

*Invited Paper 4.3.*

## ORGANIZZAZIONE PRODUTTIVISTICA DEI CALCOLI GEOMETRICI TOPOGRAFICI E FOTOGRAMMETRICI

DOTT. PIERO BENCINI

Ing. Geogr. Capo dell'Istituto Geografico Militare, Firenze

I dati numerici costituiscono la base dell'attività di qualsiasi Impresa che lavori nel campo geodetico, topografico o fotogrammetrico.

Per arrivare al risultato finale, costituito dal prodotto cartografico, è necessaria una lunga serie di elaborazioni di dati numerici, elaborazioni che iniziano con i rilievi geodetici, proseguono con i rilievi topografici, ed infine, con i procedimenti di triangolazione aerea, forniscono il supporto geometrico alla restituzione fotogrammetrica.

Una Impresa che abbia una attività poco più che modesta, si trova ben presto a dover eseguire una mole di calcoli assai notevole, che le assorbe l'attività di numeroso personale; spesso, per far fronte alle necessità, si trova costretta ad adottare procedimenti speditivi a scapito della qualità del lavoro. Un'Impresa, poi, che abbia una grande attività, si troverà a non poter far fronte alle necessità di calcolo, pure dedicandovi numerosissimo personale, se non ricorrerà all'impiego di mezzi adeguati. Ciò perché, pure suddividendo il più possibile i calcoli tra il personale, ciascuno di essi richiederà un tempo di esecuzione tale da non far mantenere il ritmo di produzione ai reparti che devono utilizzare i risultati dei calcoli.

Il calcolo logaritmico o con macchine calcolatrici meccaniche, infine, oltre a limitare moltissimo le dimensioni dei problemi risolvibili (basti pensare al tempo necessario alla risoluzione di un sistema di appena qualche decina di equazioni lineari), è enormemente appesantito e rallentato dai controlli numerici indispensabili per correggere i numerosi errori che inevitabilmente vengono commessi.

Fin dal primo diffondersi dei calcolatori elettronici, apparve chiaro che uno dei campi di applicazione ove l'impiego di questi nuovi mezzi si rivelava più redditizio era appunto quello della Geodesia, della Topografia e della Fotogrammetria. Il calcolo elettronico, infatti, oltre a permettere l'esecuzione in un tempo molto breve di una enorme quantità di calcoli di piccola mole, consentendo così il rapido completamento dei lavori di campagna e quindi un incremento di questi, ha reso possibile la pratica risoluzione di problemi che fino a poco tempo fa erano rimasti allo stato di pura speculazione teorica.

Un tipico esempio è rappresentato dalla compensazione delle grandi reti geodetiche. La rete italiana del primo ordine, ad esempio, fu suddivisa in otto reti

parziali, ciascuna con una base misurata, ed ognuna di esse venne compensata a sé, mantenendo fisse le lunghezze della base calcolata e del perimetro di sutura con la rete adiacente che era stata compensata precedentemente. I calcoli vennero eseguiti con i logaritmi, in triplice copia. Le misure di campagna erano state ultimate prima della fine del secolo scorso, ed i risultati delle compensazioni furono pubblicati parte nel 1908 e parte nel 1919. In seguito, poi, all'adozione dell'ellissoide internazionale in sostituzione dell'ellissoide di Bessel, ed alla definizione del 1940 per il vertice di Roma M. Mario, centro di emanazione della rete, sorse il problema del nuovo calcolo delle coordinate geografiche: data la complessità dei calcoli basati sugli sviluppi in serie di potenze delle lunghezze degli archi di geodetica per il trasporto delle coordinate geografiche e dell'azimut, esso fu risolto in modo soddisfacente solamente dopo l'adozione della proiezione di Gauss, effettuando i calcoli sul piano.

