

METODI USATI PER ELIMINARE LE LACUNE DELLA RESTITUZIONE FOTOGRAMMETRICA ⁽¹⁾

Dr. Ing. GIAMPIERO LE DIVELEC

I. PREMESSA.

1-1. Nell'insieme delle operazioni per eseguire carte o piani topografici con metodi aerofotogrammetrici, la *restituzione* attua la trasformazione di immagini fotografiche in proiezione topo-cartografica del terreno fotografato.

1-2. L'abilità degli operatori e la qualità degli strumenti influiscono direttamente sulla fedeltà con la quale la restituzione è realizzata. Ma, poiché essa è la fase conclusiva di una serie di operazioni preparatorie alla trasformazione delle immagini fotografiche, ad esempio segnalizzazione, fotografia, inquadramento, orientamento, la bontà della restituzione è influenzata anche dalla maniera nella quale sono state realizzate le altre operazioni elementari di un rilevamento fotogrammetrico.

1-3. La fotogrammetria in generale ed in particolare la restituzione, hanno corrisposto perfettamente al loro scopo. Tuttavia esse manifestano e probabilmente, almeno per quanto concerne la restituzione, continueranno a manifestare delle lacune. Le lacune della restituzione sono eliminate con l'intervento di:

1-3-1. Operazioni ausiliarie fotogrammetriche.

1-3-2. Metodi terrestri di misura.

1-4. Lo scopo che i fotogrammetri perseguono è: eseguire la carta nelle condizioni più vantaggiose. Esso è raggiunto quando il valore tecnico della carta restituita corrisponde alle necessità degli utilizzatori od il costo di produzione è il più basso possibile. Già da adesso è logico affermare raggiunto lo scopo impiegando: restituzione, operazioni ausiliarie e metodi terrestri integrativi. Un miglioramento è ugualmente auspicabile. Esso può essere ottenuto migliorando le qualità tecniche e riducendo il costo del complesso: restituzione affetta da lacune e metodi per eliminare o ridurre le lacune stesse. Questo è il nostro argomento di discussione.

1-5. Allo scopo di coordinare la discussione stessa proponiamo la seguente classificazione delle possibili lacune, classificazione basata sulle cause determinanti.

1-5-1. Lacune per la natura delle immagini fotografiche. Eliminabili con la lettura critica e ragionata delle fotografie.

⁽¹⁾ Esposto introduttivo presentato alla Commissione IV (Piani e Carte) del IX Congresso internazionale di fotogrammetria (Londra 1960).

1-5-2. Lacune per la limitazione delle immagini fotografiche.

1-5-3. Lacune per la limitazione della organizzazione del lavoro ovvero lacune volontarie. Eliminabili come le precedenti con misure integrative.

1-5-4. Lacune involontarie dovute alla restituzione propriamente detta, segnalate ed eliminate con una verifica.

2. LACUNE DI RESTITUZIONE PER LA NATURA DELLA FOTOGRAFIA.

2-1. Uno dei compiti che il tecnico operante la restituzione fotogrammetrica deve assolvere, è la « lettura della fotografia ». La « lettura della fotografia » determina la natura e la posizione fotografica di un oggetto. Essa è facilitata dalla visione stereoscopica. Può essere o immediata o controllata o ragionata.

È immediata la lettura dell'immagine fotografica di un oggetto nettamente diversa da quella di qualsiasi altro oggetto-circostante. Ad esempio: l'immagine stereoscopica di una palificazione d'elettrodotto su terreno brullo. L'assenza dalla carta restituita dalla rappresentazione topografica di oggetti a « lettura immediata » è imputabile solamente ad incuria dell'operatore. La conseguente lacuna di restituzione è eliminabile nella « verifica di completezza ».

2-2. Quando la scelta della posizione o la classificazione della natura dell'oggetto fotografato possono dar luogo a dubbi od incertezze, perché l'immagine dell'oggetto pur visibile non si diversifica sufficientemente da quella di altri oggetti, ovvero non è completa o evidente, la lettura non è più immediata. In tal caso occorre controllare la lettura della fotografia sul terreno (ricognizione) ovvero interpretare razionalmente la fotografia. Pre-identificazione (ricognizione preventiva) e foto-interpretazione rendono possibile la corretta restituzione di oggetti la cui lettura fotografica non è immediata.

2-3. La pre-identificazione, indipendente dalla restituzione, è condotta esaminando stereoscopicamente o isolatamente le fotografie e confrontandole al terreno.

2-3-1. Individuare tra i numerosi segni fotografici che contornano un oggetto di natura evidente quello la cui rappresentazione cartografica è necessaria. Ad esempio: i bordi dell'asfaltatura di una strada.

2-3-2. Determinare la natura degli oggetti fotografati quando non è definita dalle immagini fotografiche. Ad es.: canale di drenaggio o canale di irrigazione? Termini segnalizzati o segnali di altro genere?

2-3-3. Determinare l'andamento di linee che collegano oggetti fotografati; tale andamento è richiesto dalla carta, ma non è visibile nella fotografia. Ad es.: acquedotto sotterraneo con pozzetti di accesso affioranti (fotografici) ovvero limiti virtuali di proprietà fra termini segnalizzati e fotografici.

2-3-4. Individuare punti fotografici cui appoggiare rilievi terrestri com-

plementari per la rappresentazione topografica di oggetti invisibili nelle fotografie.

2-3-5. Eliminare la restituzione di oggetti inutili.

2-4. I rilevamenti topografici eseguiti con procedimenti non fotogrammetrici necessitano, fra le operazioni da condurre sul terreno, l'esecuzione di un grafico: « *minuta di rilevamento* » quando si operi con la tavoletta pretoriana o « *abbozzo di ricognizione* » quando si operi con i procedimenti celerimetrici e numerici. Durante questa fase di lavoro era raccolta, in quanto richiesta, la toponomastica. Una analoga raccolta di toponimi occorre per completare le notizie fornite dalla fotografia che è muta. La raccolta dei toponimi può aver luogo in fase di pre-identificazione.

