

IDEE FONDAMENTALI PER LA SCELTA DEGLI STRUMENTI DI UN'IMPRESA FOTOGRAMMETRICA

Dott. Ing. ROBERT VERLAINE

1. Introduzione

1.1. L'esecuzione economica dei rilievi di tutti i tipi a tutte le scale nelle diverse condizioni, comporta normalmente l'uso di procedimenti e strumenti differenti.

La scelta dei mezzi strumentali di un'impresa di fotogrammetria, risulta dalla valutazione di diversi fattori e la importanza relativa attribuita a ciascuno dei parametri varia secondo le circostanze.

Secondo che si tratti di un'organismo di Stato, avente il compito di elaborare seguendo un certo ritmo l'infrastruttura cartografica di base di tutto un paese, oppure di un servizio di fotogrammetria integrato in un ente di interesse pubblico, il cui obiettivo finale consiste nel realizzare delle vie di comunicazione, o miglioramenti del suolo, o ancora di una impresa privata, che, a priori non ha la garanzia di un lavoro continuo e omogeneo, i problemi legati all'equipaggiamento si presentano sotto aspetti abbastanza diversi. Quando occorre definire i mezzi necessari alla costituzione di un servizio cartografico in un paese in via di sviluppo, le situazioni contingenti che gravano sulle condizioni di funzionamento, gli elementi di partenza, gli imperativi dettati dalle necessità, sono tali da orientare talvolta la scelta dei mezzi e dei procedimenti in direzioni apparentemente meno razionali.

E' ovvio che la natura della missione, l'importanza e la continuità del programma, la specializzazione dell'impresa e della sua produzione, lo statuto dell'organismo, le ripercussioni di questo sugli aspetti finanziari ed i problemi posti dal personale, (reclutamento, formazione, regime delle prestazioni) le circostanze locali, costituiscono un insieme di elementi di cui bisogna tener conto.

Inoltre, la valutazione dei criteri tecnici comporta una parte di soggettività, in cui intervengono le conoscenze e le esperienze dei responsabili.

1.2 La classificazione degli strumenti è arbitraria ed i criteri sui quali si fonda, suscitano periodicamente delle discussioni.

Dobbiamo inoltre rilevare, che i dati tecnici di base del problema, cioè i metodi e gli strumenti sono oggetto di ricerche e di continue modificazioni.

Gli sviluppi dell'automatismo portano a considerare nuovamente i procedimenti e i metodi di esecuzione delle diverse operazioni. La necessità di aumentare la velocità di produzione o di ridurre i tempi globali di uscita dei risultati pone l'accento sulle questioni organizzative delle fasi di produzione.

L'automatizzazione (soprattutto quando avrà raggiunto la fase del tracciato) pone dei problemi di investimento e di eventuale concentrazione. Dovendo i documenti rimanere leggibili, fedeli e completi, la formazione topografica non potrà essere abbandonata al livello di operazioni quali il tracciato delle curve, ecc., ma ne risulterà una riconversione di una parte del personale e nuove esigenze nella sua formazione.

Una importante letteratura tratta di tali soggetti. Per ciò che riguarda il campionario strumentale proposto, esso si è notevolmente esteso nel corso di questi ultimi anni ed è in atto una profonda evoluzione in più direzioni. Esiste dunque una considerevole varietà di formule utilizzabili. Tale molteplicità non è certamente indizio di carenza tecnica. Testifica piuttosto l'estensione del campo di applicazione dei procedimenti. E' un segno di espansione della fotogrammetria.

Nel quadro della presente manifestazione è con piacere che mi unisco all'omaggio reso all'Ing. Santoni per l'importante contributo che non ha mai cessato di portare al miglioramento degli strumenti, nel corso della sua lunga carriera.

La sua ultima creazione testimonia, ancora una volta, la sua costante preoccupazione di ricerca della precisione e concretizza la sua fede nelle possibilità e nell'avvenire degli strumenti di I° ordine.

1.3. *Diversità dei problemi di rilievo.*

1.3.1. Una carta non è fine a se stessa e, per risolvere i molteplici problemi in vista dei quali sono elaborate, le mappe devono soddisfare un certo numero di requisiti.

I procedimenti adottati devono evidentemente tener conto delle condizioni d'impiego (terreno, superfici, ecc.) ed ogni soluzione relativa all'equipaggiamento deve poter soddisfare le tolleranze imposte, in condizioni di tempo e di prezzo, accettabili.

In funzione dei suoi fini, un rilievo si caratterizza per:

- a) la scala della carta finale
- b) gli errori planimetrici e altimetrici tollerati
- c) il numero e la natura dei dettagli da rappresentare
- d) la forma di presentazione delle informazioni.

Abbiamo modo di notare che, nei rilievi normali, la scala di pubblicazione da una parte, le tolleranze planimetriche e altimetriche dall'altra, non sono parametri indipendenti.

L'altimetria è generalmente rappresentata con curve e punti quotati. L'equidistanza dipende dalla pendenza del terreno e dalla scala.

In planimetria, l'abbondanza dei dettagli e la loro rappresentazione metrica (posizione e grandezza), sono egualmente legati alla scala.

Mentre le grandi scale sono caratterizzate da una considerevole densità di dettagli, spesso rappresentati a grandezza reale, le scale medie e piccole hanno una approssimazione e un simbolismo più o meno grande.

I dettagli mantengono una dimensione convenzionale mentre la loro posizione relativa conserva la sua importanza.

Si constata anche che le esigenze di precisione sono inversamente proporzionali alle scale: più grandi sono le scale e minori dovranno essere gli errori.

Queste caratteristiche permettono di classificare i rilievi in tre grandi categorie:

1. *Rilievi a grandi scale.*

Questi si suddividono a loro volta in:

a) rilievi nei quali si vuole ottenere una precisione identica nell'altimetria e nella planimetria;

b) mappe nelle quali è preponderante la precisione planimetrica.

In questa classe il ricorso a metodi grafici, numerici o misti, risulta condizionato da considerazioni di precisione, di economia, o di organizzazione in funzione degli scopi raggruppati o delle condizioni di utilizzazione.

In pratica, i procedimenti di aereotriangolazione hanno attualmente un ruolo sempre più considerevole nell'elaborazione di questi documenti.

Alcune soluzioni strumentali fanno appello a degli importanti procedimenti di calcolo ed a mezzi di riporto su carta, quali i coordinatografi automatici.

c) Casi in cui si tiene presente soprattutto l'altimetria. Le carte comportano curve di livello e punti quotati in numero più o meno elevato secondo i casi. La rappresentazione numerica digitale viene utilizzata di frequente nei rilievi per il genio civile, per definire il terreno, sia per mezzo di modelli numerici che comportano la numerizzazione delle coordinate di un gran numero di punti, regolarmente distribuiti, sia per mezzo di profili registrati a distanze opportune, sia per la registrazione di sezioni poste a distanze opportune.

Quando la planimetria non è che di relativo interesse e l'altimetria è realizzata in forma numerica digitale (con o senza curve) l'impiego di ortofotografie può rivelarsi interessante.

2. *Carte a media scala (1/10.000 & 1/50.000)*

In questa classe sono comprese le carte topografiche di base le cui esigenze planimetriche e altimetriche sono abitualmente definite con norme generali.

Nei paesi giovani, le carte in scala da 1/50.000 e inferiori, si elaborano correntemente applicando direttamente la fotogrammetria e i procedimenti di aereotriangolazione sono di impiego ormai generalizzato.

A questa categoria appartengono anche le carte planimetriche alle scale indicate. Si distinguono:

a) carte topografiche di regioni sprovviste di rilievo. Per stabilire la planimetria si ricorre sia a procedimenti di restituzione stereoscopica, sia al raddrizzamento (l'eventuale altimetria in cui è presente è ottenuta dall'applicazione dei procedimenti classici di livellazione).

b) I lavori di revisione e aggiornamento delle carte esistenti.

