una attendibilità superiore, mai un procedimento che dia una attendibilità inferiore. I risultati del collaudo infatti segnalano sicuramente gli errori del rilevamento algebricamente sommati agli errori del collaudo e per valutare le caratteristiche del rilevamento occorre che gli errori temibili nel collaudo o siano relativamente trascurabili o siano per lo meno identificabili.

Ebbi modo, molti anni fa, di presentare i risultati del collaudo del rilevamento aerofotogrammetrico per lo studio del canale navigabile Ticino-Po (2). La commissione collaudatrice, composta da funzionari del Catasto italiano e del Catasto svizzero, usò mezzi vari di misura diretta, vagliò i risultati conseguiti e classificò tali risultati in base al sistema di misura usato per la verifica. I risultati della classificazione degli errori altimetrici furono i seguenti: e.m.q: ± 35 cm, quando il collaudatore usava il livello, ± 53 cm, quando usava la tavoletta pretoriana, ed analoghi in planimetria (39, 41, 75 cm usando autoriduttore, tacheo-

metro ordinario tavoletta pretoriana). Essi servirono a dire che alcuni dei procedimenti di collaudo non davano attendibilità sufficiente. Indirettamente servirono a confermare che il procedimento di rilevamento fotogrammetrico era, in quel caso, piú idoneo di alcuni procedimenti di rilevamento tradizionale.

In epoca piú recente avemmo modo di confrontare il valore della quota media calcolata con procedimento fotogrammetrico, con l'analogo valore calcolato sulla base di misure dirette sul terreno (3). Gli scarti eccessivi fra i valori delle quote ottenute con i due procedimenti potevano essere la conseguenza o della scarsa attendibilità di uno dei due procedimenti o di entrambi o di una modificazione della superficie del suolo (sabbiosa e modificabile a causa del vento) nell'intervallo intercorso fra la ripresa fotografica e la misura di controllo a terra. In questa ultima ipotesi l'esecutore del piano quotato fotogrammetrico non poteva esser accusato di scarsa cura nell'effettuare le misure. Nelle prime ipotesi occorreva accertare quale procedimento era difettoso. Esecutore ed utilizzatore si trovarono d'accordo nel ripetere le misure a terra e quelle fotogrammetriche. Si ebbe come risultato che gli scarti fra quote medie, calcolate da misure a terra di serie diverse, equivalevano ai valori degli scarti fra quote medie ottenute per misura diretta e per misura fotogrammetrica, il che ci convinse che il procedimento di misura diretta usato, alquanto semplicizzato, non poteva servire a collaudare la misura fotogrammetrica. Fu quindi provveduto ad effettuare altre misure del piano quotato, ma questa volta con livellazione geometrica di media precisione. Confrontando le quote medie degli stessi appezzamenti, fornite dalla livellazione geometrica con le quote medie fotogrammetriche si ottennero valori inferiori degli scarti. D'altra parte confrontando le quote medie ottenute con serie diverse di misure fotogrammetriche si ebbero scarti analoghi a quelli del confronto precedente fra fotogrammetria e livellazione geometrica. L'esperienza serví a convincere circa l'equivalenza tra livellazione fotogrammetrica e geometrica di media precisione e circa l'attendibilità del collaudo effettuato ripetendo le misure fotogrammetricamente. Consentí inoltre all'utilizzatore ed all'esecutore di stabilire delle tolleranze per l'accettabilità del lavoro. Tolleranze che tengono evidentemente conto del fatto: essere la misura di collaudo inficiata di errore dello stesso ordine di grandezza della misura controllata.

3. - *Considerazioni generiche.*

Il valore temibile nell'errore di una misura fotogrammetrica, eseguita in buone condizioni, è ormai di pubblica ragione e provato statisticamente da ricerche ed esperienze pubblicate, per esempio, dalla commissione C (4) dell'Organizzazione Europea per ricerche sperimentali fotogrammetriche. Ma anche indipendentemente dai dati numerici, che sono già noti, siamo certi che la fotogrammetria è in grado di fornire dei rilevamenti idonei al loro scopo perché i rilevamenti fotogrammetrici hanno soddisfatto i loro utenti. La pubblicazione dei risultati dei collaudi assume una importanza indiretta in quanto può servire a definire numericamente le caratteristiche che certe carte devono avere per servire a certi scopi. D'altra parte è interessante conoscere in dettaglio il procedimento seguito per raggiungere quel

certo risultato, perché il collaudo non è più e non deve essere una verifica finale, ma un controllo continuo. Questo controllo continuo è il solo mezzo per garantire effettivamente l'utilizzazione della bontà d'esecuzione. Esso è anche una garanzia per l'esecutore, che non può procedere nel suo lavoro se non con la certezza di avvicinarsi gradualmente allo scopo prestabilito.

La verifica in corso d'opera gli consente inoltre, ed è questo un vantaggio del procedimento fotogrammetrico, di riparare eventuali errori commessi in una fase del suo lavoro. Non è sempre necessario ripetere la fase errata. È possibile talvolta correggere nelle fasi seguenti errori eccessivi commessi in altra fase ed eliminarne le conseguenze proseguendo con un procedimento piuttosto che un altro.

Il collaudo quindi, se effettuato in corso d'opera, serve non soltanto ad assicurare l'utilizzatore circa il risultato finale, ma anche a guidare l'esecutore per il conseguimento di questo risultato.

4. - *Le verifiche in corso d'opera.*

A più forte ragione quindi è necessario preferire ad altri mezzi, utilizzabili nel collaudo, quelli che consentono d'impiegare i mezzi stessi usati per il rilevamento. Nel corso dell'attuazione di un rilevamento fotogrammetrico, come nel corso di qualsiasi altro sistema di rilevamento topografico, è buona norma del rilevatore disporre di misure in numero sovrabbondante, per utilizzarle ad un reciproco controllo e per facilmente eliminare quelle palesemente errate. Così ad es.: il triangolatore effettua le misure dei tre angoli interni del triangolo, che egli sta rilevando, sebbene gliene occorran solo due, il poligonatore misura due volte i lati e gli angoli della poligonale ecc. ecc. Una conoscenza approfondita della prassi del rilievo fotogrammetrico ha ormai consentito di individuare nel rilevamento stesso i mezzi di autocontrollo. Ne segue che come il collaudatore di una rete trigonometrica può eseguire gran parte del suo lavoro a tavolino senza ripetere misure di campagna, così il collaudatore di un rilevamento fotogrammetrico deve essere in grado di giudicare se il lavoro procede in modo tale da garantire il risultato finale, ma lo deve poter fare avvalendosi dei mezzi che sta usando: i fotogrammetrici.

