

Invited Paper n. 1.2.

L'APPORTO DELLA RICERCA SCIENTIFICA ALLO SVILUPPO DELLE METODOLOGIE DI RILEVAMENTO AEROFOTOGRAMMETRICO

Prof. LUIGI SOLAINI

Direttore dell'Istituto di Geodesia, Topogr. e Fotogrammetria, Politecnico, Milano

1 Questo Convegno ha per argomento la organizzazione tecnico-industriale di un Ente di produzione fotogrammetrica; esulano perciò dalle nostre conferenze e dalle discussioni problemi e temi specifici di ricerca scientifica. Mi è sembrato tuttavia che parlando di una industria moderna e ad alta specializzazione tecnica quale è la fotogrammetria, la scienza non potesse essere ignorata e dovesse far sentire la sua voce, proprio perché essa è il fondamento indispensabile, anzi direi la struttura portante di una tecnica razionalmente intesa.

So benissimo di dire una cosa del tutto ovvia, perché la necessità della ricerca scientifica è ormai riconosciuta in tutti i rami della tecnica e della industria, ma la fotogrammetria ha qualche carattere particolare che è bene sottolineare.

Le Società private o gli enti pubblici fotogrammetrici non raggiungono mai le dimensioni di una grande industria; spesso sono anzi piccole aziende di carattere quasi artigianale, e solo in alcuni casi raggiungono le dimensioni di industrie medie. Non è possibile quindi in generale la costituzione nel loro seno di centri e laboratori di ricerca consistenti; esistono solo poche, ma importanti eccezioni a questa constatazione. Ne deriva che la indagine scientifica viene svolta prevalentemente nelle Università o in Centri specializzati, che hanno però caratteristiche eminentemente universitarie.

Questo fatto conduce ad alcuni inconvenienti, alcuni propri della ricerca libera, altri derivati dall'insufficiente collegamento tra Università e Industria, quando non si giunge addirittura a concezioni antitetiche di non considerazione di ogni problema pratico da una parte, e dall'altra di un timoroso sospetto verso l'attività scientifica, che si ritiene sempre troppo lontana dai problemi che un industriale deve affrontare tutti i giorni.

Se la ricerca di base, pur nella sua astrazione, è estremamente feconda anche per le future applicazioni pratiche e va gelosamente salvaguardata, non è giusto, anche se giustificabile e comprensibile, il secondo atteggiamento, prima di tutto perché priva i tecnici di apporti di grande importanza, in secondo luogo perché

toglie loro la possibilità di una solida formazione culturale, che deve essere sempre aggiornata e finalmente allontana gli studiosi da una quantità di problemi ai quali potrebbero dare un contributo di impostazione razionale e soluzioni logiche, spesso più semplici di quelle escogitate empiricamente.

Non voglio dare l'impressione che manchi oggi un serio contatto tra ricerca e applicazione; ciò non è vero, anzi il contrario è talvolta assai stretto. Desidero solo sottolineare la sua crescente necessità nel modo più generale possibile, cioè non solo negli Enti operativi più grandi ove esistono veri e propri scienziati di grande valore internazionale, ma anche nelle piccole industrie, che non possono permettersi questo lusso.

Cercherò ora di esaminare, nei modesti limiti di tempo consentiti da una conferenza come questa, quali sono i campi in cui più strettamente la collaborazione tra scienza e tecnica può attuarsi ed i modi più idonei per renderla efficace.

Non potrò evitare una sovrapposizione con gli argomenti trattati da altri oratori e me ne scuso fin d'ora; cercherò tuttavia di limitare il mio discorso alle relazioni tra scienza e tecnica, senza entrare in questioni organizzative, o strettamente tecniche.

2 Consentitemi, poiché lo ritengo di una certa utilità, di ripercorrere in modo estremamente succinto le tappe fondamentali degli studi di fotogrammetria, almeno quelle che più hanno avuto importanza nelle applicazioni.