Nel 1950, con un calcolatore IBM 650, macchina un migliaio di volte piú lenta e con capacità di memoria enormemente ridotta rispetto ai grandi calcolatori oggi esistenti, fu effettuata una compensazione di insieme delle reti geodetiche europee presso l'Army Map Service degli Stati Uniti d'America. Le reti erano state ridotte a figure formate da catene di triangoli, ed il calcolo fu effettuato, con qualche analogia col procedimento seguito per l'antica rete italiana, compensando prima un blocco di reti dell'Europa centrale e successivamente un blocco a Nord ed un altro a Sud mantenendo fisso il perimetro del blocco centrale. Anche con questo accorgimento, però, furono risolti sistemi normali di oltre duemilacinquecento equazioni, il che sarebbe stato assolutamente impossibile con i mezzi ed i procedimenti tradizionali. Ancora con un IBM 650, nel 1960, lo scrivente compilò un programma di calcolo per il trasporto delle coordinate geografiche e dell'azimut lungo un arco di geodetica, che in meno di dieci minuti permetteva di calcolare le coordinate e gli azimut di tutti i punti della rete di primo ordine italiana.

È oggi in fase avanzata un accordo internazionale per compensare nuovamente, in un unico blocco, le intere reti geodetiche dei Paesi europei aderenti al progetto: sono stati approntati dei programmi di calcolo che consentono la risoluzione del problema mediante un'unica elaborazione.

Dagli esempi che precedono appare chiaro che l'impiego di un calcolatore elettronico costituisce la base su cui deve poggiare l'attività di un'Impresa in cui l'esecuzione di calcoli è una parte preminente del lavoro.

Una efficiente organizzazione di un centro di calcolo implica la risoluzione di molti problemi, ognuno dei quali dipende da diverse circostanze che influiscono, spesso, in senso contrario l'una all'altra, per cui, in definitiva, una loro soluzione ottima sotto tutti gli aspetti può considerarsi inesistente. Si tratta allora di adottare delle soluzioni di « optimum » che, cioè, consentano di ottenere il piú gran numero di vantaggi col minimo dispendio e col minor numero di svantaggi.

I principali problemi che occorre risolvere riguardano: a) il tipo di calcolatore da adottare e la sua ubicazione; b) i metodi di rilevamento per i lavori di campagna, la produzione dei dati da elaborare nei lavori di sede, i programmi di calcolo; c) il personale. Esamineremo ora i principali aspetti di questi problemi, esponendo quelli che, a nostro avviso, sono i criteri fondamentali da seguire.

a) Scelta del tipo di macchina da usare.

È ovvio che con qualunque macchina possono essere fatti tutti i calcoli necessari; in teoria, infatti, qualunque calcolo, una volta che siano state stabilite le formule risolutive, può essere eseguito da una persona che conosca la tavola pitagorica e che abbia a disposizione solamente un lapis e della carta per scrivere: è anche evidente che quanto più potente sarà il mezzo a disposizione, tanto più rapida sarà l'esecuzione. Vi è, però, da considerare un altro aspetto della questione: più potente è il mezzo, più complessa e costosa è l'organizzazione del centro di calcolo, e più onerosi divengono i « tempi morti ».

Ad esempio, un calcolatore elettronico di piccola capacità, di uno dei numerosi tipi oggi disponibili, è costituito da una unità grande all'incirca come una normale scrivania, e può essere collocato in qualsiasi stanza, senza necessità di speciali impianti di energia elettrica o di condizionamento d'aria. Anche ampliandolo con l'aggiunta di qualche unità periferica, non sorgono particolari necessità di impianto ed il funzionamento del complesso può essere assicurato da un solo operatore; sarà poi sufficiente una manutenzione preventiva settimanale da parte di un tecnico esterno. In caso di guasti, peraltro di frequenza normalmente assai scarsa, l'attesa dell'arrivo del tecnico non provocherà un rilevante danno economico ed anche l'importo della riparazione sarà contenuto in limiti abbastanza ristretti.

Uno dei grandissimi sistemi elaboratori di dati oggi esistenti, invece, è composto da una unità centrale, collegata con varie decine di unità periferiche, alcune delle quali sono, a loro volta, dei grandi calcolatori.

Per il suo funzionamento è necessaria una squadra di operatori bene addestrati, occorre una manutenzione preventiva quotidiana e deve esservi sempre presente una équipe di tecnici per eliminare il più rapidamente possibile qualsiasi inconveniente potesse verificarsi: dato l'alto numero di unità componenti il sistema, la frequenza dei guasti è, ovviamente, maggiore.