Le soluzioni proposte per tale problema mostrano sia la possibilità di utilizzare i raddrizzatori (con o senza correzione di rilievo) sia di strumenti detti di ordine inferiore. Esse richiedono precisione sulla natura ed il numero dei dettagli da aggiornare o da completare. Sollevano però dei problemi di ordine economico (scale delle riprese).

E' da notare che le fotocarte non sono carte nel senso corrente del termine, (poco o nulla di disegno, niente selezione, né segni convenzionali, né scritture...). Esse possono essere molto dettagliate. Sono utilizzate come documenti in sostituzione di carte a stampa, sia nella loro forma originale sia trasformate fotomeccanicamente.

3. *Carte a piccola scala (1/100.000 e oltre).*

In questa classe si possono distinguere i rilievi normali a 1/100.000 e 1/200.000 ed i rilievi speditivi a queste stesse scale. Questi ultimi costituiscono generalmente dei documenti abbastanza completi riguardo la natura e la quantità di dettagli planimetrici rappresentati, ma la precisione planimetrica e altimetrica così come la fedeltà della rappresentazione, sono o possono essere ridotte.

Le carte alle piccole scale, generalmente, si devono realizzare in modo economico, in periodi di tempo relativamente brevi dopo la ripresa e partendo da una rete di punti di ap-

poggio con valore e con ripartizione e densità variabili. La scala delle fotografie è abitualmente maggiore di quella della carta finale.

La pubblicazione di un foglio richiede l'elaborazione di un gran numero di coppie. Il dettaglio planimetrico è spesso poco denso e talvolta di dimensioni ridotte.

A queste scale, l'applicazione di vari procedimenti di triangolazione è importante.

L'utilizzazione di strumenti ausiliari è frequente sia nelle compensazioni dei concatenamenti sia nelle restituzioni dirette dei fotogrammi.

Posto il problema in tali termini, ci limiteremo ad illustrarne 3 punti essenziali che possono così definirsi:

- 1) Soddisfare le esigenze.
- 2) Produrre economicamente.
- 3) Tener conto delle circostanze particolari.

2. *Soddisfare le esigenze.*

Occorre che il materiale scelto possa rispondere a questa prima richiesta, senza troppo limitare le condizioni di funzionamento degli strumenti ed i metodi operativi.

Esso dovrà permettere l'adattamento dei metodi utilizzati per tener conto dei progressi dei procedimenti e adattarsi alle circostanze.

Ogni rilievo fotogrammetrico comporta le seguenti fasi essenziali:

— la ripresa, la determinazione dei punti di appoggio e l'eventuale precompletamento, la restituzione, il controllo, il disegno e la stampa.

Le statistiche dimostrano che la restituzione interviene nel costo totale delle operazioni di rilievo, con una percentuale inferiore a quella richiesta dai lavori sul terreno. Si è perciò cercato di ridurre questi ultimi, soprattutto i sopralluoghi, agendo sulle caratteristiche fotografiche e utilizzando sempre più, oltre ai mezzi elettronici di misura delle distanze, i procedimenti di aereotriangolazione o le indicazioni di strumenti ausiliari. (APR,...).

2.1. Giacchè l'economia del procedimento utilizzato è quella dell'insieme delle operazioni, la precisione finale risulta da quella delle diverse fasi del lavoro.

Ad eccezione degli errori sui punti di appoggio e della qualità del disegno, la precisione del rilievo è in definitiva funzione della bontà della ripresa e della restituzione.

La regolarità e la qualità della copertura fotografica, hanno un ruolo importante in tutte le operazioni posteriori: esse condizionano la precisione e l'economia del risultato. Nella triangolazione aerea la regolarità dei voli e la qualità dei fotogrammi riducono le perturbazioni accidentali nelle misure, mantengono in condizioni normali il funzionamento degli strumenti e riducono la complessità delle compensazioni. Ne risultano una precisazione e una resa maggiori.

Sia nel concatenamento aereo, come nella restituzione è chiaro che è sempre conveniente eseguire le riprese alla scala minore possibile compatibilmente con le esigenze perchè la superficie della coppia — cioè il numro delle strisciate e di coppie da prendere, preparare, triangolare e restituire — cresce in proporzione al quadrato della quota di presa.

D'altra parte, si sa che per ottenere una grande precisione in altimetria i problemi che debbono essere risolti sono più delicati che in planimetria, perchè quest'ultima si adatta a rapporti più grandi fra scale di ripresa e di stampa della carta, soprattutto se si tratta di una restituzione grafica e la presa di fotografie, qualitativamente valide ad altezza ridotta, è disagiata.

In pratica, la scala di ripresa costituisce un compromesso dettato, da una parte da ragioni economiche e dall'altra dalla precisione richiesta. Nei casi normali e per un terreno sprovvisto di rilievo, la precisione altimetrica si esprime con la relazione:

$$dh = \frac{H}{B} \cdot \frac{H}{f} dpx$$

in cui dpx è l'errore totale della parallasse che risulta da errori di origine molteplice, propri delle coordinate dei punti omologhi nei fotogrammi corrispondenti. Sebbene non si tratti dei più importanti, alcuni di essi provengono dallo strumento restitutore (errori di proiezione ecc...). Tale espressione mostra l'influenza sulla precisione dello schema geometrico adottato per la presa.

Si è visto che l'altezza di volo, cioè la scala, è limitata da considerazioni di carattere economico.

Nella pratica si utilizzano, in alcuni casi, delle combinazioni di ripresa e restituzione che permettono di valersi dei grandi angoli e dei grandi formati. Però, il ricorso ai grandi rapporti di base, più favorevole in altimetria che in planimetria, (vedi prove sperimentali) ha dei limiti, soprattutto alle grandi scale.

E' provato che, quando questo rapporto supera un certo valore, il profitto reale non segue più la progressione sperata teoricamente. Se l'aumento dell'angolo interviene diret-

tamente nella precisione altimetrica, sembra che il vantaggio di tale fatto venga in seguito, ridotto dalla difficoltà di puntamento stereoscopico e dalla influenza di tale difficoltà sul valore di dpx.

In pratica, il miglioramento dovuto a questo parametro non è illimitato, nè incondizionato.

Ne risulta che in vista della precisione, indispensabile a scale grandi e medie, bisogna mettersi in condizione di realizzare operazioni che assicurino dei dpx più piccoli possibili.

La qualità geometrica dei fotogrammi attualmente utilizzati e dei fasci di raggi che essi definiscono, ha influito sulla precisione in modo notevole ma ancora insufficiente, come provano le analisi dei risultati sperimentali. D'altra parte il miglioramento nella qualità delle immagini, ottenuto dall'aumento del potere risolutivo delle ottiche attuali, riduce le dimensioni dei più piccoli dettagli identificabili e misurabili e perciò aumenta la sensibilità e la precisione delle osservazioni.

In definitiva si deve ricorrere a strumenti concepiti e realizzati per valorizzare completamente questi miglioramenti e permettere misure di grande precisione.

Tale scelta è ancora più valida se le foto non riuniscono tutte le qualità desiderate o se le circostanze (tempo, difficoltà meteorologiche, ecc.) costringono gli utenti all'impiego di fotogrammi presi ad altitudini che non concordano perfettamente con le esigenze della scala finale richiesta.

Si noterà inoltre che far lavorare gli apparecchi al limite delle loro possibilità, spesso pregiudica il rendimento e che per una precisione ben definita, ogni concessione sulla qualità dello strumento si pagherà con una inevitabile riduzione di scala di presa, cioè in economia.

Riferendoci alla restituzione propriamente detta e considerando schematicamente che l'errore totale commesso su un dettaglio restituito è la somma dei termini relativi agli errori derivanti dall'identificazione dei dettagli, dal puntamento, dalla costruzione del modello, dalla sua riduzione in scala, e dal suo orientamento in rapporto al sistema di riferimento, dalla trasmissione al coordinatografo o al registratore, si vede chiaramente che per ottenere la precisione richiesta a grandi scale o in aereotriangolazione, occorrono strumenti (analogici, analitici, o stereocomparatori) precisi, che si basino su corrette concezioni geometriche, di accurata esecuzione, e muniti di organi di rettifica agevoli e stabili, dotati di rapporti d'ingrandimento sufficienti, che dispongano di un sistema di osservazione di alta qualità, che assicurino con eventuali appropriati correttori una riproduzione il più perfetta possibile dei fasci proiettivi, che permettano di limitare le deformazioni sistematiche e accidentali dei modelli, che assicurino, anche con rapporti di ingrandimento notevoli, una trasmissione precisa al tavolo da disegno, ecc...