Ricordiamo anzitutto gli studi geometrici iniziali, in cui primeggia l'opera di S. Finsterwalder, i quali hanno chiarito a fondo le proprietà proiettive dei fotogrammi e soprattutto delle coppie dei fotogrammi, aprendo la via al concetto così fecondo dell'orientamento relativo; il problema dell'orientamento esterno dei fotogrammi, che ha dato l'occasione ad un numero impressionante di pubblicazioni e in cui v. Gruber ha dettato regole rimaste valide tutt'oggi, da quel Maestro che era; l'analisi dettagliata, talvolta quasi spietata, degli strumenti restitutori e delle loro condizioni di funzionamento, che ha contribuito certamente e in misura non piccola, a fornire agli ideatori nuove idee e suggerito perfezionamenti; gli studi sulla precisione dei rilievi fotogrammetrici, che ha permesso dapprima l'affermazione universale del nuovo metodo di rilievo, vincendo riserve e opposizioni, talvolta fortissime, mentre in un secondo tempo ha condotto alla conoscenza di ciò che la fotogrammetria può dare nelle diverse condizioni, a scegliere per ogni rilievo i metodi più convenienti di presa e di restituzione, a stabilire norme per la verifica della precisione e per i collaudi.

Sono venuti poi i problemi della triangolazione aerea, radiale e soprattutto spaziale; essa ha aperto un nuovo, immenso campo di indagine teorica e sperimentale e gli studi sono ancora in pieno rigoglio. Ricordiamo tutti la classica memoria di v. Gruber che dette le prime norme per la compensazione delle strisciate; le incertezze e le disillusioni che per lungo tempo hanno tormentato gli studiosi per le misteriose « rotture »; i primi dubbi che gli errori accidentali potessero avere una importanza mai prima sospettata; il fiorire di numerosi metodi di compensazione, uno migliore dell'altro, in teoria, mentre in pratica si rivelavano tutti poveri nello stesso modo; la introduzione di elementi di orientamento esterno indipendenti dal concatenamento, la loro lunga stasi e il nuovo interesse che ora susci-

tano; finalmente l'introduzione dei blocchi, resa possibile dalla diffusione delle calcolatrici elettroniche e il fiorire dei metodi di compensazione.

Si è verificato per la compensazione dei blocchi qualche cosa di simile a quanto è avvenuto per le strisciate, cioè si sono sviluppati numerosi procedimenti e inevitabilmente sono sorte le discussioni sulla loro più o meno grande flessibilità, sul loro rigore, sulla loro convenienza economica.

Queste discussioni, anche se talvolta non del tutto obbiettive, e perciò poco costruttive, hanno condotto già a risultati pratici di notevole importanza, grazie allo sviluppo notevole, concettuale ed operativo, della teoria degli errori e alla possibilità di vasta applicazione numerica di complessi algoritmi matematici. Inoltre essi hanno mostrato la necessità di un ripensamento approfondito del processo fotogrammetrico, ad un esame dettagliato della sua struttura, ad una critica delle varie operazioni; esse hanno lo scopo e la speranza di poter arrivare nel modo più spinto possibile a scoprire il meccanismo col quale si generano gli errori nelle varie fasi della presa e della restituzione e quindi a stabilire con maggior rigore di quanto si possa fare oggi i procedimenti operativi e soprattutto i metodi di compensazione. Se si vuole, si torna in parte alle origini degli studi fotogrammetrici, ma con un bagaglio vastissimo di esperienza e con strumenti matematici molto più raffinati.

D'altra parte gli studi teorici sono affiancati da una intensa attività sperimentale, spontanea e in collaborazione; queste ultime ricerche costituiscono un elemento indispensabile in una scienza applicata quale è la fotogrammetria.

Mi preme sottolineare particolarmente gli esperimenti eseguiti per mezzo di collaborazione internazionale, sotto l'egida della S.I.P. e della O.E.E.P.E., poiché ad essi partecipano, oltre agli Istituti universitari e di ricerca, anche organizzazioni industriali e quindi costituiscono un contatto diretto tra scienza e tecnica, tra ricerca e applicazione.

3 Cerchiamo ora di approfondire un poco l'argomento di questa conferenza esaminando i campi principali in cui la ricerca scientifica contribuisce ad un sano sviluppo dell'attività industriale e i modi con i quali tale contributo può essere incrementato. Esamineremo succintamente le questioni della preparazione del personale, della scelta delle attrezzature strumentali, della formulazione dei progetti di insieme dei rilievi, della esecuzione dei rilievi stessi nelle loro varie fasi e finalmente della esecuzione dei collaudi.