2-5. Non ci risulta che la tecnica della pre-identificazione abbia avuto nel corso degli ultimi anni delle innovazioni appariscenti. Si possono segnalare degli affinamenti, degli alleggerimenti di lavoro ed essi ci sembrano dovuti al miglioramento delle immagini fotografiche e ad un più diffuso uso degli « stereoscopi da campagna ». Una identificazione stereoscopica più diffusa è valsa a ridurre la mole del lavoro di rilevamento complementare. Ad es.: prima di intraprendere il rilevamento diretto sistematico della rete dei viottoli che si intersecano in un bosco si ritiene oggi conveniente percorrere questa rete ed individuare sulle fotografie i punti nei quali, tra gli alberi o nelle radure è visibile il terreno battuto dei viottoli. Generalmente dal collegamento razionale di tutti i punti visibili si ottiene una rappresentazione sufficiente della rete. Il rilevamento diretto del genere è sempre molto difficoltoso e sarebbe, in definitiva, condotto nello stesso modo: collegando pochi punti di posizione determinata.

2-6. Al § 3 a) del Rapporto sull'« Essai contrôlé n. 2 « Vercors » (Atti del VII Congresso SIP) il Presidente Bachmann dice: il 45 % degli oggetti esaminati sul posto (in fase di collaudo) ha una rappresentazione cartografica difettosa o errata – il 13 % perché furono restituiti oggetti che non dovevano essere restituiti, il 7 % per restituzione non chiara, il 13% per omissione, il 6 % per falsa interpretazione del genere, il 4 % per incompletezza ed il 2 % per falsa interpretazione del tracciato di linee caratteristiche. Egli aggiunge: mentre la precisione degli strumenti di restituzione è grandissima, il lato cartografico-topografico lascia a desiderare. L'equilibrio non può esser raggiunto che per mezzo di una ricognizione sul terreno. Questo lavoro può essere operato avanti o dopo la restituzione.

2-7. Gli utilizzatori fotogrammetrici discutono ma senza eccessivo accanimento la convenienza o meno della fotointerpretazione preventiva. Fu questo il tema del IV Congresso SIFET (Firenze-1955).

Sembra di poter affermare col Prof. Bachmann (o.C.) che il metodo da adottare: pre-identificazione sulle fotografie o ricognizione successiva alla restituzione sulle minute di restituzione debba essere scelto caso per caso sulla base di considerazioni economiche d'un lato e secondo le esigenze cartografi-

che d'altro lato. In questa regola generale possiamo tentare di fornire qualche dettaglio esemplificativo:

2-7-1. La foto-identificazione preventiva è indispensabile per carte di tipo catastale. Il solo fatto che il perito catastale deve individuare le intestazioni delle ditte proprietarie dei terreni e perciò deve percorrere passo passo il terreno sarebbe sufficiente a dimostrare che la pre-identificazione completa non comporta un aggravio di lavoro. Il lavoro del perito potrebbe esser lasciato a dopo la ricognizione. Però solamente in questa fase egli ritroverebbe linee catastalmente interessanti che non sono restituibili e pertanto non furono restituite. Con la pre-identificazione egli è in grado di seguire tali linee ed in pari tempo identificare punti fotografici circumvicini non sempre interessanti per i fini catastali ma che devono essere restituiti per poggiarvi le misure complementari che consentiranno di introdurre con minor lavoro nella carta le linee catastali non altrimenti rappresentabili.

2-7-2. La foto-identificazione preventiva è vantaggiosa per l'esecuzione delle carte fondamentali a media scala (1:20.000-1:25.000) dei tipi correnti ormai in molti paesi. Ce lo conferma la relazione su « Vercors ». Avendo eseguito la restituzione senza pre-identificazione su 200 oggetti: 13 furono omessi e 4 incompletamente restituiti. Per un quinto circa della planimetria della carta si sarebbe dovuto procedere a rilevamento post-restituzione oltre, naturalmente, a correggere, senza fare rilevamenti, un altro quarto della carta. Alcuni affermano: Ciò nonostante, è meglio la post-ricognizione:

a) perché così la carta esce dalle mani del topografo anziché da quelle del « restituitista »;

b) perché essa rende la carta più sicura da incompletezze.

Altri rispondono:

a) nessuno ci vieta di far diventare il restituitista un perfetto interprete della topografia;

b) il topografo che esegue la pre-identificazione può dare al restituitista le indicazioni (sulle fotografie e con un simbolismo appropriato) necessario a sopprimere la non presenza reale del terreno;

c) la fotografia originale (eventualmente ingrandita) sicuramente mostra altrettante linee quanto la minuta di restituzione; essa, dopo la foto-identificazione, può essere considerata carta topografica con linee ed oggetti selezionati, geometricamente non corretta. Essa è approntata con criteri topografici - passata al « restituitista » solo per la corretta trasformazione geometrica;

d) l'importanza di carte del genere giustifica una verifica completa ed accurata. Quando si procede sistematicamente ad una pre-identificazione la verifica di completezza può essere facilitata e condotta in due tempi: controllo della fedeltà della identificazione preventiva; controllo della rispondenza fra la carta restituita e la fotografia ricognizionata.

2-7-3. La foto-identificazione preventiva non è strettamente necessaria per la esecuzione di carte a grande scala o media scala destinate alla ingegneristica rurale.

La rappresentazione planimetrica ha, qui, importanza inferiore alla rappresentazione altimetrica. Essa è generalmente limitata agli oggetti la cui lettura è immediata. Le linee da introdurre con misure dirette sono poche e possono esser rilevate nel sopraluogo generalmente necessario per la verifica per il completamento della rappresentazione altimetrica. Il completamento e altimetrico che occorrerà per le zone coperte da vegetazione, fatto dopo la restituzione, viene ridotto al minimo indispensabile.