Non dobbiamo dimenticare che la fotogrammetria è soprattutto un procedimento rivoluzionario e geniale per il rilevamento del dettaglio topografico. Essa resta tale anche se l'aerotriangolazione le ha aperto oggi il campo dell'inquadramento generale del rilevamento. In pratica l'aerotriangolazione costituisce un procedimento per ridurre al minimo il lavoro di inquadramento geometrico, che nei primi tempi era unicamente affidato ai punti di appoggio, distribuiti razionalmente su tutti i modelli da restituire. A differenza della triangolazione a terra, l'aerotriangolazione può solo con l'intervento di artifici particolari ed inconsueti avere la finalità di determinare la posizione geodetica di alcuni punti realmente esistenti sul terreno. Normalmente se la posizione geodetica deve essere fissata, la triangolazione aerea la stabilirà come posizione restituita di questi punti pre-marcati: si tratterà di un rilevamento di dettaglio limitato a quello dei pochi punti che interessano.

I punti così determinati saranno di natura assai diversa da quelli di una rete trigonometrica, infatti i punti di una rete trigonometrica hanno caratteristiche di dominio e di intervisibilità che non potranno essere assicurate da quei tali punti presegnalati, le coordinate dei quali furono date con l'aerotriangolazione. Né d'altra parte è possibile che la condotta del volo di ripresa fotografica sia eseguita con tale regolarità e perfezione da fare coincidere i punti di cui si ricercano isolatamente le coordinate, con quelli che si utilizzano per il concatenamento dei fotogrammi. È probabile che la precisione dei punti, le coordinate dei quali sono fornite per aerotriangolazione, sarà inferiore a quella che si avrebbe determinando questi punti per via diretta. Lo sviluppo dell'aerotriangolazione e la sua possibilità d'impiego non modificano quindi lo scopo primitivo, nel quale si sono affermati i procedimenti fotogrammetrici, e cioè il rilevamento del dettaglio topografico. Il nuovo procedimento per l'inquadramento di questo dettaglio è utilizzabile ed utilizzato in quanto la precisione conseguita nel posizionamento dei punti di dettaglio è sufficiente agli scopi della carta. Riprenderemo quest'argomento. Per adesso ci interessa di affermare che i mezzi fotogrammetrici possono essere considerati utilizzati completamente per il collaudo dei rilevamenti fotogrammetrici — in quanto essi siano utilizzabili per collaudare il rilevamento di dettaglio. In altri termini se nello stabilire le modalità di un collaudo di rilevamenti fotogrammetrici si dovesse dire: e poi infine occorrerà recarsi sul terreno per riscontrare con misure dirette se il disegno della carta rientra nelle tolleranze stabilite, avrebbe poca importanza l'aver stabilito norme per verificare in corso d'opera le varie fasi del rilevamento fotogrammetrico con i mezzi stessi della fotogrammetria, in definitiva il rilevamento, nel suo risultato finale: il dettaglio, che è proprio il campo caratteristico della fotogrammetria sarebbe ritenuto collaudabile soltanto con i mezzi della topografia tradizionale.

Si continuerebbe a dire ancora, sí, la fotogrammetria è un gran bel sistema, ma non ci dà nessuna sicurezza di non farci commettere errori invisibili, incontrollabili fintantoché non si ricorre ad altri metodi di rilevamento.

Resterebbero ancora incerte le convinzioni maturate in cinquant'anni d'esperienza, con costosi e complessi esperimenti. Come può credere il teorico di questo procedimento di collaudo di essere effettivamente un progredito sostenitore dei nuovi metodi di rilevamento? Come può pensare di acquistare la fiducia all'utilizzatore inesperto e propenso a dubitare, quando gli ripeta: sí, ma bada che alla fin-fine è meglio tu controlli usando i vecchi sistemi?

Fintantoché continueremo a dire: e poi recatevi sul terreno ecc. ecc. noi conserveremo al rilevamento fotogrammetrico una condizione di subordinazione e di dubbio, che ostacolerà il suo progredire continuo ed evidente. Convinti, come siamo, che la precisione conseguibile da un rilevamento fotogrammetrico è sufficiente per lo scopo della carta rilevata, dobbiamo affermare che dal confronto di due carte ambedue rilevate con la fotogrammetria e con gli stessi procedimenti deve risultare la possibilità di individuare l'errore temibile in ciascuna delle due carte.

5. - *Schema di condotta del collaudo.*

Quando il rilevamento fatto con procedimenti tradizionali veniva tradizionalmente collaudato, le regole suggerite per il collaudo finale consistevano nel ripetere, con mezzi analoghi a quelli che aveva usato il rilevatore, alcune misure di campagna. Confrontare la distanza relativa fra punti caratteristici individuabili, fra punti di quota certa e paragonarle alle sezioni grafiche dedotte dalla carta ecc. ecc.

In definitiva il collaudo consisteva nel saggiare qua e là il lavoro del topografo rilevatore e del disegnatore cartografo. Analizzando le operazioni che il rilevatore fotogrammetrico compie adesso e confrontandole con le altre compiute dal suo predecessore: il topografo tradizionale, si può, grosso modo, stabilire uno schema generale.

5.1 - *Scelta dei particolari da cartografare (ricognizione).*

La raccolta veniva fatta percorrendo il terreno ed istituendo degli abbozzi di rilievo. La scelta viene dal fotogrammetra eseguita osservando le fotografie disponibili, vagliando le situazioni, nelle quali l'interpretazione della fotografia lascia delle incertezze, completando con sopralluoghi ed eventuali misure zone delle fotografie nelle quali i particolari topografici non sono sufficientemente chiari. Il collaudatore fotogrammetra, che è in grado di disporre degli stessi mezzi del rilevatore, ripeterà le stesse operazioni o meglio le suggerirà, cercando di individuare dimenticanze o facilonerie, che il rilevatore ha compiuto, e, se lo ritiene necessario, recandosi sul terreno per risolvere i propri dubbi di fotointerprete e per constatare se le misure di completamento furono sufficienti e corrette. Con lo svilupparsi della cartografia fotogrammetrica si è venuto in molti casi affermando un particolare criterio nel rapporto fra utilizzatore e realizzatore della carta, quando lo scopo cui la carta è destinata lo consente, quello di limitare la scelta dei particolari da cartografare ai soli dettagli ricavabili dalla fotografia. Ciò equivale a fissare la data del rilievo alla data della ripresa fotografica e comporta in alcuni casi l'esecuzione di un rilevamento meno aggiornato, ma più economico. Il collaudatore dovrà tener conto di questo particolare accordo e, quando questo è l'accordo, è molto probabile abbia pochissima necessità di recarsi in campagna per collaudare la scelta dei particolari.