Le prove sperimentali realizzate nel quadro delle commissioni A, B e C dell'OEEPE, confermano queste osservazioni.

In aereotriangolazione, qualunque sia il procedimento di osservazione e di compensazione applicato, è indispensabile realizzare buone osservazioni per raggiungere la precisione voluta.

Inoltre il rendimento dei metodi dipende spesso dagli errori sia sistematici che accidentali delle misure, cioè dalla precisione dello strumento utilizzato.

Naturalmente l'uso sistematico di questi procedimenti, richiede strumenti di precisione, sia analogici che comparatori. Non è facile raccogliere dati statistici validi e confrontabili sulla precisione ottenuta con procedimenti analogici e analitici. Benchè la semplicità degli strumenti e la facilità e regolarità delle correzioni conferiscano, in teoria, un vantaggio ai procedimenti analitici, sembra che mediamente, in pratica, i risultati differiscano di poco. Questa constatazione sembra indicare che le cause primordiali di errore sono ancora poco o male conosciute e che i mezzi per porvi rimedio o per prevenirle fanno ancora difetto. (Nel Santoni V le possibilità dei dispositivi di correzione sono più spinte. L'esperienza ne confermerà sicuramente l'efficacia).

La stessa cosa avviene nel procedimento chiamato aereopoligonazione.

In un recente studio Mr. Ackermann ha dimostrato, partendo da un modello semplificato, che, nella compensazione di un blocco aereotriangolato, la precisione delle coordinate planimetriche dipende dalla qualità del modello (cioè dalla scala di presa) che sarebbe indipendente dal numero delle coppie.

Dunque, se l'esperienza conferma queste teorie, la necessità di effettuare delle osservazioni precise conserva tutto il suo interesse e l'organizzazione delle operazioni e del materiale al fine di evitare i tempi morti assume una maggiore importanza economica.

Si è visto che alle grandi scale, i rapporti realizzabili fra scala di presa e quella della carta, impongono l'impiego di materiale di alta qualità per raggiungere la precisione voluta.

Come si vedrà in seguito, l'economia dei procedimenti porta alle stesse esigenze.

Per le piccole scale, invece, il problema si pone in modo diverso. La limitazione della

scala non deriva più da necessità di precisione ma dalla dimensione dei particolari nell'immagine. Essa dipende dalla necessità di distinguere e di identificare con sicurezza i dettagli da rappresentare poichè questi non sempre hanno dimensioni considerevoli.

Ne deriva che la copertura realizzata in vista di queste scale contiene, in qualche modo allo stato potenziale, un eccesso di precisione, che la preoccupazione dell'economia dell'insieme di operazioni porta ad eliminare entro lo strumento stesso.

In questo caso, la soluzione strumentale è determinata da motivi di economia.

La scelta degli strumenti si orienta normalmente su mezzi costosi, più semplici, e soprattutto più efficaci (rapidità, comodità, ecc...).

Questi strumenti devono poter utilizzare rapidamente ogni informazione contenuta nei fotogrammi, rispettando le tolleranze delle carte normali. Essi devono adattarsi a reti di appoggio la cui distribuzione è fissata dagli schemi classici del concatenamento aereo, ma la cui bontà è spesso disuguale e devono poter tener conto di dati ausiliari o di informazioni tratte da altre fonti.

Nel caso, in cui la restituzione si basi sull'anamorfosi dei fasci di raggi, è auspicabile che siano resi agevoli dei decentramenti, ecc...

Il costo di questi strumenti deve essere moderato, tenuto conto del fatto che sovente occorrono parecchi strumenti di questo tipo per assorbire, in modo continuo ed equilibrato, la produzione di coordinate d'appoggio assicurata dai mezzi di aereotriangolazione o dagli strumenti ausiliari adottati.

Conviene inoltre che questi strumenti si prestino con una sufficiente precisione a diverse combinazioni o metodi di disegno. Strumenti che si basano su principi geometrici approssimativi, troppo particolari, potranno avere solo un impiego limitato.

Occorre notare che, in seguito al miglioramento delle ottiche da un lato, e all'introduzione del supergrandangolare dall'altro, i dati del problema si sono un poco modificati nel corso di questi ultimi anni.

I casi in cui la scala delle fotografie è più grande di quella del rilievo tendono a diminuire.

Mentre qualche anno fa le fotografie si realizzavano all'incirca da 1/40.000 a 1/50.000 con obiettivo grandangolare, ora le riprese sono spesso eseguite fra 1/60.000 e 1/80.000 ma con obiettivo supergrandangolare.

Queste riduzioni di scale dei fotogrammi, accompagnate da un aumento dell'angolo di presa, migliorano sensibilmente i rapporti esistenti fra le scale delle fotografie e quelle della carta finale. Esse riducono il numero delle coppie da trattare.

Possono perciò apparire, in certo modo, come una causa di retrocessione del campo di applicazione di alcuni tipi di strumenti in favore di altri tipi.

Inoltre osservando che in alcune situazioni in cui la presa è disagiata e costosa, si dispone talvolta di coperture ancora inutilizzate e rispondenti alle antiche condizioni.

In questi casi, un esame accurato permetterà di prendere per ciascun caso particolare, le decisioni più opportune.

Bisogna infine notare che, benchè la precisione — che è caratteristica essenziale — e l'universalità siano stati i criteri di cui più si è tenuto conto nelle discussioni relative agli strumenti, esse non costituiscono i soli valori da considerare nella loro scelta.

A tale riguardo, i commenti pubblicati in occasione di una proposta di normalizzazione dei controlli degli apparecchi hanno stabilito che si doveva tener conto, nella valutazione del valore e delle qualità di uno strumento, di molti altri elementi oltre all'errore quadratico medio ottenuto sia nelle proiezioni sia nei modelli ottenuti con reticoli nelle diverse condizioni.

2.2. *Dettagli da rappresentare.*

La carta o il piano devono soddisfare a tolleranze di precisione ma anche di fedeltà.

Parecchi dettagli planimetrici hanno dimensioni troppo ridotte o appaiono in modo insufficiente per essere letti e identificati con sicurezza nei fotogrammi qualunque ne sia la scala. D'altra parte, l'economia delle operazioni porta ad evitare le lunghe soste o i ritorni sul terreno. In alcuni casi, l'accesso ai luoghi è del resto impossibile o troppo costoso.

Le grandi scale generalmente vengono richieste solo per luoghi più o meno conosciuti e relativamente limitati. Questo genere di scale esige una elevata precisione.

Esse comportano grande abbondanza di dettagli che spesso conviene rappresentare in scala in grandezza reale e in posizione corretta.

Le grandi scale fotografiche, la qualità e la semplicità dei sistemi di osservazione, di ingrandimento e di trasmissione degli apparecchi restitutori il cui impiego si impone per rispettare le esigenze di precisione, consentono di individuare e situare i particolari naturali o i punti segnalizzati, con sufficiente precisione e una piccola percentuale di perdite.

I rilievi alle scale medie implicano un certo grado di generalizzazione e stilizzazione dei dettagli da rappresentare sulla carta.

D'altra parte l'economia esige che le scale di presa siano le minori possibili e che la maggior parte degli oggetti possa essere identificata e riportata sulla carta, nella posizione relativa corretta, durante la restituzione.

L'attuale qualità delle ottiche permette di adottare, per realizzare una determinata precisione altimetrica, scale di presa più piccole o vicine a quelle della carta finale a patto che si utilizzino strumenti di precisione.

Riguardo alle carte a piccola scala, si è visto che la necessità di scoprire ed identificare i dettagli diventa il fattore determinante per la scelta della scala.