Per la sua installazione, poi, occorrono ampi locali appositamente costruiti o adattati, con un particolare impianto di adeguata potenza per la fornitura di energia elettrica stabilizzata entro tolleranze molto ristrette, sia per la tensione che per la frequenza, ed un impianto di condizionamento per la temperatura e l'umidità.

Tra i due casi limite ora detti, esiste tutta una gamma di tipi, anche perché, in genere, uno stesso sistema può essere dotato di un numero molto variabile di unità periferiche. L'elaboratore ideale è quello che permette, per l'esecuzione di un dato calcolo, di introdurre in macchina il minimo numero di dati numerici di partenza e, una volta dato l'avvio alla macchina, di ottenere i risultati finali nel più breve tempo possibile e senza alcuna necessità di intervento manuale: in questo modo l'intervento umano, che è la principale e assai frequente causa di errori, è ridotto al minimo.

Per eseguire in tal modo calcoli molto complessi su un gran numero di dati occorre un sistema elaboratore assai grande, implicante, quindi, una notevole organizzazione per l'esercizio ed un costo molto elevato: con un elaboratore del genere sarebbe, ovviamente, possibile eseguire anche i calcoli semplici.

Una soluzione siffatta, però, non sarebbe razionale dal punto di vista econo-

mico. Consideriamo infatti i seguenti aspetti della questione: anzitutto, un'Impresa, per grande che fosse la sua attività, non potrebbe avere una mole di calcoli tale da sfruttare convenientemente un mezzo così potente: occorrerebbe allora che essa istituisse un vero e proprio centro di calcolo che eseguisse lavori per conto di terzi. In tal caso, però, verrebbe a crearsi un'Impresa entro l'Impresa con grave pregiudizio per la funzionalità. Anche adottare la soluzione di non impiantare un centro di calcolo proprio, ma di servirsi per tutti i calcoli di un centro di calcolo già esistente e dotato di un grosso elaboratore, non sarebbe economicamente razionale: il grosso elaboratore, infatti, è economicamente conveniente rispetto all'elaboratore piccolo o medio, perché contro un rapporto nel prezzo di utilizzazione che normalmente si aggira su valori compresi tra 10:1 e 50:1, si ha un aumento della velocità operativa che oscilla, all'incirca, tra 50:1 e 500:1 o, se confrontato con piccoli elaboratori con memoria a tamburo magnetico, può superare il valore di 5000:1. Questo divario di velocità, però, si verifica solo nel tempo effettivo di calcolo: per l'entrata e l'uscita dei dati, l'aumento di velocità è molto più ridotto.

Per calcoli molto complessi, il tempo richiesto per l'entrata e l'uscita dei dati rappresenta un'aliquota, in media, del 10-20% del tempo di utilizzazione della macchina, mentre per calcoli semplici questa aliquota può salire fino al 90%. È quindi chiaro che, in tali casi, il grosso elaboratore può risultare antieconomico.

A parte la non convenienza economica, vi sono anche difficoltà di ordine pratico per l'utilizzazione di un centro di calcolo esterno: anche quando esso si trova nella stessa città sede dell'Impresa, il che non sempre avviene, occorre prendere accordi preventivi per effettuare i calcoli e, in genere, sarà necessario concentrarne l'esecuzione in determinati periodi opportunamente scaglionati nel tempo, il che riduce molto i vantaggi di tempestività che potrebbero ottenersi.

Scartando, dunque, la soluzione consistente nell'usare un grosso elaboratore per tutti i calcoli, e scartando anche, per ragioni facilmente intuibili, i piccoli calcolatori, occorre rivolgere l'attenzione agli elaboratori di media grandezza.

La tendenza moderna, ormai seguita da tutti i costruttori, è quella di produrre sistemi con struttura modulare, consistenti, cioè, in una certa composizione base a cui possono essere aggiunte sia unità della memoria di lavoro, sia unità periferiche per l'entrata e l'uscita dei dati, sia memorie ausiliarie a nastri o dischi magnetici. Una composizione in grado di soddisfare la maggior parte delle esigenze consisterebbe in un elaboratore dotato di una memoria di lavoro, del tipo statico, capace di contenere circa 5000 istruzioni di programma ed un migliaio di dati numerici, e di due memorie periferiche a nastro magnetico, oppure a dischi magnetici.