2-7-4. La pre-identificazione non elimina la necessità di post-ricognizione, e quindi occorre, ma può essere limitata seguendo criteri particolari per le carte a grande scala che necessitano di notevoli misure complementari e di ricavare dalle fotografie dettagli di difficile lettura immediata, ad es.: i rilevamenti urbani.

2-8. Abbiamo distinto la « lettura immediata della fotografia » dalla « lettura ragionata » a mezzo della « foto-interpretazione ».

L'organizzazione del lavoro fotogrammetrico si allontana sempre più dalla forma artigianale per trasformarsi in industriale. Tende da un lato ad utilizzare specialisti perfettamente allenati per alcune operazioni elementari, dall'altro a ridurre i costi di produzione cercando per esempio di aumentare la produzione oraria degli apparati di restituzione. La pre-identificazione consente evidentemente un più spedito lavoro del restituitista. Questo guadagno di tempo non è rimangiato dal lavoro aggiunto purché la pre-identificazione sia fatta in modo da ridurre proporzionalmente o sopprimere del tutto il tempo di permanenza in campagna per la post-ricognizione. La foto-interpretazione per la parte almeno che si svolge lontano dal terreno potrebbe esser effettuata dal restituitista stesso, come la lettura immediata. Ne deriverebbero: eccessivo lavoro per il restituitista, troppe le qualità e la capacità che egli dovrebbe espletare, impegno discontinuo degli strumenti. Il foto-identificatore topografo è anche un fotointerprete, in quanto estende quanto possibile, ad altre parti delle fotografie, senza sopraluoghi, le identificazioni che ha eseguito. Ma per alcuni tipi di carte (per es. le geologiche, le agronomiche, le minerarie, le pedologiche, le archeologiche, ecc.) il lavoro di estensione diventa prevalente sul lavoro di identificazione e richiede specialisti che sono generalmente chiamati foto-interpreti, e non sono più dei topografi ma piuttosto foto-geologi, foto-pedologi, ecc.

2-9. La foto-interpretazione ha assunto ormai l'importanza di una scienza separata dalla fotogrammetria propriamente detta. Nella S.I.P. essa è seguita dalla VII Commissione. I suoi rapidi sviluppi furono constatati fra le risoluzioni finali del VII Congresso di Stoccolma. Da allora e secondo gli impegni assunti la presidenza della VII Commissione (USA) ha annualmente pubblicato in Photogrammetric Engineering) rapporti annuali degli sviluppi in campo internazionale.

Considerandola per il possibile ausilio alla restituzione fotogrammetrica, la foto-interpretazione, seguendo una metodologia notevolmente perfezionata, consente di utilizzare i dati raccolti con la foto-identificazione e serve a definire per analogia la natura di oggetti non identificati in loco, identici ad altri (chiavi o campioni) regolarmente identificati. Gli elementi che consentono la estensione delle chiavi o dei campioni non sono quasi mai intuitivi, ma seguono una logica razionale per l'uso della quale si dimostra conveniente la formazione di specialisti: i fotointerpreti.

La forma mentale del fotointerprete è diversa da quella del fotoindicatore in quanto il primo opera prevalentemente su analogie di immagini fotografiche, il secondo su cause che di un oggetto hanno determinato una certa immagine fotografica. Però il lavoro del primo occorre a quello del secondo.

2-10. Una foto-identificazione priva di errori estesa a tutti i punti del terreno fotografati e da restituire porta alla formazione di un foto-abbozzo di ricognizione sufficiente per eliminare tutte le lacune che si potrebbero tenere nella restituzione a causa della natura delle fotografie. La indicazione sul foto-abbozzo degli oggetti di « lettura fotografica immediata » è superflua. Ai fini della chiarezza del documento soprattutto quando la loro mancanza potrebbe generare confusione al restituitista, anche questi oggetti sono, eventualmente in modo un po' più sommario, indicati nel foto-abbozzo. Per una foto-identificazione occorre confrontare la fotografia col terreno. Il lavoro può essere accelerato quando la costruzione del foto-abbozzo è affidata in parte ed in quanto possibile alla tecnica della foto-interpretazione.

La foto-identificazione è, per sua natura, operazione distinta dalla restituzione.

La foto-interpretazione è tenuta distinta dalla restituzione per ragioni di carattere organizzativo.

3. LACUNE DI RESTITUZIONE PER LE LIMITAZIONI DELLA FOTOGRAFIA.

3.1. Per restituire occorre collimare. Non si collima l'immagine che non c'è, non si collima con abbastanza sicurezza l'immagine che non è nettamente definita. La fotografia non dà l'immagine degli oggetti nascosti, non sufficientemente illuminati, non contrastanti con l'ambiente, ovvero di dimensioni inferiori ad un minimo (potere separatore). L'immagine fotografica non è ben definita quando l'oggetto o la linea fotografata sono in condizioni prossime a quella per le quali non darebbero immagine fotografica. Se gli oggetti non fotografati devono apparire nella carta, la restituzione, che non può darli, presenta una lacuna insormontabile con i soli mezzi fotogrammetrici. L'incertezza della collimazione può causare errori della restituzione superiori a quelli ammissibili ed i mezzi fotogrammetrici risultano insufficienti per eseguire il rilevamento topografico richiesto. Alla eliminazione di questo tipo di lacune si

provvede rilevando direttamente. Le operazioni di topografia ordinaria impiegate prendono nel complesso la denominazione di « completamenti a terra ». I completamenti differiscono dai « rilievi integrativi » di cui parleremo dopo, solamente a ragione della estensione superficiale e della causa determinante. La metodologia operativa è analoga per « completamenti » e « rilievi integrativi », ne parleremo quindi allora.