Il collaudo è limitato a quello di verifica di un fotoabbozzo di ricognizione. In alcuni casi (5), assai frequenti, quando il tipo di rilevamento non giustifica uno studio preliminare dei particolari da riprodurre, la verifica di questa scelta può esser condotta dal collaudatore confrontando a vista carta ed aerofotografia. È frequente anche il caso che, a fianco della carta vera e propria, debba esser fornito un mosaico controllato del terreno rilevato. Il confronto fra mosaico e carta facilita il collaudo del contenuto della carta stessa. Il collaudatore ha però sempre vantaggio nell'uso di una osservazione stereoscopica dei fotogrammi, osservazione, che come è noto, consente molte volte di riconoscere sulla fotografia la natura dei particolari topografici.

5.2 - Inquadramento del dettaglio.

Quando il dettaglio veniva rilevato con i procedimenti tradizionali si provvedeva a collegare i punti trigonometrici prestabiliti (l'attendibilità della triangolazione d'appoggio era verificata ed è ancora verificata con procedimenti particolari ed idonei, che non interessano il nostro tema) con altri punti ricavati numericamente o graficamente a mezzo di poligoni ovvero con intersezioni inverse, laterali o dirette, d'importanza ed accuratezza proporzionali allo scopo.

Il collaudatore esaminava i registri delle misure, osservava se le tolleranze e le limitazioni imposte dalle norme di collaudo erano rispettate, eventualmente ripeteva qualche misura. Nel rilevamento fotogrammetrico a questa fase del lavoro tradizionale può esser comparato l'orientamento dei fotogrammi. Orientamento che si appoggia ad alcuni dati: punti determinanti al suolo con procedimenti ordinari, ovvero ricavati per collegamento aereo di fotogrammi. L'attendibilità di questi dati fissati per l'orientamento dovrà esser controllata con mezzi idonei. Non ci interessa questo lato del collaudo, se non in quanto dobbiamo già esser certi che i dati scelti per l'orientamento dei fotogrammi sono sufficientemente corretti. Il controllo del conseguimento dell'orientamento stesso è normalmente fatto ricavando allo strumento restitutore le coordinate numeriche strumentali dei punti di coordinate topografiche note utilizzati per effettuare l'orientamento stesso e confrontando i valori delle coordinate strumentali con quelli noti, previa naturalmente una trasformazione.

La trasformazione delle coordinate non deve tuttavia esser fatta utilizzando un procedimento di calcolo che si discosti da quello realizzabile con lo strumento restitutore per operare la miglior coincidenza dei punti restituiti con quelli noti. Il collaudatore avrà quindi da questo calcolo di trasformazione un elemento sicuro di valutazione quando egli si limiterà a verificare le distanze restituite relative a tutti i punti noti e le loro quote altimetriche.

In effetti l'orientamento dei fotogrammi negli apparecchi restitutori analogici viene effettuato in tre fasi, l'interno, l'esterno relativo e l'esterno assoluto. La verifica della corretta realizzazione dell'orientamento interno rientra in gran parte (focale, distorsione) fra le verifiche strumentali, verifiche che, analogamente a quanto si dovrebbe fare anche nei rilevamenti tradizionali, concernono un controllo, una volta tanto, dei mezzi di lavoro usati (esulano dal nostro tema). Per quello che si riferisce al ripristino dell'esatta posizione del punto principale con il centramento dei fotogrammi, operazione eseguita dal restitutista fotogramma per fotogramma, il verificatore dovrebbe, se lo ritiene necessario, sincerarsi saltuariamente dell'accuratezza, con la quale si operò. Molto probabilmente però questa analisi ha scarsa importanza, perché le conseguenze di un non perfetto centramento sono poco sensibili e in gran parte annullate nel corso dell'orientamento esterno.

Nel controllare le caratteristiche dell'orientamento esterno alcuni collaudatori si sono preoccupati di verificare il relativo e l'assoluto separatamente. Abbastanza recentemente in Francia, per le cartografie dei centri urbani, sono state emanate disposizioni agli esecutori di raccogliere, eventualmente con osservazioni monoculari, la posizione spaziale dell'asse del fascio che per ciascuna camera collimava ai

punti fotografici omologhi presi in esame per l'eliminazione delle parallassi verticali, eliminazione che è base appunto dell'orientamento relativo. Per via di calcolo si riesce allora, abbastanza semplicemente a determinare la distanza fra i due assi e quindi la parallasse verticale relativa residua ad orientamento finito.

Ricerche sulla precisione conseguibile nella eliminazione delle parallassi verticali sono state fatte dalla commissione F dell'OEEPE con il risultato che la parallasse verticale può esser valutata e stimata con una approssimazione di ± 4 micron (6). Tuttavia, in pratica, ai fini di un buon orientamento dei fotogrammi, non è detto che la eliminazione delle parallassi verticali debba esser spinta fino a residui di queste dimensioni. Alcuni procedimenti di fotogrammetria analitica, che operano sulle parallassi verticali, accettano residui anche di ± 20 micron. La parallasse verticale residua ad orientamento esterno completato, è ritenuta dal pratico piuttosto indice di anomalia nel fotogramma quando sicuramente non sia dovuta a difetti dello strumento di restituzione. In quest'ultimo caso essa sarà individuata ed eliminata con quell'esame periodico che l'utilizzatore prudente fa del suo strumento a mezzo di testi calibrati, esame che il collaudatore, propenso ad utilizzare i mezzi fotogrammetrici, dovrebbe sempre pretendere e seguire. Nel caso invece che la parallasse verticale residua sia da giustificare con deformazioni anomale del fotogramma essa può razionalmente servire a giudicare la qualità delle immagini anziché le deficienze dell'orientamento esterno.