L'accostamento di un problema che si può chiamare didattico come quello della preparazione del personale alla ricerca, può sembrare azzardato e poco pertinente. In realtà esso deriva dal fatto che gli istruttori devono essere dei ricercatori, cosa del resto normale in tutte le Università; è mio convincimento però che nel caso della fotogrammetria si debba fare ricorso ad insegnanti qualificati non solo per la preparazione del personale dirigente e quindi laureato, ma anche per quella dei tecnici diplomati ai quali, almeno in Italia, ma forse anche altrove, si insegna solo a compiere determinate operazioni, senza dar loro una visione di insieme, limitata, ma coerente e abbastanza completa, dei fondamenti della fotogrammetria e del perché si eseguono le varie operazioni in un determinato modo, del perché si ottengono certi risultati e così via.

Una formazione ragionevolmente completa di un operatore fotogrammetrico non richiede un tempo molto lungo ed ha invece un valore umano e produttivo che ripaga largamente della spesa sostenuta. Il tecnico fotogrammetrico deve infatti sentirsi partecipe coscientemente della produzione della sua azienda, deve essere convinto di poter mettere a disposizione non solo un'abilità puramente meccanica, ma una collaborazione intelligente e del tutto paritetica, nelle sfere delle rispettive competenze, con quella dei dirigenti. Solo in tali condizioni il suo lavoro sarà svolto con convincimento e con passione e meriterà la piena fiducia che un Ente industriale deve poter riporre nei propri impiegati, dal primo all'ultimo.

Una preparazione come quella indicata non può essere svolta solo in campagna o in sala di restituzione, ma abbisogna di corsi teorici e di vere e proprie esercitazioni, che non devono essere tirocinio, ma studio, svolto sotto la guida di chi possa discutere con l'allievo i risultati con un continuo richiamo ai principi generali, in modo che nella sua mente teoria e pratica si compenetrino e la prima non resti un insieme di nozioni e di formule pressoché prive di significato.

Naturalmente più impegnativa è la formazione di laureati, destinati ad essere i dirigenti tecnici di un'azienda o di un suo settore. Per essi l'istruzione teorica diviene preminente e deve essere fatta nel modo più completo e più moderno, tale cioè da consentire l'uso dei procedimenti matematici usati non solo nelle pratiche applicazioni, ma anche nelle ricerche teoriche, da permettere di applicare senza incertezze la teoria degli errori nella valutazione delle precisioni e nella esecuzione delle compensazioni, da dare una conoscenza approfondita e non solo descrittiva delle apparecchiature, dei vari procedimenti, del gran numero di problemi talvolta assai complessi che il rilievo fotogrammetrico pone.

L'ingegnere fotogrammetra è insomma l'uomo chiave di un organismo industriale e deve essere lui l'elemento di collegamento con i ricercatori. Per questo egli deve essere in grado di aggiornarsi continuamente con i risultati delle ricerche, anche quelle più astratte, di porre agli studiosi i problemi nuovi che la pratica professionale pone senza sosta ad una mente attenta e preparata, discuterli con loro ed anche in non pochi casi contribuire alla loro soluzione.

Non credo che queste idee siano utopie di un professore; l'industria ha bisogno, in tutti i suoi rami, di tecnici ad alto livello scientifico e a questa legge non si sottrae la fotogrammetria. L'Università, salvo poche eccezioni, non dà una preparazione sufficiente, per cui è necessaria una specializzazione post-laurea, che non deve avere necessariamente un carattere didattico, ma può essere fatta presso gli Istituti di ricerca, sia perché gli allievi hanno già una maturità scientifica generale tale da consentire loro uno studio parzialmente autonomo, sia perché nel contatto individuale prolungato con gli studiosi, si stabilisce un rapporto di interessi culturali e umani estremamente utile alla successiva collaborazione a cui ho prima accennato. Ho avuto qualche esperienza personale in proposito, con esito veramente felice.

Non so se le poche idee che ho detto sono in accordo o in contrasto con quelle che vi esporrà più ampiamente il prof. Schermerhorn nella sua conferenza; non sono entrato di proposito nei dettagli della preparazione professionale, poiché non è questo il mio compito. Ripeto che quanto vi ho detto riflette solo la mia convin-

zione della necessità di un collegamento stretto e a vari livelli, tra i Centri di studio e le ditte fotogrammetriche, soprattutto nell'interesse di quest'ultime.