3-2. I completamenti propriamente detti sono di due tipi:

3-2-1. Completamenti di oggetti non fotografati. La loro necessità si manifesta nella pre-identificazione e nella post-ricognizione.

3-2-2. Completamenti di oggetti malamente fotografati. La loro necessità può essere prevista con l'esame accurato delle fotografie nella pre-identificazione o nella foto-interpretazione. Essi possono essere richiesti in seguito ad « incertezze di restituzione », ovvero possono risultare indispensabili in seguito ad una verifica geometrica della carta restituita.

3-3. I completamenti si distinguono in:

3-3-1. pre-completamenti: se le misure di campagna sono eseguite prima della restituzione.

3-3-2. post-completamenti: quando tali misure sono eseguite dopo la restituzione.

Il pre-completamento è necessariamente connesso con la pre-identificazione. Il post-completamento non necessita una post-ricognizione estesa a tutto il terreno rilevato purché sia stata fatta una pre-identificazione.

Non sembra che la discussione fra i partigiani del « pre » e quelli del « post » sia violenta. La scelta, quando possibile, è guidata da ragioni economiche e dalla esigenza cartografica.

3-4. Però solamente a restituzione avvenuta si possono risolvere i dubbi e le incertezze di restituzione. In teoria il pre-indicatore con l'esame stereoscopico delle fotografie potrebbe prevedere ed eliminare tutte le cause di incertezza di restituzione. In pratica ciò non si potrà ottenere neanche con ulteriori perfezionamenti alle tecniche già tanto perfezionate dalla identificazione e della interpretazione. Infatti:

3-4-1. Per ragioni di ordine pratico identificazione e interpretazione si compiono su copie fotografiche che non sono le stesse di quelle usate nella restituzione e dubbi diversi nascono dalle diversità delle copie.

3-4-2. La formulazione di un dubbio è sempre connessa con un certo ragionamento ed anche se identificazione e restituzione fossero condotte dalla stessa persona (ragioni di ordine pratico lo sconsigliano) essa sovente sarà portata a fare nei due casi due ragionamenti diversi. Un post-completamento è quasi sempre inevitabile.

3-5. Resta quindi da applicare quei tali criteri economici e tecnici per vedere se convenga effettuare il pre-completamento e come possa essere ridotto il lavoro di post-completamento. A noi sembra che gli utilizzatori fotogrammetrici siano concordi su alcuni punti.

3-5-1. In fase di pre-identificazione è conveniente fare anche il pre-completamento o progettare il lavoro eventuale di post-completamento con la scelta dei punti da restituire che serviranno da inquadramento delle successive misure di dettaglio. Per questo i rilevatori catastali, quelli delle carte a media scala che hanno adottato la sistematica pre-identificazione, i rilevatori urbani eseguono il pre-completamento.

3-5-2. Viceversa se la pre-identificazione è superflua ma una post-ricognizione necessaria, come per es. per i rilevamenti a scopo di ingegneristica rurale, il pre-completamento sarebbe anti-economico, esso infatti richiederebbe uno speciale sopraluogo ed una permanenza in campagna non sufficientemente giustificata.

3-5-3. Il pre-completamento diventa inutilmente oneroso quando esso non consenta di ridurre il numero dei dubbi di restituzione ad es. nel rilevamento di centri fittamente abitati. Molto vantaggioso nel caso contrario, ad es.: rilevamenti dei contorni di case isolate nella campagna.

3-5-4. Il post-completamento sistematico diviene inutile per le carte geografiche a media o piccola scala ottenute da fotografie a scala non eccessivamente piccola (1 : 2 al minimo della scala della carta) preidentificate e pre-completate. Qui infatti l'errore di graficismo assorbe in larga misura l'errore temibile per difetto di collimazione. I dubbi di restituzione saranno in numero o di entità tali da poter essere indicati e lasciati ad una verifica generale finale.

3-6. Prima di lasciare il tema « pre » o « post » e la discussione sui vantaggi e svantaggi relativi segnaliamo che, a parte i dosaggi ed i casi speciali, i fotogrammetri, tanto nel caso della ricognizione quanto nel caso del completamento, sembrano portati verso il « pre » od il « post » per motivi che sono connessi con la necessità di verifiche o collaudi in corso di lavorazione. Avremo modo di tornare su questa questione che qui è richiamata solo per completezza di esposizione.

2. LAVORO DI RESTITUZIONE VOLONTARIO.

4-1. La scala della fotografia, il rapporto profondità-base, la precisione ed il numero dei punti di controllo a terra, la precisione intrinseca dello strumento di restituzione, la esperienza personale del tecnico restituitista influiscono sul costo della carta e sulla precisione di restituzione. Nel proporzionare i vari elementi, ai fini di ottenere un risultato tecnicamente soddisfacente ed economicamente vantaggioso occorre non trascurare le possibilità offerte dai metodi di lavoro misti. Metodi di lavoro che sopperiscono a sanare, con rilevamenti integrativi da terra le deficienze della restituzione, volontariamente accettate per ragioni d'economia, sopra una parte del lavoro da effettuare (per es. l'altimetria e la planimetria di alcuni oggetti).

4-2. I continui perfezionamenti strumentali, la ideazione di procedimenti fotogrammetrici nuovi e per così dire audaci hanno nell'ultimo quadriennio

ancora ridotto in molti casi la necessità di ricorrere a rilevamenti integrativi sistematici. Ricordiamo ad esempio: la creazione di registratori automatici di coordinate e di strumenti ausiliari per tracciamento profili e per quanto si riferisce ai metodi, il ritocco d'orizzontamento su punti quotati sovrabbondanti con la conseguente autocompensazione della restituzione altimetrica.