Per primi sono stati Baeschlin, Zeller e Brandemberger a mettere in risalto come la perfetta conservazione dell'orientamento esterno relativo nel corso della realizzazione dell'orientamento esterno assoluto non era né necessaria, né auspicabile quando scopo dell'orientamento era il procedere ad una restituzione del dettaglio (7). Il collaudatore realista non darà quindi grande importanza ai valori delle parallassi verticali eccessive che egli potrà riscontrare ad orientamento esterno ultimato. Egli potrà semmai preoccuparsene per giudicare se l'immagine fotografica è decisamente inutilizzabile, ove non si ricorra a particolari artifici, e se le parallassi verticali non eliminabili possono provocare una non corretta visione stereoscopica. Una maggiore o minore parallasse verticale, che non segnali una deformazione eccessiva dell'immagine fotografica, può essere tollerata a seconda delle capacità visive del restituitista. Egli, come ha dimostrato matematicamente il Bachmann (8) e provato la commissione F/OEEPE, puntando stereoscopicamente a punti omologhi, quando non lavora con fotogrammi puntinati, annulla la parallasse orizzontale e distribuisce simmetricamente quella verticale residua. Egli, a seconda delle sue caratteristiche personali, riesce a compiere correttamente questa seconda operazione entro limiti maggiori o minori della parallasse verticale stessa. Il collaudatore dovrebbe fissare l'accettabilità di residui di parallasse verticale in funzione delle caratteristiche dell'operatore e dello strumento di restituzione. In altri termini l'esecutore di un rilevamento fotogrammetrico può molte volte rimediare ad inconvenienti provocati da deformazioni anomale delle fotografie usando operatori e strumenti idonei. Vi sono per esempio alcuni strumenti che consentono l'eliminazione locale delle parallassi verticali residue con gli stessi congegni, che ne consentono la misura.

Sembra che un ulteriore appoggio al criterio che andiamo sostenendo del non

dover dare eccessiva importanza all'orientamento relativo poggiato sull'annullamento delle parallassi verticali è proprio fornito dalla prassi dell'aerotriangolazione, che, quasi sempre, è basata appunto sul procedimento dell'eliminazione delle parallassi verticali. Nell'aerotriangolazione si determinano le coordinate topografiche di alcuni punti di modelli intermedi (partendo da un modello che ha un orientamento esterno assoluto noto) con orientamento relativo dei fotogrammi successivi fino alla chiusura su altro modello di orientamento noto. Gli scarti di chiusura e gli scarti intermedi eventuali vengono utilizzati per compensare le coordinate dei punti dedotte per aerotriangolazione.

La compensazione modifica senz'altro tali coordinate. Le coordinate compensate vengono utilizzate per nuovamente orientare esternamente i modelli quando se ne voglia fare la restituzione, ma esse non sono più quelle che si erano ottenute per eliminazione delle parallassi verticali fra un fotogramma e il successivo, per cui talvolta insensibilmente, talvolta in modo deciso, l'orientamento relativo dei modelli non è più lo stesso nel primo e nel secondo piazzamento. Nel secondo, è pacifico, anche a costo di veder spuntare qua e là qualche parallasse verticale residua sarà meglio affidarsi ai valori compensati. Senza dilungarmi sulla questione mi preme richiamare l'attenzione sui procedimenti di triangolazione aerea con elementi ausiliari nei quali appunto è doveroso talvolta accettare, in fase di concatenamento, parallassi verticali residue, che sarebbero altrimenti intollerabili.

D'altra parte se, come è vero, le dodici variabili dell'orientamento esterno sono fra loro legate da una legge nota alle coordinate dei punti noti, in via teorica è sufficiente impiantare il calcolo con un gruppo di equazioni delle dodici variabili e risolvere in blocco il sistema senza preoccuparsi che l'orientamento relativo preceda l'assoluto o viceversa. Il che è fatto da alcuni procedimenti di restituzione analitica. Procedimenti nei quali è considerato controllo sufficiente della bontà di esecuzione il confrontare le coordinate topografiche con le coordinate restituite dei punti noti. Per la restituzione analogica questo controllo è il controllo dell'orientamento esterno poggiato appunto sul confronto delle coordinate ai punti di orientamento. Il collaudatore pretenderà dal restituitista una buona riproduzione delle coordinate dei punti noti.

In alcuni casi egli accetterà anche dei ritocchi locali di orientamento esterno, quando l'orizzontamento del modello in blocco lasci dei residui troppo forti in alcuni punti, residui che possono essere annullati o meglio spostati.

Questo procedimento dei ritocchi locali dell'orientamento esterno equivale ai procedimenti di compensazione empirica consueti nella topografia tradizionale. Esaminato il quadro generale dei residui degli scarti sui punti noti, trovato accettabile, sarebbe teoricamente possibile effettuare un ulteriore ritocco dell'orientamento esterno per compensare cioè distribuire nel miglior modo i residui esistenti. In pratica questa distribuzione razionale è impossibilitata se si deve operare con gli organi consueti di orientamento degli strumenti restitutori analogici, è invece possibile giungere alla distribuzione più razionale con i procedimenti di restituzione analitica (a parte naturalmente la complessità dell'elaborazione dei calcoli).

Lo Stereocartografo V è completato da apposito correttore, il quale consente di alternare il riferimento delle quote restituite dal consueto piano orizzontale ad

una superficie deformata, in modo tale da annullare gli scarti residui di quota su tutti i punti di quota nota, anche se superano, come devono, i tre, per i quali è sicuramente possibile ottenere la coincidenza assoluta (entro i limiti di sensibilità dello strumento fra piano di riferimento della restituzione e piano di riferimento topografico. Con altri restitutori analogici, quando i punti noti sono in numero sovrabbondante e quando le caratteristiche della restituzione lo richiedono, è consuetudine ritoccare l'orizzontamento del modello dividendolo in triangoli e restituendo poi l'altimetria dei soli punti interni del triangolo ritoccato. Il collaudatore quindi dovrà controllare in primo luogo l'orientamento nel complesso del modello e sincerarsi poi che con il predetto artificio si sia provveduto al ritocco d'orientamento esterno. Anziché opporsi ad un sistema del genere, egli dovrà pretenderlo, se ritiene che solamente in questa maniera si possano raggiungere, nonostante gli inevitabili incidenti del mestiere (deformazione dei fotogrammi, anomalie strumentali, inattenzione del restituitista ecc. ecc.), risultati corrispondenti a quelli desiderati.

Il controllo dell'orientamento esterno è un punto indispensabile per procedere con i mezzi della fotogrammetria alla collaudazione definitiva dei rilevamenti fotogrammetrici. Esso serve a garantire il corretto posizionamento dei dettagli restituiti. Esso non implica nessun aggravio di lavoro e di spesa da inserire nel complesso del lavoro, perché utilizza dati ed elementi che devono senz'altro essere raccolti e che non possono essere trascurati da parte dell'esecutore. Per cui, se questo controllo è effettuato nel modo che ho detto od in altro equivalente, esso potrà essere esteso a qualunque modello restituito e non graverà gran che sul complesso delle spese di collaudo. In realtà, nello spirito del consueto rapporto fiduciario, esso sarà fatto dal collaudatore saltuariamente.