4 La evoluzione ed il perfezionamento degli apparati di presa e di restituzione sono indubbiamente merito soprattutto delle industrie e di alcuni uomini singolari per la loro fertile inventiva. Non mancano tuttavia strumenti importanti ideati e studiati in laboratori di ricerca e altri, anche assai recenti, che hanno derivato le idee fondamentali da studi teorici. Ma non è questo il contributo principale dato dai ricercatori; esso consiste piuttosto nella rigorosa sperimentazione, diretta o indiretta, che gli Istituti scientifici stanno conducendo da almeno quarant'anni, senza soste.

Intendo per sperimentazione diretta lo studio delle qualità intrinseche dello strumento, della sua stabilità, della sua precisione, della possibilità e convenienza del suo uso per determinati procedimenti e così via. Considero questo lavoro di analisi, di critica talvolta anche dura, una collaborazione preziosa data alle Case costruttrici e in senso generale, perché indica a tutti e non solo a chi ha realizzato un determinato strumento, le soluzioni che si rivelano brillanti e quelle meno; i difetti a cui occorre porre rimedio, le limitazioni non necessarie che possono incidere sul rendimento complessivo di un apparato; talvolta addirittura contengono indicazioni su modifiche o nuove soluzioni.

La sperimentazione indiretta, la quale consiste nello studiare determinati procedimenti e porta perciò anche ad un giudizio sugli strumenti impiegati, ha un'importanza forse maggiore per gli utilizzatori, poiché considera le apparecchiature nel loro impiego, cioè in condizioni spesso assai simili a quelle di lavoro normale e quindi fornisce criteri di scelta più semplici e più indicativi.

Riconosco che non è facile dedurre questi criteri dalle singole ricerche sperimentali; è piuttosto il loro insieme che forma una coscienza generale nel campo di applicazione delle diverse categorie di apparati e finisce per dare indicazioni molto precise a chi deve dotare un'industria fotogrammetrica di un complesso di apparati, armonico e bene rispondente ai bisogni della sua produzione.

La scelta è molto più facile per le organizzazioni pubbliche, le quali hanno un compito ben definito, che non per le aziende private, le quali spesso non possono limitarsi ad una specializzazione spinta, ma devono essere pronte ad affrontare indifferentemente la costruzione di carte urbane a grande scala e la redazione di carte a scala media su notevoli estensioni. Occorre in quest'ultimo caso una grande flessibilità, raggiunta senza spese troppo forti per l'acquisto di strumenti che sono spesso male utilizzati o addirittura non utilizzati e quindi la dotazione strumentale deve essere studiata con grande oculatezza, senza pregiudizi, tenendo conto di tutti gli elementi a disposizione, non ultimi quelli che gli scienziati col loro lavoro paziente e il loro giudizio sereno, hanno raccolto nei laboratori.

5 Lo studio del programma di un rilievo ha assunto un'importanza sempre più grande, in conseguenza dello sviluppo industriale della fotogrammetria e quindi della concorrenza, che è diventata assai forte e che permette solo alle aziende ben organizzate e intelligentemente condotte di sopravvivere. Si tratta di un problema

essenzialmente economico, che deve essere risolto con mezzi tecnici, cioè attraverso la scelta dei procedimenti piú appropriati, volta per volta.

Tolte rare eccezioni, il problema tecnico di produrre una carta fotogrammetrica che risponda ai piú severi requisiti, si può dire ormai superato e da parecchio tempo. Ciò che si deve raggiungere è di ottenere una carta che risponda veramente ai requisiti richiesti, al minor costo possibile e nel piú breve tempo possibile.

La concorrenza fatta abbassando i prezzi al limite o magari al disotto del costo di produzione, con la speranza di poter realizzare nel processo produttivo economie piú o meno lecite, non è una concorrenza industriale concepibile e conduce inevitabilmente un'azienda a situazioni economiche estremamente difficili.

La vera, sana concorrenza, che è stimolo di progresso e di perfezionamento tecnico, consiste nello studiare caso per caso le modalità operative piú appropriate, tenendo conto dei progressi piú recenti, purché sicuri, della tecnica e della ricerca scientifica.

Per questa ragione ho insistito prima sulla necessità che i dirigenti delle ditte fotogrammetriche siano bene preparati anche teoricamente e continuamente aggiornati.