Per l'ingresso in macchina dei dati si ritiene, senza con questo pretendere di giudicare meglio di coloro che potrebbero essere di parere contrario, che sia preferibile usare la scheda perforata anziché il nastro di carta perforato, mentre per l'uscita dei risultati si ritiene conveniente disporre di un perforatore di schede e di una stampante in linea.

Una più rapida utilizzazione, poi, potrebbe essere ottenuta disponendo di un convertitore dei dati da schede perforate a nastro magnetico e di una stampante

fuori linea da nastro magnetico: in tal caso, le memorie ausiliarie a nastri dovrebbero essere almeno tre.

Un sistema del genere ora detto potrebbe eseguire convenientemente, cioè senza suddividere il calcolo in parti, con intervento manuale tra l'una e l'altra, la maggior parte dei tipi di calcolo che possono presentarsi nello svolgimento del lavoro tecnico; trattandosi, inoltre, di un sistema dotato di velocità di esecuzione piuttosto elevato, consentirebbe di svolgere anche gran parte del lavoro contabile ed amministrativo. Alcuni tipi di calcolo, però, come la compensazione di estese reti trigonometriche o di grandi blocchi di strisciate di triangolazione aerea analitica, non potrebbero essere convenientemente eseguiti con tale tipo di elaboratore perché richiederebbero un uso continuo delle memorie ausiliarie o addirittura la suddivisione del calcolo in fasi successive, aumentando, così, enormemente il tempo necessario all'elaborazione, sí che la macchina non potrebbe essere impiegata per i calcoli minori di uso corrente. La soluzione di « optimum » consiste, in base alle considerazioni fatte, nell'adottare un impianto di media grandezza, di composizione adeguata al volume di calcoli che dovrà eseguire, con cui smaltire tutto il lavoro ordinario, e di ricorrere al servizio di un centro di calcolo, dotato di un grande elaboratore, per la esecuzione dei calcoli di grande mole. Questi si presenteranno con frequenza assai minore di quelli di uso corrente, dato anche il tempo necessario alla misura dei dati di partenza, per cui la loro elaborazione potrà essere facilmente distribuita nel tempo, senza alcun inconveniente.

La valutazione, poi, della convenienza o meno da parte dell'Impresa di impiantare in proprio l'elaboratore medio detto sopra, dovrà essere fatta in base al volume di lavoro. Poter disporre di un elaboratore proprio, infatti, assicura la possibilità di utilizzarlo in qualsiasi momento, mentre il servizio da parte di un centro esterno di calcolo sarà, in genere, possibile in periodi di tempo concordati: in quanto al costo, il calcolatore in proprio comporta una spesa pressoché costante, sia che l'impianto venga pienamente utilizzato o no, mentre il servizio di un centro esterno viene pagato in base alla effettiva utilizzazione. Se, quindi, l'Impresa ha un volume di calcoli tale che il costo del servizio si approssimi a quello della gestione in proprio, non vi potranno essere dubbi circa la scelta: in caso contrario, occorre valutare se i vantaggi di tempestività possono compensare il maggior costo dei calcoli.

Qualora fosse deciso l'impianto di un elaboratore in proprio, vi è da considerare se convenga l'acquisto od il noleggio. Riteniamo che la soluzione piú conveniente sia quella del noleggio, per una serie di motivi che sarebbe troppo lungo enumerare; ci limiteremo alle seguenti considerazioni: anzitutto, tutte le Case costruttrici sono continuamente impegnate nella produzione di tipi di elaboratori sempre piú perfezionati (basti confrontare le macchine di uso corrente dieci anni fa e quelle in uso oggi), per cui un elaboratore oggi giudicato ottimo, dopo pochi anni non lo è piú; in secondo luogo, con il noleggio la Casa costruttrice assicura la manutenzione dell'impianto, per la quale invece, con l'acquisto, dovrebbe essere fatto un contratto a parte, essendo fuor di luogo pensare di avere in proprio anche il personale tecnico idoneo.

Poiché la vita di un calcolatore elettronico è, in media, limitata a meno di dieci anni, e la manutenzione diviene sempre piú onerosa con l'età della macchina,

è interesse anche della Casa costruttrice sostituire, dopo un certo tempo, l'impianto con uno nuovo oppure con uno di tipo più perfezionato. Il prezzo del noleggio, d'altra parte, corrisponde all'incirca alla quota di ammortamento dell'impianto.