Il collaudatore, che si sia preoccupato di verificare il lavoro compiuto a terra per la preparazione regolare dei fotogrammi (i 5 o più punti classici per ogni modello), utilizza lo stesso controllo di orientamento esterno per verificare l'esecuzione del lavoro sul terreno. Il controllo di orientamento mette infatti in evidenza eventuali errori grossolani della preparazione a terra che siano sfuggiti a controlli delle misure e dei calcoli. L'errore del genere più frequentemente riscontrato in pratica è la individuazione sul fotogramma del punto determinato a terra. I calcoli tornano, le misure sono perfette, ma tutto è riferito a qualcosa, che non è quanto segnato sulla fotografia. Il controllo dell'orientamento segnala, senz'altro, talvolta anche se gli elementi noti non sono in numero superiore allo strettamente indispensabile, l'errore commesso nell'individuazione. Il punto dovrà essere scartato o sostituito, se indispensabile a garantire la tolleranza finale della restituzione, da qualcosa che sia più attendibile e sufficientemente preciso. In genere l'esecutore si premunisce contro questa inevitabile situazione con una notevole sovrabbondanza di elementi, altre volte la correzione della scelta fotografica del punto può esser operata ricostruendo le misure di campagna delle monografie. Il collaudatore seguirà la critica e le iniziative dell'esecutore per intervenire ove esse siano errate o affrettate.

5.3. *Tracciamento del dettaglio.*

Quando siano stati eseguiti il controllo della scelta dei particolari e quello dell'orientamento, non vedo proprio la ragione per la quale alcuni affermano che il controllo del tracciamento del dettaglio o meglio del disegno della carta non può essere effettuato se non sovrapponendo al rilevamento fotogrammetrico un rilevamento, che è sempre tale anche se limitato a porzioni, eseguito con procedimenti diversi. Le difficoltà di ordine pratico come quella per esempio che il collaudatore non è sempre dotato di strumenti atti alla restituzione, sono tutte facilmente superabili. È evidente che il collaudatore, per verificare le operazioni precedenti, dovrà spostarsi dalla propria sede all'ambiente di lavoro, campagna o officina di restituzione. Avrà controllato gli strumenti usati per il tracciamento e se ritenuti idonei al lavoro vero e proprio li dovrà considerare idonei anche al collaudo. Non solo ma è certo che il collaudatore si varrà per collaudi di campagna vasti di squadre di geometri di propria fiducia. Analogamente egli potrà ed a noi è capitato per certi lavori eseguiti in Iran, avvalersi di altre officine di restituzione per collaudare il tracciamento fatto in questa officina.

Si fanno delle difficoltà d'ordine tecnico, è impossibile si dice collaudare con sicurezza un piano quotato fotogrammetrico con sistemi che siano di restituzione fotogrammetrica.

Ma si può anche affermare il contrario. Gli scarti del collaudo del Ticino e quelli sulle quote medie di cui ho fatto cenno all'inizio sembrano confermare questa tesi. Un piano quotato realizzato con una buona precisione, entro una tolleranza per esempio di quote comunque situate sul terreno di ± 20 cm e distribuito in maniera da individuare per esempio 16 punti per ettaro (uno ogni 25 metri) è probabile che quando venga sovrapposto ad altro rilevato sul terreno abbia i punti quotati quasi tutti in posizione diversa da quelli del secondo rilevamento. Dovremo, per utilizzare i dati raccolti nel collaudo, valutare la quota dei punti intermedi interpolando, per esempio linearmente, non disponendo di altro criterio di guida, fra le quote di controllo o fra le quote di restituzione.

Il punto misurato a terra è esatto, errore zero, si trova a mezza strada tra due punti restituiti, che hanno errori uguali ma di segno contrario, la pendenza è praticamente uniforme troveremo uno scarto nullo, ma troveremo lo scarto ben diverso se interpoleremo fra i punti di collaudo supposti privi di errore. Chi ci dice però che lo scarto non è invece una variazione della pendenza locale oggetto vero del rilevamento. Quando invece, eventualmente con un secondo piazzamento dei fotogrammi, ripetete la restituzione altimetrica esattamente dello stesso punto, lo scarto fra i due valori di quota restituiti dovrebbe con molta probabilità darvi un valore che non dovrebbe superare $\sqrt{2}$ volte l'errore vero di ciascuna delle due restituzioni.

Quando poi i movimenti altimetrici del terreno sono rappresentati da curve di livello occorre non dimenticare la differenza sostanziale del tracciamento continuo della curva, operato dall'apparato di restituzione, e il tracciamento per interpolazione, caratteristico del rilievo tradizionale. È evidente che, confrontando

due restituzioni e stabilendo la tolleranza sulla base dello scostamento planimetrico dei due sistemi di curve, il collaudatore può formulare un giudizio assai più prosimo alle effettive necessità dell'utilizzatore della carta (la morfologia cartografica sia entro certi limiti uno specchio fedele della morfologia del suolo) di quanto non possa fare operando un confronto di profili numerici e grafici dedotti dalle curve. Anche in questo caso, premesso che il metodo fotogrammetrico fu ritenuto utilizzabile, il collaudo per ripetizione di restituzione è accettabile da utilizzatore e realizzatore proporzionando le tolleranze alla eventualità che prima e seconda misura possono essere affette da errori dello stesso ordine di grandezza. Ché se poi preme al collaudatore non tanto di esprimere un giudizio circa la rappresentazione morfologica, quanto sul valore effettivo degli scarti fra le quote delle curve e le quote dei punti planimetricamente collegati dalle curve stesse, niente impedisce di fare sezioni e profili secondo tracciati graficamente prestabiliti, quotando di nuovo all'apparato restitutore proprio il punto d'incontro tra il tracciato e la curva di livello. Si ritornerà ad una tolleranza espressa in valori di quota altimetrica.

Le ragioni tecniche suddette sembrano favorevolmente suggerire la convenienza di usare i mezzi fotogrammetrici per collaudare l'altimetria. Occorre inoltre tener presente come il rilevamento altimetrico tradizionale richiede livellazioni geometriche o tacheometriche, che servono a determinare la quota assoluta di un punto come variazione di quota relativa ad altri punti precedenti e successivi.

L'errore del sistema è progressivamente aumentante man mano che il punto quotato si allontana dal punto preso come caposaldo di partenza o di arrivo della linea. Assume un carattere che non è più puramente accidentale. Nel caso poi della livellazione tacheometrica questo errore è legato al valore della inclinazione della visuale fra un punto e il successivo. L'errore dei punti restituiti è in parte dovuto all'errore residuo di orizzontamento, che è stato in qualche modo controllato e ritenuto accettabile, ma soprattutto provocato dalla incertezza della collimazione stereoscopica, la quale incertezza, almeno per i buoni strumenti di restituzione, è indipendente dalla posizione del punto rispetto ai punti di controllo usati per l'orizzontamento. La diversità della natura degli errori potrebbe provocare scarti che non segnalano per niente né la intollerabilità degli errori di collaudo, né la intollerabilità degli errori di restituzione.