Queste carte sono molto convenzionali e schematiche. In planimetria, la densità dei dettagli da rappresentare è spesso scarsa. Le dimensioni relativamente ridotte di alcuni particolari importanti possono facilmente comportare omissioni o errori d'identificazione.

In alcune regioni, inoltre, le condizioni meteorologiche limitano le possibilità fotografiche e ne risultano delle coperture mediocri per regolarità e qualità.

Gli strumenti impiegati per la restituzione devono essere adatti alle circostanze. La loro precisione può essere relativamente minore, ma essi devono avere caratteristiche tali da consentire facilità di osservazione, di lettura e identificazione dei dettagli, e un elevato rendimento economico: un ottimo sistema di osservazione, a grande campo, marche ben dimensionate, comandi facili e rapidi, la possibilità di prestarsi a criteri di disegno diversi, ecc...

Il rapporto della commissione E dell'OEEPE dà interessanti indicazioni a tale riguardo.

2.3. *Presentazione dell'informazione.*

L'informazione topografica o cartografica ricavata dai fotogrammi — sia per raddrizzamento che per restituzione grafica, numerica o analitica — può, secondo le circostanze ed i fini perseguiti, essere vantaggiosamente presentata, sia direttamente, sia attraverso diverse forme intermedie che è facile vengono fornite isolate o combinate.

L'utilizzazione dei fotopiani e dei mosaici controllati non è recente. I loro vantaggi ed i loro inconvenienti sono ben noti. La realizzazione delle ortofotografie, generalizzando le condizioni di applicazione ed introducendo l'automatismo, e l'impiego dei calcolatori hanno contribuito ad approfondire la discussione sull'interesse delle diverse forme di pubblicazione dei risultati della restituzione, sulle loro caratteristiche, il loro grado di adattamento ai bisogni degli utenti, l'economia della loro produzione, ecc...

E' chiaro che sarebbe utile, attraverso il minor numero di intermediari possibile, ottenere l'informazione nella forma più opportuna per le esigenze dell'utente.

La realizzazione di soluzioni adeguate solleva dei problemi tecnici ed economici, sia sul piano dell'utilizzazione che su quello della produzione.

Si sa per esempio che il disegno, soprattutto a più colori, comporta tempi e spese supplementari.

La sostituzione di una fotografia allo sfondo planimetrico grafico, rappresenta un mezzo per evitare un certo numero di operazioni. La carta che ne risulta presenta un dettaglio abbondante e non convenzionale. La sua lettura richiede delle precauzioni, soprattutto se la scala è ridotta.

Si può tuttavia cercare di limitare l'influenza di queste operazioni di selezione sul tempo e il costo della produzione, realizzando direttamente all'apparecchio restitutore, in forma definitiva, una parte più o meno grande del tracciato, utilizzando per esempio la incisione (curve) o organizzandovi il disegno di dettaglio in colori separati, sia con la moltiplicazione delle basi del tracciato, sia con l'impiego di tinte che si prestino alla selezione fotografica dei dettagli, ecc...

La restituzione grafica produce una bozza che è la base della elaborazione successiva della classica carta topografica convenzionale. L'altimetria di questo documento può essere digitalizzata e memorizzata su nastri con l'ausilio di un «digital graphic recorder» e di un programma di calcolatore elettronico (funzione inversa del coordinatografo automatico). Il prodotto ottenuto chiamato anche carta numerica, rappresenta, in una forma numerica discreta, l'informazione che può essere ottenuta dalla carta predetta. Questa soluzione rende tale informazione direttamente utilizzabile dai calcolatori elettronici.

Una documentazione simile può essere ottenuta direttamente senza passare attraverso il tracciato delle curve, registrando direttamente su nastri o schede le quote restituite di un certo numero di punti distribuiti regolarmente o secondo la forma del terreno. Le coordinate così rilevate definiscono un modello numerico della zona.

E' ancora possibile ottenere, dal restitutore o dallo stereocomparatore, in chiaro o in codice, le coordinate planimetriche di un certo numero di punti. Dopo l'esecuzione dei calcoli previsti, queste possono essere riportate sul piano ed eventualmente raccordate tra loro, secondo leggi diverse, per mezzo di un coordinatografo automatico.

Questa documentazione può essere completata, in funzione delle circostanze, da un

fotopianò o da un ortofotopiano, con o senza aggravati di spesa.

E' evidente che tutte queste versioni di uno stesso terreno non offrono le stesse caratteristiche sebbene, per parecchie di loro, le condizioni di presa e di osservazione restino simili e che solo gli elementi di uscita siano modificati. Esse non si prestano in ugual grado, ad una utilizzazione generale ulteriore, nè ad un impiego veramente efficace in tutti i casi. Le condizioni di realizzazione variano secondo i procedimenti utilizzati (sovrapposizione, scala, rapporto d'ingrandimento, raccordo...). Il loro trattamento richiede mezzi diversi.

La carta fondamentale classica si rivolge ad utenti multipli che perseguono scopi molto diversi. Essa comporta una grande quantità di dettagli planimetrici ed altimetrici espressi sotto forme convenzionali. Essa presenta un certo carattere di permanenza e di generalità nell'uso. Il suo impiego non richiede nè una attrezzatura specializzata o costosa, nè una interpretazione particolare.

Non è la stessa cosa per un'informazione numerica che caratterizza, ad un determinato istante, lo stato di una zona destinato a subire modifiche profonde o rapide. L'uso di questa informazione è frequentemente particolare e richiede l'uso di un programma di calcolo elettronico.

Ma in ogni caso, l'informazione deve essere corretta, completa e facilmente utilizzabile.

Quanto agli ortofotopiani, la loro «norma» di utilizzazione è in via di elaborazione. Il loro campo di applicazione, il loro contenuto con le sue forme d'espressione, le loro trasformazioni fotomeccaniche sotto aspetti diversi formano oggetto di discussioni approfondite. La Commissione D dell'OEEP ne ha fatto un punto del suo programma.

Parecchi tipi di materiale destinato a produrli si trovano sul mercato.

La realizzazione di queste diverse forme dell'informazione cartografica pone un certo numero di problemi strumentali legati alle esigenze di precisione e di numero e tipo di dettagli da una parte, ai metodi di produzione, alla loro flessibilità, alla loro celerità ed al loro prezzo di costo dall'altra.

Non bisogna perdere di vista in effetti che l'elaborazione di alcune di queste forme di documentazione richiede normalmente, ma in misura variabile, la disponibilità di mezzi automatizzati.

3. *Produrre economicamente.*

L'aspetto economico riveste un ruolo di primaria importanza in fotogrammetria, in tal misura che, frequentemente la pratica non realizza casi di procedimenti teoricamente favorevoli poichè la loro applicazione richiede dei ricoprimenti longitudinali o trasversali considerevoli e la presa di un numero di coppie giudicato proibitivo (determinazione di elementi sovrabbondanti). Il costo di un rilievo deve essere proporzionato allo scopo perseguito.

L'economia generale dei procedimenti fotogrammetrici prescrive di volare ad una quota più alta possibile, tenuto conto delle esigenze alle quali bisogna soddisfare.

Ne deriva, come si è visto nel precedente capitolo, che con grandi e medie scale, conviene utilizzare degli strumenti di precisione. Impiegare apparecchi meno precisi significa, per conservare le stesse tolleranze, ridurre la quota di presa cioè perdere in rendimento ed aumentare le spese di produzione dell'insieme.

E' noto che la restituzione non interviene che per una percentuale moderata nella totalità delle spese ricorrenti. Una riserva s'impone dunque quando si esamina l'incidenza del costo degli strumenti di restituzione sull'economia generale dei lavori di rilievo. Tuttavia sul piano della scelta da operare tra diverse formule strumentali, questo fattore va studiato con interesse.

Il costo dei lavori è funzione di due fattori fondamentali, cioè: il prezzo dell'ora produttiva ed il tempo dedicato alle diverse operazioni (quantità di lavoro).