Per la scelta della Casa fornitrice i criteri fondamentali sono, a nostro avviso, due: l'organizzazione di cui essa dispone per assicurare la manutenzione, e la « compatibilità » tra i vari tipi di elaboratore prodotti. Questo secondo criterio è molto importante perché, in genere, dopo che sia stata decisa l'installazione di un elaboratore, per quanto ponderata sia la decisione e benché essa possa essere presa tenendo presenti gli sviluppi futuri, l'esperienza della gestione metterà in luce molte questioni non previste, per cui dopo qualche anno potrà essere ravvisata la convenienza di cambiare tipo di impianto: se il nuovo impianto è compatibile con il precedente, ciò non provoca praticamente inconvenienti poiché i programmi di calcolo già esistenti potranno essere accettati, al più con lievi modifiche, dal nuovo; in caso contrario, invece, bisognerebbe ricompilare tutti i programmi di calcolo, il che comporterebbe una mole di lavoro veramente imponente. Un altro aspetto non trascurabile da considerare è la compatibilità tra l'elaboratore scelto ed il grande elaboratore che si pensa di poter utilizzare; ciò perché qualsiasi programma di calcolo, che sia alquanto complesso, dopo la prima stesura deve essere provato e « messo a punto »: è infatti estremamente raro che non sia necessario apportarvi dei perfezionamenti o correggere qualche errore. La fase di messa a punto di un programma su un grosso elaboratore può risultare molto lunga ed onerosa; se l'elaboratore più piccolo è compatibile con quello grande, la fase di messa a punto potrà essere con esso vantaggiosamente eseguita, eventualmente suddividendo il programma in parti da provare successivamente.

#### b) Organizzazione dei procedimenti da seguire.

Un elaboratore elettronico, contrariamente all'idea largamente diffusa tra i profani della materia, può essere paragonato ad un diligentissimo servitore, privo di qualsiasi capacità di ragionamento ma capace di eseguire con la massima esattezza e rapidità tutti gli ordini che gli vengono impartiti, comprendendone solo il significato letterale. La serie di ordini che la macchina deve eseguire è il programma di calcolo: esso deve quindi prevedere nei minimi particolari sia tutte le operazioni aritmetiche da eseguire, tenendo conto di tutte le particolarità che potessero presentarsi, sia la forma e la successione in cui i dati di partenza vengono introdotti in macchina, e la forma e la successione in cui i risultati devono uscire. Una volta che il programma di calcolo sia stato introdotto in macchina, esso costituisce come un binario su cui il calcolo dovrà procedere: come non è possibile far procedere su un binario un treno con scartamento diverso, così non sarà possibile eseguire un calcolo se i dati di partenza non sono introdotti nella forma e nell'ordine previsti; mantenendo l'analogia, il programma dovrà anche prevedere la manovra di tutti gli scambi durante il percorso per condurre il calcolo ai risultati appropriati.

È evidente la stretta interdipendenza tra i procedimenti per la misura dei dati ed i programmi di calcolo relativi: se viene seguito un certo procedimento

operativo, il programma che viene compilato per il calcolo deve rispecchiare il procedimento, cercando di eliminare il piú possibile operazioni intermedie tra le misure ed i calcoli; se, viceversa, viene prima compilato il programma di calcolo, il procedimento operativo dovrà rispettare tassativamente le prescrizioni del programma. Un esempio molto appropriato a chiarire questo concetto è offerto dalla triangolazione aerea analitica: disponendo di un dato strumento, mono o stereocomparatore, col quale sia stata sperimentata e messa a punto una data tecnica di osservazione, il programma di calcolo dovrà essere consegnato in modo da utilizzare i dati registrati dallo strumento, senza alcuna modifica nella forma e nell'ordine di successione; se, invece, il programma di calcolo fosse stato compilato in precedenza, gli operatori dovrebbero osservare i punti nell'ordine e nel numero previsti dal programma e secondo modalità ben precise. È per questo motivo che, in genere, accade raramente che possa essere utilizzato con profitto un programma di calcolo compilato da altri: occorrerebbe, infatti, o cambiare i procedimenti operativi, il che potrebbe produrre gravi inconvenienti, o elaborare manualmente i dati per disporli nella forma e nell'ordine voluti dal programma, il che sarebbe causa, inevitabilmente, di frequenti errori, per cui è, in definitiva, piú conveniente rifare il programma, eventualmente sulla falsariga di quello già esistente.