Il controllo tradizionale può servire quindi a collaudare l'altimetria fotogrammetrica solamente nella ipotesi che esso sia eseguito con procedimenti tanto accurati da rendere trascurabile l'errore temibile progressivo della misura di controllo (errore nullo). Ma allora esso diviene terribilmente costoso. Converrebbe all'utilizzatore o risparmiare questa spesa o impiegarla per avere un lavoro di migliore qualità: facendo abbassare la quota di volo, aumentando i controlli di orientamento, prescrivendo l'uso di strumenti più precisi, e servirsi nel collaudo di mezzi idonei, che abbiano un costo proporzionato a quello dell'esecuzione e quindi fotogrammetrici.

Le incertezze di ordine tecnico circa la possibilità di impiegare i mezzi della fotogrammetria per verificare il contenuto planimetrico della restituzione fotogrammetrica possono in gran parte essere superate quando si riconosca l'utilità e la necessità del controllo sulla scelta dei particolari da cartografare. Nel corso di tale

controllo il verificatore approva e corregge il programma del fotogrammetra, il quale, grosso modo, classifica i particolari stessi in fotogrammetricamente individuabili ovvero particolari da individuare e rilevare direttamente. È evidente che soltanto i particolari ritenuti fotogrammetricamente individuabili possono essere considerati collaudabili con i mezzi della fotogrammetria. Le incertezze residue, per esempio l'esatta posizione dello spigolo di una casa, quando la scala della carta è tale da consentire la rappresentazione non simbolica della casa stessa, devono, nel vaglio della scelta suddetta, esser considerate trascurabili ed allora la verifica per ripetizione di restituzione deve essere sufficiente per vedere se effettivamente si rientra nelle tolleranze contrattuali. La possibilità offerta dalla maggior parte degli strumenti restitutori in uso di leggere le coordinate numeriche dei particolari restituiti graficamente, e la maggiore accuratezza, che, con apposito puntamento, può essere raggiunta dalla restituzione numerica rispetto alla grafica, danno al collaudatore, che usa i mezzi fotogrammetrici per verificare il rilevamento fotogrammetrico planimetrico, uno strumento idoneo a confrontare valori più esatti con valori probabilmente meno corretti, senza ricorrere a costosissimi rilevamenti diretti. Anche per la planimetria valgono le considerazioni fatte per l'altimetria a riguardo della diversità di distribuzione dell'errore. Se per collaudare l'asse di una strada fotogrammetrica si fa una poligonale, il rilevatore della poligonale collaudante dovrà certamente essere autorizzato a commettere errori di misura, che, alla chiusura della poligonale, saranno considerati accettabili quando siano commisurati alla lunghezza della poligonale e al numero dei lati. Nello stabilire le tolleranze della restituzione della strada, per tener conto delle tolleranze del sistema di collaudo, occorrerebbe accettare errori che seguano una legge analoga, si sarebbe cioè portati in qualche modo a collegare il sistema delle tolleranze del metodo fotogrammetrico al sistema di misure di collaudo e non piuttosto, come fu sempre consuetudine dei topografi, stabilire il sistema delle tolleranze sulla base della teoria degli errori del metodo di misura usato per il rilevamento.

Una limitazione di giustificazione tecnica all'uso esteso al massimo dei procedimenti fotogrammetrici di collaudo sorge a motivo della possibilità del presentarsi in forma sistematica di alcuni errori d'interpretazione. Qualora si fosse effettivamente convinti che la presenza di cause di errori del genere possa essere corretta soltanto col collaudo effettuato sul terreno, si finirebbe per dire che queste cause non consentono di eseguire la cartografia fotogrammetrica.

Il collaudo non sarebbe servito ad altro che a dare al collaudatore l'indizio della presenza di alcuni di questi particolari errori e a imporre all'esecutore di ricominciare tutto da capo anche altrove. Sarebbe consigliabile che nel riprendere il suo lavoro egli non si servisse più di un metodo, il fotogrammetrico, dal quale non ha la sicurezza di poter ricavare tutti gli elementi indispensabili all'utilizzatore della carta. In realtà la preparazione dei fotoabbozzi, ovvero la interpretazione topografica eseguita dallo stesso restituitista, e la successiva ricognizione, consentono di minimizzare l'entità delle incertezze sistematiche di interpretazione. Il procedimento dell'uso delle similitudini fotografiche (o chiavi d'interpretazione, come lo chiamano gli americani) che è innaturato, ma anche regolamentato, nella mente di ogni esperto fotogrammetra, ulteriormente riduce il numero di questi errori di natura sistematica.

Ed il verificatore, che dispone di una conoscenza tecnica certamente superiore a quella dell'esecutore, avrà modo di controllare la condotta del lavoro sia nella prima fase: quella della scelta e classificazione dei particolari cartografici, sia usando gli accorgimenti che l'esperienza ha suggerito come: l'uso di modelli diversi per individuare lo stesso particolare, l'inversione dell'orientamento dei fotogrammi o simili.

La verifica del tracciamento del dettaglio sia o no operata con i mezzi della fotogrammetria dovrà sempre essere conclusa con un controllo dell'*originale della carta* quale esce dalle mani del disegnatore cartografo. Se il controllo è fatto usando i mezzi fotogrammetrici è possibile al collaudatore predisporre un documento (la seconda restituzione) che controlla la minuta di restituzione e l'originale della carta.

5.4. - Conclusioni e riassunto.

È molto difficile ad ognuno di noi spersonalizzarsi in modo tale da non mostrare la propria mentalità e la propria formazione quando trattiamo argomenti che ci stanno a cuore.