3.1. Nel costo dell'ora produttiva, due elementi principali intervengono: l'ammortamento del materiale e la mano d'opera.

Il tasso d'ammortamento dipende anzitutto dal prezzo di acquisto dell'apparecchio o del sistema strumentale utilizzato. Esistono diversi modi di stabilire il tasso di ammortamento. Apparecchi molto costosi sono giustificati soprattutto nei riguardi di un'organizzazione isolata, se realizzano un'alta precisione con una grande flessibilità d'impiego o ancora una celerità di produzione considerevole ed un'economia di mano d'opera qualificata e ad alto salario. E' in questo senso che si sviluppano i complessi automatizzati. Gli apparecchi universali del 1° ordine rispondono egualmente ai criteri sopra ricordati.

Il prezzo d'acquisto dello strumento deve comprendere l'importo degli accessori necessari per valersi della piena capacità e delle caratteristiche dello strumento di misura o renderlo adatto a eseguire i lavori richiesti. Tra questi accessori figurano per esempio i dispositivi correttori, gli organi per tracciare i profili, i riduttori o i trasformatori di fotografie, ecc...

Nei sistemi automatizzati, bisogna comprendere nel prezzo l'insieme dei componenti del gruppo strumentale.

Come pure, quando si restituiscono analiticamente i punti di un piano mediante le coordinate dei punti segnalizzati, bisogna tener conto del prezzo dello strumento di misura ma anche dell'incidenza del calcolatore, del coordinatografo automatico...

Altri elementi intervengono ancora nella stima dell'incidenza del materiale strumentale sul costo orario. Vi si devono includere le riparazioni ovvero i contratti di manutenzione i quali oltre alle spese che comportano, possono provocare la sospensione del lavoro allo strumento.

L'ammortamento è calcolato sia in base al presunto numero di ore di lavoro, sia in base a un periodo determinato al di là del quale lo strumento invecchia, perde la sua efficienza o è inadatto a trarre profitto dai progressi realizzati. Se il numero di ore di utilizzazione è scarso il peso dell'ammortamento cresce.

In ogni caso, è desiderabile evitare tempi morti prolungati, sia dell'apparecchio sia di uno dei componenti del sistema di produzione (tali sospensioni sono d'altra parte controindicate per conservare alcuni organi, quali i relais, in buono stato d'uso).

Analoga situazione può presentarsi allorchè non si è tenuto conto, al momento della scelta del materiale, del carattere di permanenza o di continuità dei lavori, della varietà o del volume di produzione, dell'incapacità di un apparecchio ad eseguire economicamente determinate operazioni o a trarre profitto dai miglioramenti dei procedimenti e degli strumenti.

Lo stesso vale quando un insieme strumentale — funzionante generalmente in modo piuttosto rigido — è stato male equilibrato.

In aereotriangolazione, per esempio, uno stereocomparatore può assicurare la utilizzazione di un numero considerevole di coppie in un anno. Convieni perciò accostargli un numero sufficiente di strumenti di restituzione grafica adeguati per consentire l'assorbimento regolare delle coordinate prodotte. Se il ritmo di restituzione non può seguire la cadenza dell'aereotriangolazione oppure questa è interrotta a causa dell'insufficienza di lavoro, sembra più economico fare appello a strumenti di triangolazione meno specializzati ed atti ad utilizzare questi tempi morti per altri lavori. (E' parimenti possibile realizzare restituzioni numeriche allorchè si presenti il problema).

In conclusione, sembra poco redditizio investire somme considerevoli in mezzi molto specializzati capaci di produrre abbondantemente ma di utilizzazione limitata se non si ha la certezza di poter rifornirli regolarmente o quando non si dispone del personale specializzato e qualificato che essi richiedono per assicurare la loro manutenzione ed il loro corretto funzionamento.

E' d'altra parte molto poco conveniente, quando bisogna soddisfare un certo numero di tolleranze o norme regolari, acquistare strumenti molto semplificati o con soluzioni geometriche approssimative le cui condizioni di utilizzazione sono ristrette, gli scopi limitati e il cui prezzo poco elevato si rivela, all'analisi ed all'esperienza, una falsa economia.

3.2 Il secondo fattore importante è il costo della mano d'opera.

Bisogna anzitutto notare che la produttività dipende dal carattere e dalle attitudini della mano d'opera e dal suo inquadramento ma anche dal metodo adottato, dall'organizzazione del lavoro e dall'equipaggiamento scelto, cioè dai mezzi di cui il personale dispone per aumentare il proprio rendimento e dalla loro adattabilità.

Il costo della mano d'opera risulta da due parametri: la qualificazione o la specializzazione del personale e la sua esperienza da una parte e la quantità di personale indispensabile per assicurare un funzionamento corretto dei mezzi dall'altra.

In quale misura occorre, per esempio, utilizzare due operatori allo strumento restitutore?

E' molto difficile rispondere a tale domanda in maniera assoluta perchè la decisione dipende essenzialmente da tre importanti fattori: l'ammortamento, il costo della mano d'opera e il guadagno di produzione.

Due aspetti sono validi: il costo di un operatore è inferiore a quello di un gruppo composto da un restitutista e da un disegnatore, oppure il costo di un disegnatore è ridotto rispetto al costo dello strumento e dell'operatore.

Tuttavia, più i tassi d'ammortamento degli strumenti sono considerevoli, più sembra logico prendere misure capaci di limitare i tempi morti nell'utilizzazione redditizia dell'apparecchio e di ridurre il tempo di esecuzione di un determinato lavoro.

D'altra parte, se il costo della mano d'opera è molto alto, l'influenza del fattore umano diventa considerevole soprattutto se si tratta di un apparecchio di ordine inferiore e poco costoso.

E' chiaro che alle piccole scale, per esempio, gli strumenti devono poter funzionare rapidamente e correttamente con un solo operatore. Alle grandi scale il costo strumentale è elevato e il tracciato è spesso discontinuo. E' quindi opportuno l'impiego di un disegnatore.

Alle scale medie, allorchè la planimetria è piuttosto densa, il disegnatore frena spesso

il restitutore quando lavorano in squadra di due persone. In questo caso, è buona norma adottare un metodo di lavoro tale che il restitutore possa lavorare solo per una parte delle operazioni e che un disegnatore sia capace di servire parecchi strumenti. Ne risulta spesso un frazionamento dei lavori ed il rifiuto di alcune operazioni esterne allo strumento.

L'organizzazione deve coordinare l'esecuzione. L'economia d'insieme è la risultante della economia di ciascuna delle fasi operative.

La maggiore efficacia dei procedimenti analitici di triangolazione comporta la riduzione dei tempi morti, la separazione delle fasi a un livello in cui il controllo è facile e le correzioni possono essere introdotte nel calcolo, la realizzazione di grandi velocità di operazione, ecc...

La ricerca della riduzione dei tempi e della limitazione della immobilizzazione degli strumenti mediante l'automazione comporta l'esecuzione di operazioni all'esterno dello strumento di misura propriamente detto. Il tracciato automatico delle curve richiede, in alcuni casi, il loro tracciato definitivo e la loro correzione da parte di un disegnatore competente al di fuori dello strumento. Ne risulta che l'incidenza dell'organizzazione e del controllo diviene notevole, ma essa non deve far perdere di vista le condizioni di miglioramento dei procedimenti stessi.

Il compromesso più favorevole dipende, in ogni caso, dalla natura del lavoro, dalle condizioni d'esecuzione, dal procedimento impiegato e dal rapporto esistente tra i costi e la qualificazione della mano d'opera e il tasso d'ammortamento da una parte ed il tempo d'esecuzione dall'altra. In alcune circostanze, questo fattore può essere determinante.

Quanto alla qualificazione, alla specializzazione del personale ed alla sua produttività, l'esperienza mostra che in generale operatori qualificati ed esperti meritano salari più alti ma che la loro produttività è anche più alta, che essi si adattano rapidamente ai diversi tipi di rilievi e di strumenti, che essi superano agevolmente e sicuramente le difficoltà del lavoro e che l'organico può essere perciò o più ridotto o impiegato in altri compiti.