Per l'impianto di un centro di calcolo, quindi, è necessario disporre di una biblioteca di programmi in grado di effettuare i calcoli relativi a tutti i procedimenti seguiti dall'Impresa; questi, a loro volta, dovranno ridursi ad un certo numero di schemi fissi, il che è sempre possibile, che dovranno essere sempre seguiti senza eccezioni. Vi è, in ciò, un evidente parallelo con la costituzione delle catene di montaggio per le lavorazioni in serie. Per l'attività produttiva, l'Impresa dovrà scegliere un determinato numero di procedimenti, che abbia sperimentato idonei a fornire risultati soddisfacenti, ed organizzare il proprio lavoro in modo analogo alle lavorazioni di serie. Essa potrà anche, se è il caso, avere finalità scientifiche o cercare un miglioramento dei metodi di lavoro, ma l'attività di studio e di ricerca non dovrà interferire col processo produttivo: l'organizzazione dell'attività di ricerca dovrà essere il piú possibile separata da quella produttiva, ed i suoi risultati potranno essere sfruttati dalla produzione solo quando i procedimenti saranno stati completamente messi a punto, altrimenti si creerebbero degli intralci oltremodo dannosi.

Un'Impresa che disponga di una adeguata potenzialità può ricevere commesse per i lavori piú disparati, in una gamma che va dall'esecuzione di una linea di livellazione tecnica, al rilievo per il piano regolatore di un comune, od alla compilazione della cartografia di uno Stato in via di sviluppo, partendo dalla istituzione della rete geodetica e della rete altimetrica fondamentali, fino a giungere al rilievo fotogrammetrico ed al disegno della carta.

Un rilievo di quest'ultimo genere comprende tutti i tipi di attività, per cui sarà sufficiente esaminare l'organizzazione necessaria per questo caso. L'esame sarà ovviamente limitato all'aspetto riguardante i calcoli.

L'Impresa dovrà avere una organizzazione di campagna per eseguire:

- la rete di livellazione geodetica;
- la rete di triangolazione o trilaterazione geodetica;
- il raffittimento topografico e la preparazione a terra per la triangolazione aerea.

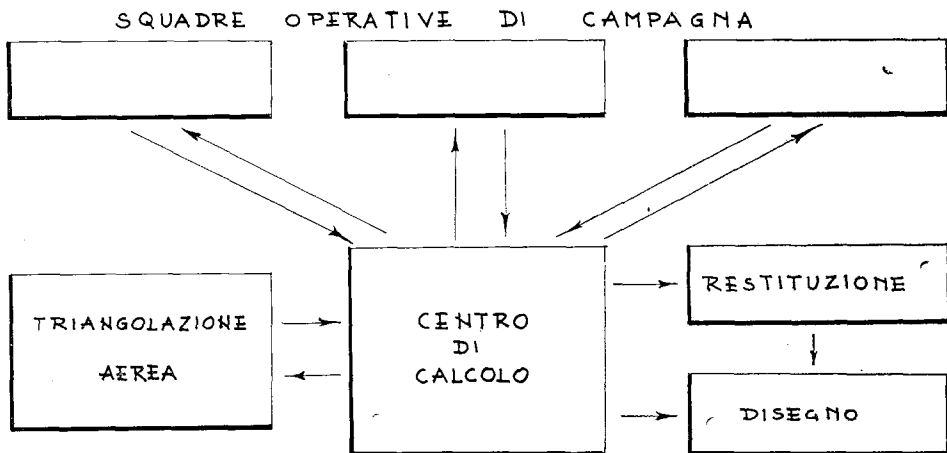
Non si considerano, per il nostro scopo, i voli fotogrammetrici e le operazioni di ricognizione.

L'organizzazione alla Sede dovrà eseguire:

- la triangolazione aerea;
- la restituzione;
- il disegno della carta.