Se parlano di verifica dei rilevamenti fotogrammetrici un utilizzatore (funzionario per esempio di organizzazione, che affida ad altri l'esecuzione del lavoro e deve tutelare la propria organizzazione dalle spese inutili o mal fatte), un collaudatore (esimio docente universitario, che maneggia a perfezione formule e sillogismi), un esecutore (dirigente industriale coscienzioso fino al punto da non danneggiare la fama della propria organizzazione, ma sempre preoccupato del quadramento del bilancio aziendale), si notano differenze nella impostazione degli stessi ragionamenti. Io in quanto esecutore ho sostenuto, credo con ragioni abbastanza valide, quanto mi sembra appoggiare la tesi della possibilità e convenienza tecniche d'impiegare a pieno i mezzi fotogrammetrici per il collaudo dei rilevamenti fotogrammetrici, soffermandomi in modo particolare sul vero e proprio rilevamento. Ma sono convinto, e spero di averlo sufficientemente chiarito, che l'intervento dei mezzi fotogrammetrici non esclude ancora del tutto l'intervento del collaudatore tradizionale, non foss'altro là dove la fotogrammetria stessa richiede l'ausilio dello strumento topografico classico, come per esempio l'inquadramento e il completamento dei fotogrammi. Ma soprattutto quando, in pieno accordo con l'utilizzatore, il fotogrammetrista con ardita estrapolazione si accinge a chiedere qualcosa di più del consueto ai fotogrammi e agli strumenti. Scopo delle nostre ricerche e delle nostre esperienze nel campo dell'uso dei mezzi fotogrammetrici per il collaudo dei rilevamenti fotogrammetrici, resta quello di ridurre il costo e la fatica dei collaudi stessi estendendo l'impiego a campi sempre nuovi.

Altrove abbiamo fatto cenno a proporzioni di costo ed abbiamo affermato che l'uso dei mezzi fotogrammetrici poteva ridurre tali proporzioni. In effetti se si riconsiderano gli elementi precedentemente analizzati si vede ad esempio che la verifica dell'orientamento esterno, elemento fondamentale nella costruzione dello schema di collaudo con mezzi fotogrammetrici, non implica nessuna nuova operazione, neanche di laboratorio, se non la lettura di elenchi di coordinate in ogni modo necessarie all'esecutore (il costo dei quali è quindi compreso nel compenso

pattuito per il rilevamento) anche se ignorate dal collaudatore. La spesa di collaudo è trascurabile.

D'altra parte la ripetizione di un dieci per cento per esempio della restituzione non implica la ripetizione di operazioni di campagna per la preparazione dei punti a terra ecc. per cui sicuramente costa assai meno del dieci per cento del valore concordato della restituzione da controllare.

Da chi, come in genere l'organizzazione industriale, ragiona con criteri economici è pertanto auspicabile trovare i modi per ulteriormente ridurre il costo effettivo del collaudo conservandogli e se possibile migliorandone le caratteristiche tecniche, che consistono nella volontà di ricavarne un elemento di giudizio circa la rispondenza del rilevamento eseguito alle necessità dell'utilizzatore.

6. - *Sistemi di tolleranze.*

È pacifico che le cause temibili di errore nel rilevamento fotogrammetrico non sono identiche alle cause del rilevamento tradizionale. Abbiamo già tratto profitto di questa realtà per sostenere la nostra tesi circa la convenienza dell'uso dei mezzi della fotogrammetria. Indipendentemente dal sistema adottato per la verifica sarebbe auspicabile che le tolleranze fissate per l'accettazione di un rilevamento fotogrammetrico fossero stabilite in base alla conoscenza delle possibili cause d'errore.

Così ad esempio le norme di collaudo di un rilevamento celerimetrico catastale fissano tolleranze diverse a seconda del procedimento usato per la misura delle distanze (misura ottica, o misura diretta). Per le livellazioni si accettano tolleranze diverse a seconda che si operi col livello o si debba operare col tacheometro ecc. Nella verifica del valore geometrico di un rilevamento fotogrammetrico si potrebbe aver presente le fasi stesse del lavoro, fissare cioè una tolleranza per il ripristino dell'orientamento esterno, che tenga conto dello scopo di tale orientamento: inquadramento e connessione dei vari modelli, ed una tolleranza nella restituzione di dettaglio modello per modello. Un criterio del genere consentirebbe probabilmente di valutare il risultato e il valore della restituzione fotogrammetrica assai meglio di quanto non possano fare altri schemi di verifica, nei quali per esempio si controllasse con particolare attenzione la posizione assoluta di punti restituiti e non la posizione dei punti stessi relativa ad altri punti appartenenti allo stesso modello o meglio ai punti d'inquadramento del modello in esame.

È stato fatto notare da altri (9) come caratteristica peculiare del rilevamento fotogrammetrico è la conservazione delle posizioni relative per blocchi continui e di ampiezza proporzionata alla scala della carta, cioè alla superficie compresa in ciascun modello. Poiché questa caratteristica è molto importante per la utilizzazione della carta la si dovrebbe poter far risaltare nel collaudo, stabilendo schemi e valori di tolleranze. D'altra parte l'uso di particolari tipi di tolleranze poco si adatta al procedimento fotogrammetrico, e il conservarlo potrebbe rendere aleatoria la possibilità d'impiegare il metodo fotogrammetrico nonostante le nostre convinzioni circa la convenienza di usarlo. Supponiamo per esempio che in determinate condizioni di segnalazione, volo, restituzione, ecc. la posizione di un punto restituito fotogrammetricamente sia determinabile con l'approssimazione di 15 cm (4).

È prevedibile che l'errore della distanza relativa fra due punti di questo tipo possa essere errata anche di 30 cm, ma è estremamente poco probabile che questo valore sia superato anche per punti che si trovano a bordi opposti dello stesso modello.

Le norme catastali italiane per mappe aerofotogrammetriche (10) dicevano: «in attesa di aver fissate apposite tolleranze, si adatteranno le stesse tolleranze in uso per il collaudo delle mappe rilevate con i metodi ordinari», e cioè nell'ipotesi di scala 1:1000 una tolleranza nella distanza relativa di punti a 5 m di circa 35 cm e per punti a 100 m di circa 70 cm.

Il rilevamento sarebbe sempre stato in tolleranza, ma il giudice collaudatore ricavava un giudizio: ottimo per distanze notevoli, tollerabile per punti vicini. La realtà era diversa. Le norme cui ci riferiamo sono del 1944. Nel 1952 (11) le nuove istruzioni della Direzione Generale del Catasto per i rilevamenti fotogrammetrici, pur contenendo molti elementi innovatori circa l'impiego dei mezzi di collaudo fotogrammetrici, conservavano ancora un sistema di tolleranze che sembrano poco rispondenti alla fotogrammetria stessa. Un criterio più consono alla prassi fotogrammetrica nello stabilire le tolleranze di un rilevamento fotogrammetrico è quello fissato dal nostro I.G.M. (12) per la carta all'1:25000 e quello da esso derivato (13), stabilito dalla Cassa del Mezzogiorno per il rilevamento aerofotogrammetrico all'1:10 000 in Calabria (anno 1957).