Il pericolo di indugiare su schemi di rilievo abitudinari, su idee cristallizzate e ritenute intangibili è grave quando in una ditta non c'è chi ha tempo e capacità di studiare, di pensare e anche di provare.

Oggi grandi lavori sono appaltati attraverso gare internazionali; molto spesso nel bando di appalto sono stabilite delle precisazioni, ma si lasciano liberi i concorrenti di proporre varianti o nuovi schemi; è una collaborazione che viene chiesta giustamente, perché il programma iniziale è redatto da un uomo il quale sa bene, o almeno dovrebbe saperlo, di non essere il solo possessore dello scibile fotogrammetrico e che quindi chiede il parere di altri uomini qualificati, nel comune interesse.

Questa collaborazione deve essere data con lo spirito piú largo e senza timore se si ha fiducia nella competenza, nell'apertura mentale e anche nella serenità di giudizio del Committente.

So bene quale invece è l'esitazione di chi deve offrire, quando crede di potere o dovere proporre schemi diversi di quelli indicati in un bando; su questo argomento ci sarebbe molto da dire, ma esso esula del tutto dal nostro discorso e perciò permettetemi di non dilungarmi su di esso, ma di insistere ancora una volta sulla necessità di uno studio approfondito nelle proposte da fare, di una presentazione logica, tecnicamente ineccepibile delle ragioni che hanno condotto a proporre un certo schema, di una coscienza intima di essere nel giusto, che solo può derivare dal binomio cultura ed esperienza.

A parte questi problemi di gare internazionali, pure essenziali per le aziende di certe dimensioni, tutti i rilievi richiedono molta elasticità nella preparazione dei programmi, dalla scelta oculata della scala media dei fotogrammi, alla preparazione dei punti a terra, alla loro determinazione, all'uso eventuale della triangolazione aerea, al procedimento di restituzione, alla stima della convenienza o meno di integrazione con misure sul terreno.

Le ricerche sperimentali effettuate dalla S.I.P. e dall'O.E.E.P.E. danno elementi di grande interesse; oggi si sa con certezza quale è la precisione che può

essere realmente raggiunta nella restituzione a grande scala, sia nella posizione assoluta dei punti, sia in quella relativa; si conosce che cosa ci si può attendere dalla esecuzione di blocchi connessi con la triangolazione aerea, sia alle grandi che alle piccole scale, mentre studi in corso daranno una risposta al quesito delle dimensioni dei blocchi utili per le scale intermedie (1:10 000 e 1:20 000). L'introduzione dei telluometri ha cambiato radicalmente i procedimenti per la determinazione dei punti di appoggio; la fotogrammetria numerica e quella analitica, consentono di risolvere rapidamente problemi di carattere particolare, quali quelli relativi ai rilievi per i progetti stradali, alle sistemazioni fondiari, ai rilievi catastali di precisione, ecc.

L'introduzione dei fotopiani e dell'automazione nella fotogrammetria porteranno infine a notevoli rivoluzioni nei procedimenti di restituzione; oggi sono in una fase iniziale e ancora una volta una vasta e sistematica sperimentazione sarà necessaria per dare agli utilizzatori gli elementi necessari per sapere quando e in che limiti i nuovi procedimenti potranno essere utilizzati.

Naturalmente l'elasticità dei metodi richiede abbondanti attrezzature e quindi spese di impianto notevoli, che si possono realizzare solo in aziende di certe dimensioni. Non è mio compito entrare in questi argomenti che saranno trattati da altri, ma non posso esimermi dal dire la mia convinzione che anche nella fotogrammetria la concentrazione industriale o la stretta collaborazione tra diverse ditte diviene indispensabile. D'altra parte è possibile sempre il ricorso all'aiuto ad Enti di ricerca, i quali possono utilmente collaborare allo studio dei programmi, alla esecuzione di alcune misure particolarmente delicate (ad es. la triangolazione aerea analitica), all'esecuzione o preparazione di calcoli complessi, ecc.

Si potrà dire che quest'opera di consulenza toglie agli Istituti scientifici tempo e personale che dovrebbe essere dedicato esclusivamente agli studi; ciò è vero, ma ha d'altra parte il vantaggio di tenerli in perenne contatto con i problemi vivi della fotogrammetria e di suscitare anche idee per indagini e per la soluzione di certi problemi.