Quando un'impresa importante dispone in numero sufficiente di personale qualificato e specializzato, è possibile ripartire i lavori in funzione delle attitudini e delle capacità particolari degli operatori ed aumentare così la loro produttività.

In ogni caso e qualunque sia il loro ordine, gli strumenti utilizzati devono possedere le condizioni favorevoli di impiego e disporre degli accessori eventuali che favoriscano la produttività del restitutore.

Quando si impiega personale qualificato, conviene evidentemente favorire l'accrescimento della produttività per esempio liberandolo in un certo modo dai lavori faticosi che richiedono poca iniziativa ed esperienza, provvedendo all'automatizzazione di alcune operazioni.

In un procedimento numerico, se si tratta di registrare le coordinate di un certo numero di punti, è preferibile, sia dal punto di vista del rendimento che da quello della sicurezza, procedere alla registrazione automatica di queste, direttamente mediante un accessorio che presenti una sufficiente fedeltà e sotto una forma utilizzabile nello stadio seguente (calcolo...).

Le qualità di sicurezza del sistema possono anche giustificare l'impiego quando la mano d'opera è poco qualificata ed il processo operativo è stato decomposto in operazioni semplici, registrabili su dei formulari-programma, controllabili ad ogni stadio, ecc...

Non bisogna tuttavia perdere di vista il fatto che l'automatismo implica una certa rigidità e che tale assenza di elasticità rende gli interventi esterni poco agevoli e costosi sia in tempo che in denaro.

I tempi morti rallentano l'uscita dei risultati finali. Il controllo e la manutenzione richiedono la presenza, permanente o per un tempo limitato, di specialisti qualificati ed esperti. La qualificazione del personale di controllo è elevata.

3.3. Il tempo d'esecuzione costituisce un'altro elemento importante del costo dei lavori.

In alcuni tipi d'organizzazione, i tempi di produzione possono giocare un ruolo determinante e condizionare i processi d'esecuzione e l'equipaggiamento. E' il caso per esempio di organi del Genio Civile.

La restituzione comprende sostanzialmente due parti: la formazione e l'orientamento assoluto del modello da una parte e la sua esplorazione dall'altra. E' durante quest'ultima fase che i dettagli planimetrici ed altimetrici sono riportati sulla carta e tradotti in coordinate. Bisogna perciò limitare il tempo totale d'esecuzione e la durata delle operazioni di orientamento che economicamente risultano un tempo morto.

L'importanza relativa delle due fasi operative varia secondo le scale. Alle grandi e medie scale, il tempo dedicato all'orientamento è in media dell'ordine del 10-11% (nelle regioni densamente popolate, questa percentuale può scendere a meno della metà). In questi tipi di rilievi, converrà adottare un metodo ed un'organizzazione capace di diminuire la durata del disegno e quindi di immobilizzazione dell'apparecchio, curando tuttavia che tali metodi non influiscano sui requisiti, nè sul costo dell'ora di lavoro, in modo proibitivo.

Questa durata relativa delle due parti della restituzione indica anche che nel metodo

numerico, quando si tratti di estrarre le coordinate di 250-300 punti in una coppia, la differenza del tempo di funzionamento fra uno stereocomparatore e un apparato analogico si riduce.

Per ciò che riguarda gli apparecchi, si comprende facilmente che essi devono possedere le caratteristiche che permettono di evitare i tempi morti del disegno ed anche dell'orientamento (casi di ritocco, ritocchi dovuti a difetti o a instabilità, esplorazione rapida dei modelli, ecc...).

A questo riguardo si può constatare che l'inversione delle basi permette il collegamento diretto di modelli successivi ma costituisce anche un aiuto interessante nella restituzione conservando l'orientamento delle minute di restituzione ed assicurando un controllo rapido dei punti di appoggio quando si cambiano le coppie.

Il tracciamento dovrà essere agevolmente controllabile, i centramenti delle matite facili, ecc... E' bene sottolineare che, in questo campo, i dettagli costruttivi hanno tutta la loro importanza (p. es. coordinatografo).

Se si tratta di ricavare coordinate sia in aereotriangolazione che in restituzione, è preferibile disporre di mezzi di lettura e di registrazione sicuri e rapidi, che non arrestino lo strumento di misura che per il tempo strettamente necessario.

La ricerca della massima efficienza ha fatto sì che nello stereocomparatore, non venissero effettuate allo strumento di misura che le operazioni di puntamento e di registrazione e che l'esecuzione delle altre fasi operative venisse eseguita su altri mezzi automatici e rapidi quali i calcolatori elettronici ed i coordinatografi automatici. Trattandosi di un mono-comparatore il puntamento può essere automatizzato ma interviene in tal caso una fase importante di transfert e di preparazione.

Evidentemente questa specializzazione delle operazioni modifica le condizioni d'esecuzione: il puntamento stereoscopico di lastre non orientate è, per esempio, più faticoso che in un modello formato.

Tuttavia in aereotriangolazione, per lastre di qualità normale, l'esperienza ha mostrato che, a parità di condizioni, il tempo di immobilizzazione dello strumento è del 40-50% superiore col metodo analogico che con quello analitico. L'esame dei tempi richiesti dalle diverse fasi sembra spiegare questo risultato statistico. Ne risulta che per uno stesso volume di lastre trattate, cioè per un determinato ritmo di produzione, gli investimenti in apparecchiatura e personale operatore stanno nello stesso rapporto. Tuttavia, secondo M. Bonneval e secondo l'esperienza francese, il costo totale e il tempo globale necessario per ottenere le coordinate, sarebbero dello stesso ordine in entrambi i metodi (influenza dei tempi morti nell'analitico, qualificazione del personale...).

Alle piccole scale, invece, soprattutto quando si tratta di coperture realizzate con camere grandangolari alle scale di circa 1/50.000, la superficie coperta da una coppia è relativamente ridotta e poco particolareggiata. Quindi, il tempo destinato alle operazioni di orientamento diviene proporzionalmente più importante. D'altra parte, la copertura dispone, come si è visto, di un potenziale di precisione in eccedenza ed i punti di appoggio utilizzati sono generalmente determinati per numeri di «templet» o di aereotriangolazione nonché utilizzando dati di strumenti ausiliari.

Ne deriva che gli apparecchi di restituzione devono essere manovrabili da un solo operatore, disporre di tutti i comandi che facilitano un'orientamento rapido dei modelli, permettere gli ingrandimenti e le riduzioni desiderabili per eseguire dei tracciamenti comodi e sicuri a scale talvolta relativamente vicine a quelle della presa (eventuale incisione diretta allo strumento), essere dotati di pantografi stabili, di un'ottica di buona qualità (campo, pupilla, definizione, marche...) etc.

Occorre inoltre fare uso di strumenti in numero sufficiente per assorbire la produzione di coordinate triangolate; cioè, poco costosi sia all'acquisto che nell'impiego.

La pratica dei supergrandangolari introduce delle condizioni supplementari per ciò che riguarda le distanze principali e gli angoli.

Dal punto di vista economico, vari metodi di lavoro (interpretazione, disegno...) sono applicabili ai restitutori quando si opera alle piccole scale.

Nel rapporto della Commissione E dell'OEEPE (pubblicazione ufficiale n. 2), si troverà un capitolo dedicato ai diversi procedimenti utilizzabili.

3.4. Infine, può essere interessante toccare un problema che si presenta con una certa insistenza in diversi organismi cartografici. Si tratta dell'aggiornamento delle carte esistenti. In alcune circostanze in cui i tempi sono molto importanti, è spesso ritenuto più conveniente compilare nuove carte partendo da vecchie reti d'appoggio opportunamente ricontrollate che eseguire nuovi rilievi, purché la qualità dei dati esistenti lo permetta. La situazione si differenzia evidentemente a seconda delle condizioni.

In un paese nuovo, carte a piccola e media scala appena realizzate sono talvolta rapidamente sorpassate in seguito all'esecuzione di quei lavori per i quali esse sono state ela-

borate.