I sistemi di tolleranza si vanno gradualmente adeguando alla novità ed alle caratteristiche del metodo fotogrammetrico, l'adattamento è naturalmente lento, perché l'utilizzatore è sempre preoccupato che nuovi criteri e nuovi valori siano solo un sistema escogitato dall'esecutore per fornire un prodotto meno accurato. Come succede sempre in casi del genere è già da lamentare l'eccesso opposto.

Il collaudo razionale, logico dei rilevamenti fotogrammetrici è fatto seguendo passo passo le fasi del lavoro, ma non sempre il lavoro fotogrammetrico è completo. Talvolta l'ordine di esecuzione viene confidato ad alcuni specialisti per una fase ad altri per un'altra. Accade anche che l'utilizzatore ha solo bisogno di una fase rimandando a tempi successivi l'esecuzione di altra. Per esempio fa eseguire le fotografie aeree, le utilizza per una fotointerpretazione o per una triangolazione aerea, ma non prevede per ora l'esecuzione di una carta regolare.

In particolare supponiamo che, ignorando l'uso e l'utilizzatore successivo, una organizzazione lanci un invito a fornire fotografie aeree. Questa organizzazione predisporrà norme di collaudo per l'accettazione di buone fotografie. Fra le norme stabilite ve ne saranno inevitabilmente alcune che non sono più giustificate quando l'impegno assunto dall'esecutore è quello di fornire la carta. Se esse vengono conservate nel capitolato completo (volo, preparazione, carta) è molto probabile che rendano eccessivamente oneroso il lavoro regolato da norme, che risentano delle abitudini contratte per affidare un lavoro soltanto parziale.

A titolo d'esempio nel capitolato tecnico della F.A.O. (14) per rilevamenti fotogrammetrici alla scala 1:10 000 della Valle di Viedma (Argentina) si legge fra l'altro al capitolo: «Caratteristiche del volo di ripresa»: la sovrapposizione laterale delle strisciate non deve essere inferiore al 15% né superiore al 45%, non verranno accettate strisciate isolate. Ma per effettuare la carta basterebbe dire: il

terreno deve esser tutto ricoperto eventualmente con strisciate di riempimento. Il parallelismo fra strisciate adiacenti deve esser contenuto entro i 5 gradi, la deviazione o errore della quota di volo deve essere contenuta fra il 2% in meno e il 5% in piú, e quindi poiché la scala delle foto era imposta all'1:10000 e la focale intorno a 150 mm, si aveva una tolleranza nella quota di volo di 30 metri in meno e di 75 in piú, sui 1500 metri di quota. Tolleranza eccessivamente modesta se si considera la influenza della quota nella restituzione altimetrica (tolleranza altimetrica 50 cm per l'85% delle curve controllate, un metro per non piú del 5%). E cosí di seguito, per esempio: l'iposolfito residuo su qualsiasi copia non dovrá superare 0,023 mgm per centimetro quadrato mentre i residui di argento non dovranno superare 0,01 gm per metro quadrato ecc. ecc.

È evidente che norme del genere, accurate e convenienti quando lo scopo è una copertura fotografica fine a se stessa e la fornitura di copie destinate a interpretazione, rendono inutilmente gravose alcune fasi del lavoro, aumentano le spese di esecuzione forse solo in alcune fasi, nelle quali sarebbe auspicabile economizzare per migliorare piuttosto altre fasi piú importanti.

Abbiamo a titolo d'esempio sfogliato un particolare capitolato d'appalto. Numerosi esempi potremo trarre dalla nostra pratica di esecutori circa la non organica visione d'insieme dei compilatori dei capitolati d'appalto di rilevamenti fotogrammetrici.

Si notano: dispendio di tempo e di energie richieste talvolta per la compilazione e la presentazione di documenti accessori quali i fotoabbozzi di ricognizione, talaltra per la marcatura a terra dei punti d'inquadramento, la predisposizione dei calcoli, la compensazione dell'aerotriangolazione, la pre o post ricognizione ecc. ecc.

Ripeto e concludo: l'utilizzatore, il collaudatore, l'esecutore hanno visioni diverse dei modi e delle necessità della verifica, considerata come operazione a sé stante, ma hanno tutti una finalitá comune: fare con il minimo dispendio di energie e di danaro un buon lavoro, rispondente ai suoi scopi. Ragionando e discutendo fra loro essi possono certamente pervenire ad una migliore soluzione del problema, conviene però che nel discutere essi siano guidati da reciproca fiducia e comprensione.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Schermerhorn-Witt, *Photogrammetry for cadastral survey*. (Photogrammetria X/2 1953-1954).
- (2) G. P. Le Divelec, *Rilevamenti aerofotogrammetrici per la progettazione di una parte della idrovia lago Maggiore-Milano-Po*. Bollettino della S.I.F.E.T. n. 3, 1951.
- (3) Vari Autori, *Italmap EIRA Chronicle*, n. 9, 1964.
- (4) Gotthard, *Rapport sur les premiers résultats de l'essai de « Oberriet » de la Commission C de l'OEEPE*. Photogrammetria XV/3, 1958-59.
- (5) G. P. Le Divelec, *Checking methods for photogrammetric maps*. Comunicazione presentata al VII Congresso della SIP, Commissione IV, 1956.
- (6) Comm. F. OEEPE, *Ricerche sulla parallasse verticale*.
- (7) Baeschlin, *Rapporto generale della Comm. IIO al Congresso S.I.P.*, 1948.

Zeller, *Traité de Photogrammétrie* (1948), pag. 179.

Brandenberger, *Feblertheorie* ecc., 1947.

(8) Bachmann, *Etudes sur la photogrammétrie aérienne* (1946).

(9) Biscaccianti - Le Divelec, *Contribution aux études pour l'application de la photogrammétrie aérienne aux levés urbains à grande échelle*. Congresso S.I.P., Commissione IV, 1956.

(10) *Formazione delle mappe catastali con la fotogrammetria aerea*. Direzione Generale del Catasto, 1944.

(11) *Istruzioni per i rilevamenti aerofotogrammetrici*. Dir. Gen. del Catasto, 1952.

(12) *Norme per la esecuzione dei rilevamenti aerofotogrammetrici alla scala 1:25 000 con metodò numerico (1ª fase operazioni preparatorie e di campagna)*. I.G.M., 1956.

(13) *Capitolato d'appalto per la carta alla scala 1:10 000 della Calabria*. Cassa per il Mezzogiorno, 1957.

(14) F.A.O., *Rilevamenti aerofotogrammetrici per lo studio della bonifica agraria della Valle di Viedma*. Capitolato d'oneri, 1964.