Tuttavia i metodi di lavoro misti sono ancora largamente impiegati e con criteri diversi a seconda del genere di carta. Accenneremo ad alcuni di essi. Ci auguriamo che altri vengono segnalati nel corso della discussione.

4-3. *Rilevamenti catastali*. – Determinazione della posizione dei termini.

4-3-1. L'aumento del costo del lavoro causato da una segnalizzazione ante-volo dei termini lapidei di proprietà, e dall'abbassamento della quota relativa fino al limite per il quale la restituzione può essere sicuramente eseguita con la precisione imposta dalle tolleranze vigenti sulla distanza relativa fra termini adiacenti, è largamente compensato dalla eliminazione dei rilievi integrativi quando il rilevamento catastale debba essere esteso a zone relativamente vaste, che hanno un frazionamento minuto ed uniforme.

4-3-2. Per zone a frazionamento largo le tolleranze vigenti consentono l'impiego di fotografie raccolte da quota più alta. La presenza di isole a frazionamento minuto nell'interno delle zone a frazionamento più largo non giustifica, dal punto di vista economico l'abbassamento della quota relativa di volo. È conveniente conseguire la precisione richiesta sulle distanze relative dei termini, assai vicini l'uno all'altro, di queste isole con un rilevamento integrativo. La segnalazione ante-volo dei termini da integrare non è necessaria. È conveniente però creare nella zona da integrare alcuni punti sicuramente fotografici (segnalizzati) in posizione topograficamente dominante.

4-3-3. Il rilevamento di termini di nuovo impianto, in seguito alla realizzazione di progetti di «ridimensionamento fondiario» o di lottizzazione, progetti eseguiti con l'uso di carte di recente esecuzione, sovente non giustifica l'organizzazione di un nuovo rilevamento fotogrammetrico, ma è effettuato con i metodi terrestri. Se già dal primo impianto del rilevamento che servì al progetto fu nota la necessità di questo ulteriore rilevamento, è conveniente predisporre punti fotografici (segnalizzati) per il rilevamento integrativo.

4-3-4. Gli stessi metodi si applicano per il rilevamento di termini invisibili nelle fotografie.

4-3-5. Nella generalità dei casi il rilevamento integrativo dei termini catastali, da inserire nel rilevamento di altri oggetti ottenuto per restituzione fotogrammetrica non va poggiato su poligonali colleganti punti trigonometrici, che non servono all'orientamento delle fotografie. A parte la laboriosità e il costo della creazione di tali poligonali indipendenti, esse causano scolleghiamenti e quindi errori talvolta intollerabili nelle distanze relative fra punti restituiti e punti integrati, coesistenti sullo stesso piano catastale.

4-3-6. La integrazione viene fatta con stazioni strumentali o attestamento di allineamento su punti d'orientamento o punti restituiti, eccezionalmente

creando alcuni vertici poligonometrici fra suddetti punti abbastanza vicini fra loro. Sporge pertanto la necessità di restituire appositi punti, naturali o segnalizzati. Conviene progettare preventivamente i rilievi integrativi in fase di preidentificazione. Si manifesta talvolta la necessità di progettare, almeno in linea di massima il rilievo integrativo ante-volo per istituire appositi segnali sui punti-stazione.

4-3-7. L'apparente contrasto fra cause che provocano la necessità dei rilevamenti integrativi (imprecisione della restituzione) e metodi usati per il rilievo (stazioni su punti restituiti) è stato negato dai risultati pratici. Infatti l'errore temibile nella restituzione di un punto isolato, dovuto in massima parte ad errore di identificazione, è indipendente dalla distanza reale del punto rispetto ad altri dello stesso modello. Esso è contenuto in limiti tollerabili fintantoché si considera la posizione assoluta. Può divenire inaccettabile algebricamente sommato ad analogo errore di altro punto vicino (vedasi gli esperimenti della Commissione C-OEEPE).

4-4. *Rilevamenti di agglomerati urbani.*

4-4-1. Si discute se la restituzione fotogrammetrica è economicamente vantaggiosa o no per i rilevamenti di agglomerati urbani. Tuttavia nell'ultimo quadriennio la fotogrammetria è stata sempre più largamente impiegata per questo tipo di rilievi. Sembra quindi fuori discussione che la restituzione abbinata ai rilevamenti integrativi, consente di raggiungere le precisioni richieste. L'influenza del costo della ripresa fotografica sul rilevamento di piccoli nuclei urbani come sempre per piccole superficie, può essere determinante per la scelta del metodo di rilevamento. L'impiego dei metodi fotogrammetrici ai rilevamenti dei nuclei urbani offre il vantaggio evidente di sopprimere le difficoltà di una rete di poligonazione attraverso strade per corse da traffico continuo e quello di consentire il rilevamento di cortili e giardini interni senza collegarli alle poligonali con le complesse soluzioni richieste dai metodi fotografici normali. La restituzione corretta della pianta delle case (al piano strada) è sovente impedita dai defilamenti provocati dalle sporgenze delle case e dalle profondità delle strade. Il lavoro di integrazione a terra è talvolta di mole notevole.

4-4-2. I punti di controllo planimetrici vengono normalmente istituiti per triangolazione operando al piano tetto delle case. Quelli altimetrici con livellazione trigonometrica al piano tetto e con livellazione geometrica al piano terra. Quest'ultima è assai meno complessa della poligonazione a motivo della limitata lunghezza delle battute, della possibilità di percorrere solo le strade principali ed i loro marciapiedi, del relativamente limitato sviluppo.

4-4-3. I metodi di rilevamento integrativo variano a seconda del tipo di agglomerato e delle caratteristiche reali delle fotografie.