Entrambe le organizzazioni fanno capo al Centro di Calcolo, che costituisce il cuore di tutto il complesso: egli riceve i dati misurati in campagna, li elabora, fornisce gli elementi di partenza alla triangolazione aerea, ne elabora i dati di osservazione, e fornisce alla restituzione ed al disegno i risultati ed i dati relativi all'inquadramento geometrico della carta nella proiezione cartografica scelta.

L'organizzazione può essere sintetizzata dal seguente diagramma:



Il calcolo con gli elaboratori elettronici si basa su di un presupposto essenziale: che i dati di ingresso siano quali li prevede il programma di calcolo impiegato: non sono ammessi errori o distrazioni di sorta, poiché la macchina non può riconoscere neppure la svista più grossolana. È pertanto indispensabile che i dati da elaborare siano minuziosamente controllati, ed i controlli devono essere effettuati in tutte le fasi precedenti la loro immissione nella macchina. I programmi di calcolo potranno essere più o meno « intelligenti », cioè prevedere un certo numero di controlli per individuare errori, ma non si potrà salire oltre un ragionevole limite poiché aumentando il numero e la complessità delle analisi sui dati si aumenta il tempo di elaborazione e la zona di memoria occupata dal programma; è, anzi, preferibile che essi siano ridotti all'essenziale, poiché sarà in genere più vantaggioso ripetere qualche calcolo che allungare sistematicamente il tempo di elaborazione per tutti. I controlli dovranno cominciare, quindi, già dalla fase di misura dei dati: l'organizzazione in campagna dovrà prevedere dei direttori dei lavori che indichino agli operatori gli elementi da misurare e ne ricevano i dati osservati. Una intelligente distribuzione dei compiti per un sollecito progresso del lavoro non è il solo od il più lieve compito di un direttore dei lavori di campagna: egli, raccolti i dati di osservazione, dovrà procedere ad un attento controllo, effettuando



tutte le verifiche del caso. In una rete di livellazione, ad esempio, dovrà controllare i valori dei dislivelli ottenuti in andata e ritorno, ordinando la ripetizione delle misure che non risultassero in tolleranza, dovrà controllare gli errori di chiusura dei poligoni, ecc. In una rete di triangolazione dovrà controllare gli errori di chiusura angolari e laterali, effettuare controlli a mezzo di determinazioni grafiche, ecc. In una rete di trilaterazione dovrà eseguire, in via preliminare oppure definitiva se ciò non è previsto da un programma di calcolo, la riduzione al livello del mare delle distanze misurate, verificare le condizioni geometriche esistenti nella rete, ecc. Egli dovrà, insomma, effettuare tutti i controlli necessari ad evitare errori grossolani e ad assicurare che le misure eseguite abbiano una precisione adeguata allo scopo da raggiungere.

I dati così controllati dovranno essere scritti su moduli congegnati in modo tale da poter essere consegnati agli operatori incaricati della perforazione. Essi verranno inviati al Centro di Calcolo a mano a mano che saranno disponibili.

Anche la registrazione dei dati di osservazione della triangolazione aerea, sia essa eseguita per via analogica od analitica, dovrà avvenire in modo da evitare il più possibile trascrizioni di numeri: l'ideale sarebbe che essa avvenisse direttamente su schede perforate.

Il Centro di Calcolo dovrà avere una organizzazione capace di assolvere i seguenti compiti:

- perforazione dei dati e loro controllo. Dovrà disporre di un numero di macchine perforatrici e di macchine verificatrici sufficiente alle necessità. Occorre, a questo riguardo, tenere presente che il tempo necessario alla perforazione dei dati è enormemente preponderante rispetto al tempo di calcolo: per alimentare un modesto calcolatore per un'ora di funzionamento sono necessarie giornate di tempo per la perforazione dei dati;
- funzionamento dell'impianto, nel caso che sia installato un calcolatore proprio;
- elaborazione dei programmi e loro messa a punto. Una biblioteca di programmi di calcolo atti a prevedere tutte le necessità costituisce la base dell'attività di un Centro di Calcolo. Un programma di calcolo, inoltre, per quanto ben congegnato, ben raramente potrà essere considerato come definitivo poiché durante la pratica quotidiana accadrà spesso di ravvisare l'opportunità di apportare qualche perfezionamento, per cui si può dire che l'opera del programmatore è continuamente necessaria.