Nei paesi con grande densità di popolazione e d'industrializzazione, lo sviluppo regionale modifica le strutture con un ritmo rapido ed i bisogni economici richiedono scale via via più grandi (caso del 1/10.000 e del 1/5.000).

In altri casi, sia sul piano nazionale, sia sul piano internazionale, le esigenze relative alla scala sono assai variabili.

La soddisfazione dei bisogni, in un tempo accettabile, porta a procedere in due modi: o eseguire direttamente nuove carte (1/50.000 e più piccole, 1/25.000 ed 1/10.000) oppure realizzare le serie richieste partendo dai dati di riferimento esistenti riesaminati ed eventualmente completati (in una sola volta, parecchie serie sono aggiornate).

Quando le condizioni d'esecuzione del disegno e della riproduzione fotomeccanica si concepiscono in modo diverso, tutti i procedimenti impiegati in questo secondo caso hanno una fase comune, vale a dire la revisione del supporto di base.

D'altra parte, sul piano tecnico, la letteratura relativa agli strumenti propone frequentemente quali apparecchi detti del 3° ordine siano indicati per l'aggiornamento.

Ci si può chiedere: in quale misura questa posizione è valida?

Alcune scuole preconizzano l'impiego di procedimenti di raddrizzamento fotografico o grafico — con assemblaggio o meno —. Questa tendenza si è affermata maggiormente in seguito allo sviluppo di apparecchi raddrizzatori analitici e di ortofotoscopi. Notiamo, di passaggio, che secondo i risultati pubblicati, sebbene rapide (ma faticose), le camere chiare non sembrano soddisfare le esigenze richieste per la maggior parte delle carte normali a scala media.

E' il caso di notare che il problema delle revisioni si pone generalmente in condizioni particolari. Le modifiche più importanti interessano generalmente la planimetria. Nel corso di un dato periodo, alcuni fatti sono più particolarmente soggetti a cambiamenti che altri (la loro natura varia secondo le regioni e le circostanze).

Si constata inoltre che l'evoluzione di taluni dettagli modifica la situazione in funzione della superficie mentre altri non l'alterano che in funzione della lunghezza etc...

Se il rilievo viene artificialmente trasformato, si tratta talvolta sia di modifiche introdotte convenzionalmente (sterri, riporti,...) sia di evoluzioni che richiedono un riaggiustamento altimetrico limitato.

Nella maggior parte dei casi, si può disporre, fin dall'inizio, dei manoscritti con le indicazioni convenzionali e separati, riprodotti meccanicamente sui supporti voluti, alle scale più opportune.

Il problema posto è dominato da fattori di tempo e d'economia. Dal punto di vista fotogrammetrico, si tratta anzitutto di definire le condizioni di presa (scale, angoli, emulsioni...) suscettibili di assicurare una identificazione agevole e sicura dei dettagli ed in numero più o meno limitato.

(Alcuni particolari non sono sempre percepibili sulle fotografie — vedi il rapporto della Commissione E dell'OEEPE).

Siccome nella maggior parte dei casi si tratta di dettagli, la precisione planimetrica relativa richiesta può adattarsi a rapporti di scala piuttosto considerevoli.

Tuttavia, questa condizione limitando il numero di coppie da trattare non s'accorda interamente con la necessità di leggere ed identificare facilmente i dettagli da modificare. Si può procedere sia adottando due coperture fotografiche realizzate eventualmente in stagioni distinte con emulsioni diverse, etc... sia scegliendo una scala di compromesso.

Per diverse ragioni, quest'ultima soluzione sembra attrarre l'attenzione di parecchi utenti. Quindi, sul piano strumentale, è chiaro che alcune analogie si presentano con le condizioni riscontrate nella cartografia stereoscopica a piccola scala.

I raddrizzatori grafici, fotografici e gli ortofotoscopi generalizzano l'applicazione della tecnica fondata sul principio del raddrizzamento.

Si è visto che diverse forme di presentazione dell'informazione non erano prive d'interesse. La loro utilizzazione quali intermediari nell'aggiornamento viene ugualmente studiata in vista d'evitare alcune operazioni di disegno (in questo caso, interessa sapere in quale misura la ricerca stereoscopica dei dettagli è redditizia).

La scelta di una soluzione dipende largamente dalle condizioni particolari incontrate nella pratica: l'universalità, la manutenzione, gli ammortamenti, la qualificazione del personale, etc...

Va inoltre notato che dai confronti dei tempi-operativi realizzati nei raddrizzatori analitici e negli apparecchi stereoscopici di tipo multiplex, risulta che le durate sono dello stesso ordine. Ciò non deve sorprendere se si analizzano i procedimenti e le prassi operative nei due casi.

Non è possibile entrare in dettagli ma la commissione D dell'OEEPE ha tenuto conto di questi problemi nel formulare il suo programma di lavoro.

4. *Tenere conto delle circostanze particolari.*

Le conclusioni alle quali si perviene basandosi sulle considerazioni enunciate più sopra non hanno un carattere assoluto. Esse possono essere modificate dalle circostanze.

Ci si può trovare in presenza di parecchie soluzioni equivalenti tra le quali bisognerà fare una scelta ed inoltre può essere opportuno modificare i risultati ottenuti in funzione delle condizioni particolari.

Ci limiteremo ad illustrare brevemente la portata di queste osservazioni riferendoci a tre fattori presi dal mazzo dagli altri, vale a dire:

1°) Le caratteristiche dell'impresa ed in particolare le sue dimensioni in funzione dell'importanza e della specializzazione della sua produzione.

2°) La mano-d'opera: la sua qualificazione (formazione ed esperienza), il suo inquadramento, la sua abbondanza sul mercato...

3°) Le condizioni materiali di lavoro: clima, manutenzione,...

4.1. Consideriamo il caso di un'organismo cartografico in una regione temperata e sviluppata. Il servizio pubblico incaricato di realizzare e di tenere aggiornata una infrastruttura cartografica comprendente la carta topografica di base normale e le serie derivate o speciali di tutto un paese, dispone dei mezzi materiali sufficienti all'esecuzione di tutti i lavori secondo un programma stabilito.

Gli strumenti sono adatti alla produzione tenuto conto delle due grandi componenti della scelta, cioè il rispetto delle tolleranze e l'efficacia economica. Studiati ed esperimentati in tutti i dettagli, i procedimenti sono codificati ed industrializzati in vista dell'ottenimento del massimo rendimento. Vengono apportati miglioramenti al sistema di produzione in funzione dei progressi realizzati negli strumenti e nei metodi.

L'insieme funziona come una catena di fabbricazione omogenea e razionale dotata di un potenziale importante in personale qualificato ed in materiale.

Strumenti di calcolo considerevoli lavorano a pieno impiego nel quadro d'insieme dell'attività. Lo stesso vale per gli altri mezzi e per il personale specializzato.

Gli apparecchi di fotogrammetria di precisione ed i procedimenti adottati per la carta fondamentale dispongono tuttavia di una grande generalità d'impiego (rapporti d'ingrandimento, correttori, etc.) che permettono loro di rispondere agevolmente ad eventuali lavori di diverso tipo o fuori serie.

L'organismo è dotato di un personale specializzato ed esperto, inquadrato tecnicamente e scientificamente.

Studi opportuni debbono essere stati eseguiti sia sugli strumenti che sui metodi, in vista di svilupparne l'efficacia.

L'appello all'automazione tende ad aumentare la produttività del personale qualificato.

Le caratteristiche tipiche dell'automatismo: assenza di elasticità, difficoltà di interventi accidentali nelle operazioni programmate (risultanti da funzioni decentralizzate), manutenzione periodica, necessità di personale qualificato e specializzato, non si traducono in difficoltà considerevoli. Inoltre, sia per i loro mezzi che per la loro esperienza, gli istituti rivestono di fronte alla collettività, una responsabilità scientifica alla quale non possono sottrarsi.