4-4-4. Se per ogni blocco o per ogni corte interna si possono restituire due più spigoli di muro a filo terra, il rilevamento integrativo comporta la misura

diretta con mezzi metrici delle distanze relative tra questi spigoli restituibili e gli altri che non lo sono. Per dare la pianta dei fabbricati occorre inoltre determinare gli angoli formati fra i vari lati. Nelle corti è facile collegare ogni spigolo integrato o i più importanti a più di uno degli spigoli restituiti ed eliminare le misure angolari. Per il contorno dei fabbricati l'angolazione può essere dedotta dalla restituzione dei tetti ovvero collegando alcuni degli spigoli integrati a spigoli restituiti di altri fabbricati fronteggianti.

La determinazione dei muri comuni di fabbricati adiacenti di uno stesso blocco è dedotta con lo stesso sistema dalle variazioni architettoniche esterne, a meno che non sia deducibile dalla restituzione del tetto. Questo procedimento integrativo sembra il più rapido ed economico. Può essere eseguito anche avanti la restituzione quando gli spigoli restituibili siano stati pre-identificati con cura.

4-4-5. La restituzione dei tetti può quasi sempre essere completa. Alcuni rilevatori di centri urbani la sostituiscono a quella del piede-terra dei muri perimetrali o delle corti interne là dove il piede-terra non è visibile. Essa è sufficiente per rappresentazioni grafiche a scale tali per cui l'aggetto del tetto è contenuto nell'errore di graficismo (alla scala 1/50.000 l'errore di graficismo è $m\ 1,5 = mm\ 0,3$), purché il disegnatore abbia la cura di attenersi con il tratto sempre un poco nell'interno del tratto restituito. Le misure integrative da fare sul terreno, quando la precisione della carta la richieda, sono riferite al bordo del tetto riportato a terra o con stima ad occhio o meglio con l'uso di appositi strumenti ottici verticali. Sistema integrativo un po' più laborioso del precedente e che non offre garanzie maggiori utilizzate per blocchi di cui sia restituibile al massimo uno spigolo a piano-terra.

4.4.6. I sistemi di rilevamento misti suddetti non si prestano per il rilevamento di agglomerati urbani nei quali l'altezza dei fabbricati, in rapporto alla larghezza delle strade, rende, da un lato, sistematicamente impossibile di vedere il piede-terra dei muri e d'altro lato, i fabbricati presentano rastremazioni ed oggetti di non facile interpretazione. Le misure integrative diventano allora assai più complesse, con la restituzione si avranno le posizioni grafiche e le coordinate numeriche di punti situati nelle piazze o nei quadrivi dove il terreno è visibile, punti eventualmente presegnalizzati, che serviranno di appoggio a completamenti terrestri eseguiti con il sistema degli allineamenti e squadri metrici o, addirittura, con il sistema delle poligonazioni e degli irradamenti di dettaglio.

4-5. *Rilevamenti longilinei.*

4-5-1. Nell'ultimo quadriennio si è andato estendendo l'impiego della restituzione fotogrammetrica per lo studio e la progettazione dei tracciati stradali, ferroviari, di oleodotti od elettrodotti e per lo studio dei fiumi. Caratteristiche comuni di questo genere di rilevamenti sono il loro sviluppo secondo un'asse longitudinale e la richiesta di accurati profili longitudinali e sezioni trasversali.

Recenti innovazioni nel campo degli strumenti di restituzione offrono ai fotogrammetri la possibilità di restituire e tracciare i profili e le sezioni delle zone non sommerse, con speditezza maggiore di quella ottenuta finora dalla restituzione per punti. Tuttavia in attesa di ulteriori perfezionamenti dei sistemi ausiliari di restituzione per il tracciamento dei profili a causa della impossibilità di restituire al di sotto del pelo dell'acqua o quando non sia tecnicamente possibile ed economicamente conveniente ridurre la quota di volo fino al limite necessario per conseguire la precisione domandata a quelle tali sezioni è ancora largamente diffuso l'impiego dei mezzi terrestri integrativi. Anche quando si debba ricorrere a questi metodi integrativi l'uso della fotogrammetria è da considerare vantaggioso perché la fotografia aerea permette uno studio sommario ed approssimato del tracciato, la restituzione completa di una fascia a cavallo del tracciato così scelto consente di perfezionare il progetto ovvero, nel caso di corsi d'acqua, dà la conoscenza del terreno rivierasco, ed inoltre perché con la restituzione si sopprime il lavoro di poligonazione fra i caposaldi in cui poggiare il rilevamento dei profili e delle sezioni.

4-5-2. In quanto possibile una oculata distribuzione di segnali ante-volo lungo il presunto andamento del tracciato o lungo le rive del corso d'acqua rende più agevole il successivo rilevamento integrativo. Altrimenti i rilevamenti integrativi sono poggiati su caposaldi naturali restituibili.

4-5-3. Generalmente la serie di fotografie aeree occorrenti per questo genere di rilevamenti è costituita da strisciate successive condotte lungo l'asse del tracciato da rilevare. Una buona parte dei punti restituiti per inquadrare il profilo longitudinale od appoggiare le sezioni trasversali risultano al centro delle fotografie. Fra essi possono essere scelti i punti centrali di controllo dell'orientamento. Un collegamento poligonometrico di questi punti è vantaggioso per l'omogeneità tra restituzione e rilevamenti integrativi. Sono all'uopo impiegati sistemi che consentono poligoni a lati lunghi, ad es. misuratori elettronici di distanze del tipo « tellurometro », la misura di angolo parallattico su stadia di lunghezza costante orizzontale, eventualmente integrati con lo sviluppo di piccole basi trasversali.

4-5-4. Quando si attui un collegamento del genere, sempre per maggiore uniformità fra rilievo integrativo e restituzione, è conveniente poggiare anche la determinazione dei punti di orientamento marginali ai punti centrali il che è fatto per triangolazione o trilaterazione a seconda degli strumenti di campagna di cui si dispone.