6 Altro elemento essenziale per la efficienza di una ditta fotogrammetrica è la ordinata organizzazione interna e la rigida osservanza di disposizioni circa il controllo e la manutenzione degli apparati, che nessun lavoro urgente deve fare trascurare. Anche in questo compito puramente organizzativo la mentalità scientifica, che abitua ad un sistematismo logico rigoroso, ha una notevole importanza. Bisogna cioè introdurre tutte le norme necessarie, ma eliminare anche quelle inutili; in questo compito è certamente necessario conoscere bene le proprie apparecchiature, gli studi che su di esse sono stati eseguiti, crearsi una esperienza interna con metodo razionale sul comportamento degli strumenti. Non si tratta di ricerca scientifica, ma piuttosto di applicazione del metodo o meglio dello spirito sperimentale, cioè razionale e critico, alle necessità pratiche.

Una parola a parte va detta a proposito dei calcoli, pur sempre necessari nella fotogrammetria, indispensabili tutte le volte che si ricorre ai procedimenti numerici ed analitici.

L'uso del calcolatore elettronico deve divenire una abitudine quasi generale, anche quando non è strettamente indispensabile. A quanto so, non sempre ci si

affida volentieri a questo potente mezzo di calcolo, sia per la difficoltà di preparazione dei programmi, sia perché solo poche grosse aziende possono avere un calcolatore proprio, sia per la abitudine ormai inveterata di schemi di calcolo tradizionali. Ormai esistono programmi già fatti per tutte le possibili operazioni topografiche e fotogrammetriche e se ne occorrono di nuovi, i moderni procedimenti di programmazione sono talmente semplici, da non costituire davvero una difficoltà. I calcolatori sono estremamente diffusi e qualunque ditta può trovarne facilmente uno a sua disposizione quando gli è necessario. Finalmente bisogna tener presente che il calcolo elettronico è nettamente più economico ed estremamente più veloce di quello con la calcolatrice normale e fornisce molti dati in più con grande facilità. Un esempio banale è quello della determinazione dei punti di appoggio con intersezioni multiple; il calcolo elettronico consente la determinazione delle coordinate dei punti mediante la applicazione rigorosa del metodo dei minimi quadrati e il calcolo dei loro errori medi; tutto ciò in pochi minuti secondi.

A parte queste semplici applicazioni, citerò l'orientamento assoluto numerico, prezioso nella fotogrammetria numerica; i calcoli relativi alle applicazioni speciali a cui ho prima accennato e in particolare a quelli delle aree e dei progetti stradali, nonché, naturalmente le compensazioni delle triangolazioni aeree e i calcoli relativi alla fotogrammetria analitica.

Ci si può domandare che cosa ha a che fare tutto questo con la ricerca scientifica; una volta stabiliti i procedimenti diventano metodi di routine, ma dietro i programmi sta un lavoro di studio scientifico per la scelta dei procedimenti più opportuni di calcolo, per la selezione dei programmi più convenienti ad ogni rilievo da eseguire, un lavoro di critica e di affinamento continui, che derivano direttamente dalla ricerca.

Oltre ai procedimenti di calcolo già entrati nell'uso comune, sono da considerare i numerosi metodi ancora in fase di sviluppo. Tra essi, desidero accennare agli studi per la valutazione della precisione di una triangolazione aerea compensata col metodo dei blocchi, le ricerche sulla migliore distribuzione dei punti di appoggio per la esecuzione della compensazione stessa e così via.

Gli ultimi studi hanno portato ad un risultato del tutto singolare e di notevole interesse pratico; si è trovato cioè teoricamente che nella compensazione planimetrica di un blocco i punti noti nel suo interno sono praticamente inutili, mentre quelli che contano sono quelli distribuiti nel contorno. Questo risultato deve essere confermato sperimentalmente, ma modifica notevolmente la prassi corrente e semplifica i procedimenti operativi.

Finalmente una sana organizzazione interna del lavoro, che non esito a chiamare scientifica, deve permettere all'operatore fotogrammetrico di controllare ogni fase del rilievo, in modo che esso si appoggi sempre su basi sicure. Il rilevatore deve essere cioè il primo collaudatore di se stesso, affinché anzitutto possa essere sicuro della carta che presenta al committente e in secondo luogo perché attraverso un esame critico dei risultati ottenuti, sia in grado di ricavare preziosi insegnamenti per il perfezionamento ed anche per la semplificazione dei procedimenti adottati. L'esame e la critica dei risultati è opera di carattere essenzialmente scientifico e si giova senza alcun dubbio dei metodi di analisi, dei criteri di valutazione della precisione e anche dei risultati sperimentali propri della ricerca.