Se si tratta, in queste stesse regioni, di costituire un servizio incaricato di rilievi planimetrici a grande scala, l'organizzazione ed i procedimenti operativi potranno variare in funzione dello scopo perseguito e delle esigenze che ne derivano (ad es. secondo il tipo di catasto: giuridico, fiscale od economico). Le tolleranze severe, siano esse grafiche o numeriche, richiedono, come si è visto, degli strumenti analogici o degli stereocomparatori di precisione.

L'introduzione di un certo livello d'automazione mira, come nel caso precedente, ad amplificare le possibilità di produzione della mano d'opera e ad accrescere la celerità di fornitura delle informazioni.

Un'esempio caratteristico di questa tendenza può essere riscontrato nell'elaborazione di carte contenenti le coordinate planimetriche di punti segnalizzati.

Sullo strumento analogico di precisione i modelli sono formati ed orientati ad una scala e con un orientamento approssimativi. Le coordinate vengono perforate automaticamente su schede o su nastri. Se si tratta di uno stereocomparatore, le coordinate lastra sono misurate e registrate automaticamente.

Le coordinate misurate entrano quindi in un calcolatore ove vengono calcolate sia le triangolazioni sia i modelli singoli ed i risultati definitivi, a loro volta, vengono forniti sotto forma di liste in chiaro o in codice. Il riporto sulla carta, con l'eventuale raccordo dei punti, può essere realizzato automaticamente mediante un coordinatografo elettronico. Una siffatta organizzazione specializzata si preoccupa soprattutto della riduzione del tempo di consegna di risultati. Le dimensioni del servizio possono essere ridotte senza alterare la sua efficienza. L'uso dei calcolatori e l'esecuzione delle prese possono essere ottenuti con mezzi

diversi (contratti, etc...) in funzione delle circostanze e delle altre attività dell'impresa considerata.

Il problema si presenta diversamente quando bisogna allestire un ufficio privato di fotogrammetria di dimensioni limitate.

Questa impresa non ha né la garanzia di avere in permanenza un programma di lavoro sufficiente né la certezza di eseguire sistematicamente gli stessi lavori o far fronte alle stesse esigenze. Da un punto di vista economico, ne risulta che i suoi mezzi, meno potenti, in personale ed in materiale, devono disporre di una elasticità e di una universalità considerevoli.

E' evidente che il potenziale di una impresa aumenta con l'accrescersi della sua importanza. Il potenziale guadagna in importanza, diversificazione e specializzazione. I mezzi formano un assieme autosufficiente che esegue economicamente tutti i lavori che gli sono richiesti. E' questo il caso delle grandi imprese private di fotogrammetria.

4.2. Quando si deve procedere alla selezione del materiale in vista del sorgere di un servizio cartografico in regioni in via di sviluppo, le condizioni contingenti si moltiplicano ed esercitano una certa pressione sulla scelta.

In generale, le necessità sono considerevoli, diverse ed urgenti.

D'altra parte i finanziamenti concessi alla cartografia, spesso non sono all'altezza delle richieste considerevoli formulate nei programmi.

La mano d'opera, spesso abbondante in numero, manca talvolta di formazione e di esperienza ed il quadro dirigenti è poco numeroso.

Questo stato di cose comporta l'adozione di procedimenti operativi sicuri, semplici e standardizzati, richiede la coordinazione e la centralizzazione della esecuzione di lavori differenti. Le condizioni climatiche possono essere severe e richiedere un equipaggiamento particolare degli edifici per ottenere la conservazione delle lastre, l'utilizzazione e la preservazione degli strumenti...

L'impiego dei procedimenti di aereotriangolazione è fondamentale. Per ciò che riguarda la manutenzione e le riparazioni, si incontrano problemi complessi e costosi. Il ricorso a dei mezzi locali con grande capacità e molto specializzati è generalmente oneroso.

La meteorologia, a regime stagionale o meno, complica frequentemente la realizzazione di voli di buona qualità e l'ottenimento di fotografie al momento in cui si presentano dei lavori urgenti. Ne risulta che il servizio è spesso portato ad utilizzare delle prese che non possiedono le caratteristiche desiderabili in vista delle richieste e degli scopi stabiliti.

Quindi il soddisfacimento delle esigenze comporta talvolta l'adattamento di apparecchiature caratterizzate dalla precisione e da una maggiore comodità e sicurezza di identificazione e di puntamento, anche se esse sono più lente.

E' chiaro che soluzioni strumentali perfettamente giustificate in altre circostanze possono dare un rendimento discutibile nelle condizioni sopra considerate e che in generale l'adozione di strumenti sicuri e comodi è la più idonea per favorire il pieno impiego dei mezzi, evitare la disoccupazione o l'utilizzazione mediocre degli apparecchi.

Va da sé che le soluzioni, in ciascuna situazione particolare debbono essere adattate alle circostanze.

5. Le vedute precedentemente esposte non hanno per nulla la pretesa di aver esaurito l'argomento. Nel contesto di questa prima parte della relazione, tenuto conto del tema generale, era tanto più difficile entrare in dettagli più ampi e più precisi in quanto altri conferenzieri molto qualificati si erano proposti di trattare punti importanti relativi agli strumenti nel corso di altre sedute.

Una letteratura notevole fornisce d'altra parte tutte le indicazioni desiderabili sulle caratteristiche e le capacità degli apparecchi e sui loro risultati pratici e sperimentali.

Le pubblicazioni dell'OEEPE sono ricche di riferimenti e di cifre. Vi è tuttavia un'ultima osservazione che sembra opportuna allorché si pone la questione della scelta del materiale strumentale: un'apparecchio, per quanto perfetto, deve essere utilizzato con cognizione di causa per ottenere il risultato sperato.

In altri termini, il problema degli strumenti non può essere distinto da quello dei procedimenti, soprattutto in aereotriangolazione.

Alcuni tipi di apparecchi hanno raggiunto un altissimo grado di perfezione: i tests su reticoli ne sono la prova. Ma ogni realizzazione, ottico-meccanica o di altro tipo è soggetta ad errori che devono essere eliminati nel corso della misura o ridotti col calcolo. E' pur vero che i risultati sperimentali hanno dimostrato che, nella restituzione, gli errori strumentali non sembrano porre problemi determinanti e che altre cause (la geometria e la qualità dell'immagine per esempio) influenzano considerevolmente i valori ottenuti.

In aereotriangolazione, come si sa, le interazioni degli errori, di origine e di carattere molto diversi, sono complesse ed i loro effetti, anche se si tratta di uno strumento semplice come uno stereocomparatore, non sono eliminabili con metodi così comodi quanto quelli utiliz-

zati col teodolite in topografia classica.

Gli errori residui hanno dimostrato che il problema di una eliminazione degli errori che soddisfi gli operatori ha importanza capitale.

I procedimenti di compensazione dei blocchi costituiscono una soluzione pratica e valida di un interesse indiscutibile. Essi sono verosimilmente ancora perfetibili con l'introduzione di un maggior rigore negli elementi di partenza e nella formulazione della condizione. Tuttavia si tratta di una compensazione nel vero senso della parola e ci si può chiedere se questo metodo — efficace senza dubbio — non contribuisca a smascherare, in qualche modo, una certa impotenza nel tener conto delle leggi reali di propagazione degli errori. I tests eseguiti dalla Commissione B dell'OEEPE pervengono alla conclusione che gli errori residui sono ancora considerevoli se li si paragona agli scarti ottenuti negli stessi modelli restituiti separatamente. (Vedi pubblicazione ufficiale n. 11).

La questione che può porsi, una volta di più, è quella di sapere in quale misura i procedimenti operativi potranno trarre maggior profitto dalle possibilità degli strumenti e dei materiali da una parte e dai dati contenuti nelle fotografie stesse dall'altra.

A tale riguardo, sebbene i risultati conosciuti non appaiano significativi ed il loro interesse sia limitato, le camere reticolate sembrano apportare un elemento nuovo.

Mi sembra che la ricerca sperimentale abbia ancora un considerevole campo di studi, sul piano dei problemi fondamentali e dello studio degli errori e dei mezzi per eliminarli o per ridurli.