4-5-5. Il rilevamento integrativo dei profili e delle sezioni poggiate o sui punti centrali d'orientamento e sugli altri punti restituibili naturali o all'uopo predisposti può indifferentemente avvenire a restituzione avvenuta o prima della restituzione. Questo secondo procedimento è corrente per i rilievi dei fiumi. Il primo è più conveniente per gli altri rilevamenti longilinei, perché il tracciato definitivo è più sicuramente definito a restituzione eseguita. La scelta dello strumento adatto per l'esecuzione delle sezioni (livello o tacheometro)

dipende dalla precisione che si vuol conseguire. Una livellazione geometrica che colleghi i punti di base restituiti è normale.

4-5-6. La misura periodica del pelo d'acqua che rientra nei lavori per lo studio dei fiumi è pure fatta con i metodi ordinari (osservazione contemporanea lungo i bordi) e poggiata alla quota assoluta (in genere ottenuta per restituzione) di punti scelti nelle posizioni opportune (gomiti, ponti, ecc.), Eccezionalmente questa misura può essere affidata alla restituzione di fotografie raccolte in epoche diverse.

4-6. *Rilevamenti di piani quotati di precisione.*

4-6-1. Al di sotto di certi limiti di precisione l'organizzazione interamente fotogrammetrica dei rilevamenti dei piani quotati di precisione può divenire anti-economica. Tali limiti sono stati ancora estesi nell'ultimo quadriennio a motivo del miglioramento delle camere e degli apparati restitutori. Sono stati pure estesi con particolari accorgimenti adottati nei lavori di preparazione altimetrica dei fotogrammi e di orientamento – (compensazioni ed auto-compensazioni su punti livellati che dividono il fotogramma restituito in triangoli relativamente piccoli).

4-6-2. Talvolta è stato ritenuto conveniente lasciare alla restituzione il solo compito della cartografia planimetrica ed effettuare la determinazione delle quote con i metodi ordinari.

4-6-3. Il metodo più naturale sarebbe quello di impiegare come strumento misuratore delle differenze di quote la tavoletta pretoriana. Il livellatore si pone con la tavoletta su caposaldi quotati (per es. da una rete di livellazione) di posizione nota a seguito della restituzione e determina la differenza relative di quota dei punti circostanti di posizione pure nota in base alla restituzione o ad una misura celerimetrica di distanza. Il metodo richiede particolari cure per essere sufficientemente esatto.

4-6-4. Il metodo numerico è un poco più laborioso, ma quasi sempre preferito. La individuazione della posizione planimetrica dei punti quotati è ottenuta dal grafico di restituzione o da misure celerimetriche su allineamenti tra punti individuati dalla minuta di restituzione.

4-7. *Rilevamenti di dettagli invisibili.*

4-7-1. La posizione dei dettagli invisibili è determinata con misure integrative isolate ed appoggiate a punti restituibili i più prossimi ai dettagli stessi.

4-7-2. I metodi di rilevamento variano a seconda la scala della carta e cioè a seconda la precisione necessaria. È talvolta sufficiente una stima grossolana di distanza ed orientamento, ma può necessitare anche un lavoro più accurato. In quest'ultima ipotesi si prestano particolarmente i metodi di misura diretta o celerimetrica delle distanze riferite ad almeno due punti restituiti. I metodi misti (angolo e distanza) danno luogo più frequentemente ad errori grossolani di misura ed a difficoltà nel disegno.

4-7-3. Quando il lavoro sia stato organizzato con una pre-identificazione si preferisce effettuare questi rilevamenti integrativi prima della restituzione: ciò assicura la restituzione degli elementi di appoggio indispensabili.

5. LACUNE INVOLONTARIE DELLA RESTITUZIONE.

5-1. La carta restituita è, come ogni nostro lavoro, inevitabilmente imperfetta. Siamo tenuti ad adottare tutti gli accorgimenti che servono a migliorarla, controllando, con la maggior sicurezza e severità il nostro stesso lavoro, eliminando, per quanto possibile, le imperfezioni. In altri termini un sistema di verifica e collaudo serve a spronare le nostre capacità ed a garantirci di non aver superato per incapacità i limiti di una imperfezione tollerabile.

5-2. Fintantoché la fiducia nelle possibilità della fotogrammetria era inferiore, sotto il profilo tecnico, a quella riposta in altri metodi di rilevamento sperimentati da decine di anni, si ritenne che l'unico modo sicuro di verificare una carta restituita fosse quello di usare altri metodi di rilevamento e ripetere saltuariamente il rilevamento fotogrammetrico. Affidando in pari tempo a topografi provetti un controllo sul terreno della completezza della rappresentazione cartografica.

Nell'ultimo quadriennio, la sempre maggior fiducia nelle capacità della fotogrammetria, la più approfondita conoscenza della tecnica fotogrammetrica e la ricerca di metodi rapidi ed idonei al collaudo hanno portato ad un affinamento di quei metodi di collaudo misti segnalati ed auspicati nel precedente VII Congresso di Stoccolma.

Proporremo pertanto alla vostra critica ed alla vostra discussione il metodo di controllo misto sistematicamente usato in Italia dall'Istituto Geografico Militare per i rilevamenti a scala 1:25.000, perché riteniamo che metodi analoghi sono o possono essere adottati a qualunque tipo di carta e perché a nostro avviso, procedendo questo metodo di pari passo con il lavoro di rilevamento, garantisce di non compiere passi falsi intermedi, assai incresciosi a correggere quando il controllo sia riservato all'ultima fase: la carta topografica finita.

5-3. *Controllo della completezza della carta.*

5-3-1. Abbiamo già osservato che vi sono carte per le quali la completezza della rappresentazione planimetrica è essenziale, altre nelle quali essa è trascurabile. Nel secondo caso una maggiore imperfezione è tollerabile e ci si affida alla lettura immediata delle fotografie. Nel primo caso no. In tal caso, poiché sicuramente la fotografia è più completa della carta restituita conviene che la ricognizione topografica sia fatta con la fotografia: pre-identificazione, foto-interpretazione. La fotografia pre-identificata diviene una carta geometricamente scorretta, ma topograficamente completa.