Sarebbe a mio parere di notevole utilità che ogni rilievo fosse accompagnato da una relazione tecnica, contenente tutti gli elementi per giudicare il lavoro fatto; tale relazione è obbligatoria in molte opere di ingegneria e non vedo perché dovrebbe mancare in un lavoro complesso e delicato quale è un rilievo fotogrammetrico.

7 Veniamo ora alla fase conclusiva di un rilievo, cioè al collaudo. È un'argomento non ancora ben chiarito e che si presta non di rado ad equivoci e a dispute.

Anzitutto il metodo con cui vengono fissati i criteri di valutazione della precisione di una carta varia da caso a caso, mentre sarebbe assai opportuno, specialmente oggi in cui i rilievi effettuati attraverso gare internazionali hanno preso un notevole sviluppo, giungere a stabilire un metodo uniforme. In certi casi infatti si parte dal principio che per ottenere una determinata carta si utilizzano fotogrammi aventi una certa scala media imposta sul capitolato d'appalto, e si stabiliscono delle formule di tolleranza in base alla precisione che si può ottenere in tali condizioni. Le formule derivano da risultati sperimentali o da numerosi dati di precedenti collaudi. In altri casi si parte dalla condizione che una carta ad una determinata scala e che deve servire a certi scopi deve avere una certa precisione; sta poi all'esecutore di scegliere le condizioni operative affinché essa sia raggiunta.

In certi casi si stabilisce l'errore medio della posizione spaziale di un punto e delle quote delle curve di livello; in altri si fissano delle tolleranze, ossia i valori massimi ammessi per gli errori. Molto spesso errori medi o tolleranze riguardano le posizioni, ossia le coordinate dei punti, riferite ad una origine unica; si impone cioè un criterio di valutazione della precisione assoluta della carta. Talvolta invece si considera piuttosto la precisione relativa (ad esempio quella della distanza e del dislivello tra punti più o meno vicini a seconda della scala), preoccupandosi meno di quella assoluta.

Ancora, certi contratti prevedono la verifica della precisione di singole operazioni, in particolare quelle relative alla determinazione dei punti di appoggio per l'orientamento dei fotogrammi; altri si preoccupano solo del risultato finale.

Diversi sono finalmente i criteri di valutazione della corretta interpretazione topografica delle fotografie, la quale riveste una importanza sempre maggiore, dati gli usi via via più vasti cui oggi è destinata una carta, per cui il semplice contenuto geometrico non è più sufficiente. Questa interpretazione, possibile nel rilievo fotogrammetrico molto più che in quello topografico ordinario, è oggi necessaria all'ingegnere progettista e aiuta notevolmente gli studi di fotointerpretazione vera e propria.

Non è mia intenzione prendere in esame questi diversi procedimenti e discutere la loro maggiore o minore validità. Riconosco che è difficile raggiungere una assoluta uniformità, poiché non si può imporre ai committenti di rinunciare in un campo così delicato ad una propria libertà di giudizio. Desidero solo far presente questa situazione alquanto caotica e quindi la opportunità che gli studiosi intervengano in questo campo in modo più organico, approfondito e coordinato di quanto è stato fatto finora; la Società internazionale di fotogrammetria è certamente l'organo più adatto per un simile compito e la costituzione di un gruppo di studio apposito dovrebbe essere salutata da tutti con soddisfazione. Ecco dun-

que un campo in cui il contributo della ricerca scientifica è stato sinora, almeno a parere mio, scarso, ma può divenire assai efficace.

Finalmente è da considerare la figura del collaudatore e delimitare i suoi compiti. Attualmente due sono i modi di procedere. In uno il collaudatore interviene solo alla fine, quando i fogli di restituzione, completi, vengono presentati al committente, che esegue i suoi controlli ed un certo numero di misure e in base ad esse accetta o respinge la carta o anche esige che sia rifatta parte del lavoro.

Nel secondo modo invece, il collaudatore sta a fianco dell'operatore durante tutte le fasi del rilievo, controllandole una per una, ed anche assistendo la ditta incaricata del rilievo con suggerimenti e consigli o cercando di risolvere con essa alcuni problemi imprevisi che spesso si presentano. Ognuna delle due soluzioni presenta vantaggi ed inconvenienti; la seconda richiede dal collaudatore un impegno molto maggiore della prima ed una conoscenza sicura dei procedimenti fotogrammetrici. Il collaudatore va scelto perciò in una cerchia assai ristretta di tecnici ad alto livello, il che costituisce una difficoltà; la sua opera diviene praticamente impossibile quando ad esempio il committente e l'appaltante appartengono a Paesi diversi. Credo tuttavia che quando è possibile, il secondo procedimento sia di gran lunga superiore al primo, perché pone a fianco dell'operatore una persona assai esperta, la quale, più che agire in modo fiscale, si comporta da consigliere e da collaboratore nel senso più elevato della parola; inoltre evita lunghe operazioni di misura sul terreno, perché il rilievo fotogrammetrico, a differenza di quello topografico ordinario, può essere in gran parte collaudato in laboratorio; finalmente interviene in ogni momento che egli ritiene opportuno, impedendo la cattiva riuscita del rilievo, a cui è difficile porre un rimedio e che almeno determina un forte ritardo nell'ottenimento della carta, assai pregiudizievole per i lavori a cui deve servire.

Anche sotto questo punto di vista, credo che norme di collaudo, che contemplino più modalità, ma bene studiate e chiaramente redatte, potrebbero costituire una opera assai utile della S.I.P.

8 Cerchiamo di trarre qualche conclusione da quanto prima ho detto. Mi pare fuori dubbio anzitutto l'apporto che la ricerca scientifica ha dato e dà allo sviluppo della fotogrammetria e di conseguenza ai mezzi tecnici messi a disposizione degli operatori. Ma non è solo con le novità che la ricerca aiuta la tecnica, ma anche con la sua opera continua, talvolta apparentemente lenta, ma sempre chiarificatrice e ordinatrice di idee. Chiarire le idee richiede uno dei maggiori sforzi dello studioso e il prodotto di questo sforzo è offerto ai tecnici con loro grande vantaggio; questi a loro volta aiutano gli scienziati con i dati di una vasta, insostituibile esperienza. Una tale collaborazione è in atto e la si riscontra continuamente nei congressi, nei numerosi simposi, nelle ricerche di gruppo.

Le pubblicazioni scientifiche e tecniche sono, come in tutte le discipline, molto, forse troppo numerose. Un tecnico scientificamente preparato può e deve tuttavia seguire la letteratura scientifica specializzata e selezionare quelle opere che espongono risultati importanti e contribuiscono alla evoluzione del pensiero nel campo della fotogrammetria.

Altra forma di contributo è la preparazione del personale altamente qualificato

e nei contatti che esso ha e deve avere in forma ancora piú accentuata, con i centri di ricerca.

La consulenza di ricercatori alle aziende fotogrammetriche, la quale dovrebbe essere piú sviluppata soprattutto in quelle ditte che non possono avere proprio personale scientifico, può mettere queste ultime in grado di affrontare in condizioni di parità rispetto agli Enti di dimensioni maggiori e piú progrediti, nella intima conoscenza di tutte le possibilità che la fotogrammetria offre e nello stesso tempo permettere agli operatori di impadronirsi di nuove tecniche, di abituarsi a cercare in ogni caso la soluzione veramente piú appropriata.

Finalmente le Società nazionali di Fotogrammetria possono svolgere un'opera di collegamento e di scambio di informazioni tra studiosi e tecnici, contatti personali e creare quel clima di fiducia e di reciproca considerazione, che diviene sempre piú difficile nella nostra epoca agitata, ma di cui il nostro spirito sente tanto il bisogno.

Il quadro che ho tracciato è certamente ideale e risente delle aspirazioni, non sempre tutte realizzabili, di un ricercatore, che è sempre un poco un sognatore. Sarei contento se queste poche parole potessero dare una piccola spinta ad una maggiore unione degli sforzi di tutti noi, insegnanti, studiosi teorici e sperimentali, realizzatori dei rilievi, convinti come tutti siamo che la fotogrammetria non è per nessuno di noi solo mestiere, ma tutti appassiona e dà un senso di responsabilità, perché è sulle nostre carte che, tanti altri tecnici, affidandosi alla bontà del nostro lavoro, studiano, progettano e costruiscono.