5-3-2. Il controllo di completezza della restituzione è condotto in due tempi:

- a) verifica della pre-identificazione;
- b) verifica della restituzione.

La verifica della completezza della pre-identificazione è da fare sul terreno; essa fornisce sicurezza al restituitista e gli toglie ogni possibilità di intervento personale per criticare e correggere l'opera del topografo. La verifica della completezza della restituzione è fatta a tavolino confrontando fotografia pre-identificata e pre-verificata e restituzione. La eliminazione di lacune è immediata e rapida.

5-3-3. Quando il genere di carta non richiede (non è il caso del 25.000) la pre-identificazione anche la completezza di restituzione può essere verificata confrontando la carta con la fotografia usata dal restituitista. Il verificatore avrà cura di esaminare se la « lettura della fotografia » è stata fatta dal restituitista con la cura necessaria, se sono stati posti in evidenza e sono stati accuratamente risolti gli eventuali dubbi di lettura.

5-4. *Controllo della precisione geometrica della carta.*

5-4-1. Cause di errore geometrico della carta possono essere: errori di determinazione dei punti d'inquadramento errori di ripristino dell'orientamento, difetti degli strumenti, errori di restituzione vera e propria. La verifica della precisione geometrica viene compiuta in varie fasi. Ciò riduce il rischio di dover ripetere alcune operazioni per cause indipendenti da esse e permette di ridurre i controlli sul terreno (affidati ai mezzi della topografia ordinaria).

5-4-2. Con i mezzi della topografia ordinaria si controllano saltuariamente i punti di inquadramento fissati sul terreno. Sarebbe interessante definire la precisione con la quale questi punti devono essere stabiliti in relazione alla precisione finale della carta. Esperienze in corso ⁽²⁾ cercano di stabilire la correlazione fra errori di determinazione delle coordinate dei punti di inquadramento ed errori di posizione plano-altimetrica dei punti restituiti.

5-4-3. Il controllo dei punti d'inquadramento ottenuti per aerotriangolazione dovrebbe esser basato sulla verifica degli errori di chiusura e sul confronto tra le coordinate vere e le coordinate strumentali di alcuni punti eventualmente noti nell'interno della catena, prima di effettuare la compensazione. Successivamente si dovrà controllare la buona esecuzione della compensazione. Su questo argomento che esula dalla nostra discussione ci permettiamo di segnalare la differenza tra la maggiore tolleranza accettabile sull'errore di posizione assoluta di un punto e la più ristretta tolleranza dell'errore di posizione re-

⁽²⁾ G. BIRARDI: *Sulla precisione dei punti d'appoggio per la restituzione grafica delle carte al 25000*. « Bollettino di Geodesia e Scienze Affini ». Anno XIX, n. 5, novembre-dicembre 1960.

lativa di un punto rispetto agli altri punti da utilizzare per l'orientamento della coppia. Esperienze sono in corso anche su questo problema.

5-4-4. La natura, lo stato di conservazione, e per così dire lo stato di salute degli strumenti deve essere noto al verificatore e può essere periodicamente determinato con controlli camerali e l'uso di speciali « test ».

5-4-5. Nelle condizioni garantite dai precedenti controlli l'orientamento deve esser considerato soddisfacente se le coordinate strumentali dei punti di controllo non differiscono oltre prestabilite tolleranze dalle coordinate topografiche note dei punti d'appoggio.

5-4-6. Così il controllo e la verifica della precisione geometrica della restituzione può essere effettuato con una eventuale ripetizione della restituzione stessa. La scelta di collaudatori provetti restituitisti e l'uso di strumenti particolarmente buoni e riservati al collaudo, assicura che gli errori della seconda restituzione (quella di verifica) non siano superiori alle lacune della prima restituzione.

5-5. *Contrrolli terrestri.* — Quando non si voglia o non si possa seguire questi metodi misti la precisione geometrica della restituzione e la sua completezza non possono essere verificate che con operazioni sul terreno. I metodi che possono essere usati devono eludere la introduzione di giudizi falsati da difetti propri del metodo terrestre. In un lavoro eseguito molti anni fa e collaudato da una commissione mista di funzionari del Catasto Svizzero e del Catasto Italiano si usarono vari metodi di collaudo e cioè: la tavoletta pretoriana, il tacheometro e l'autoriduttore e si constatò che l'error medio della carta restituita variava col variare dello strumento usato. Da questo riteniamo poter concludere che il sistema di tolleranze non può non tener conto del sistema di collaudo. Così è stato fatto là dove esistono normalizzazioni per i collaudi finali della restituzione.

Sono ritenute inadatte per i collaudi planimetrici di carte restituite le lunghe poligonali indipendenti dai punti usati per l'appoggio di fotogrammi. E per i collaudi altimetrici le sezioni che non siano appoggiate e chiuse su punti quotati di cui non si sia tenuto conto nell'orizzontamento dei modelli.

Ciò premesso un collaudo con metodi terrestri è basato sulle seguenti fasi modalit :

a) Verifica con procedimenti di triangolazione o di trilaterazione della correttezza di determinazione dei punti di controllo terrestre;

b) Verifica dell'esatta rappresentazione di tali punti;

c) Verifica analoga a mezzo di allineamenti o di sezioni o di determinazioni per azimut e distanza di punti restituiti nelle zone di attacco fra modelli, partendo dai punti di controllo;

d) Verifica analoga operata sulla posizione relativa ai punti di controllo centrali o tra essi ed i marginali.

Il verificatore della completezza confronta la carta restituita con il terreno.