Per l'attività che stiamo esaminando si ritiene necessario che la biblioteca dei programmi preveda i seguenti casi:

- 1) compensazione di una rete di livellazione geometrica;
- 2) compensazione di una linea di livellazione geometrica tra due caposaldi di quota nota. Naturalmente, i programmi dovranno prevedere l'uso dei diversi tipi di stadiе che potrebbero essere impiegati, ed anche l'introduzione dei valori della gravità misurati o calcolati;
- 3) compensazione planimetrica di una rete di triangolazione e trilaterazione di primo ordine;
- 4) compensazione planimetrica ed altimetrica di una rete di triangolazione e trilaterazione di raffittimento;
- 5) calcolo di latitudine, longitudine ed azimut astronomici;

- 6) calcolo di poligonali planimetriche ed altimetriche;
- 7) calcolo di punti topografici isolati (intersezione diretta, inversa, mista, irradiazione);
- 8) calcolo di concatenamento dei fotogrammi e di compensazione di blocchi (o di singole strisciate) osservati con strumenti per fotogrammetria analitica;
- 9) calcolo di compensazione di blocchi osservati con restitutori analogici.

I programmi, naturalmente, dovranno essere congegnati in modo da escludere il piú possibile le elaborazioni manuali e prevedere tutti i metodi operativi in uso: per contro, le sezioni operative dovranno applicare solo i procedimenti previsti dai programmi di calcolo, e con le modalità stabilite. Una buona programmazione, inoltre, dovrà prevedere la massima flessibilità per i dati di ingresso, in modo da rendere possibile la scelta degli strumenti e dei metodi operativi che meglio si adattano alle condizioni in cui si svolge il lavoro di campagna.

Oltre a quelli sopra ricordati, saranno poi necessari altri programmi per scopi particolari, come ad esempio per la trasformazione di coordinate dal sistema geografico ai sistemi delle proiezioni cartografiche usate, ecc. Sarà, inoltre, opportuno disporre anche di una serie di programmi per il controllo preliminare dei dati da elaborare su grandi calcolatori con i programmi detti in 1, 3, 8 e 9; prima di inviare i dati al calcolo sarà bene effettuare su di essi una serie di controlli per evitare nel modo piú assoluto qualsiasi errore: il modo piú rapido e piú sicuro è la elaborazione preliminare con il calcolatore di cui dispone il Centro, mediante programmi che effettuino delle complete analisi per la ricerca di errori, alleggerendo in tal modo il programma del grande calcolatore.

Il compito del personale addetto alla programmazione non si esaurisce con la compilazione dei programmi di calcolo: sarà opportuno che esso sovrintenda alla formazione dei decks di schede perforate contenenti i dati, aggiungendo le schede contenenti le indicazioni necessarie al programma di calcolo per scegliere le alternative da applicare al caso specifico; quando, poi, un programma di calcolo viene eseguito, è opportuno che sia presente alla macchina anche il programmatore, che è in grado di intervenire in caso di inconvenienti e di eliminarli;

— controllo dei risultati. Tutti i risultati dei calcoli dovranno essere controllati: in caso di errori, il compilatore del programma di calcolo sarà sempre in grado di individuarne la causa;

— organizzazione della ricezione dei dati, della distribuzione dei risultati, dell'archiviazione, dell'approvvigionamento dei materiali, e, in breve, dell'espletamento di tutte le pratiche burocratiche.

Tutta l'organizzazione del Centro di Calcolo, ovviamente, deve fare capo ad un unico dirigente capace di sorvegliare e coordinare le varie attività.

### c) Personale.

Il personale è la chiave di volta di qualsiasi organizzazione di questo genere: con personale all'altezza dei propri compiti anche una organizzazione alquanto difettosa può dare ottimi risultati, ma con personale qualitativamente deficiente anche la piú perfetta organizzazione non potrà che dare risultati mediocri. Ciò vale, in primo luogo, per coloro che devono dirigere le varie branche di attività.

Nell'attività di campagna è necessario che gli operatori siano capaci di effettuare delle buone misure, ma è ancora più necessario che essi siano guidati da un direttore che sia in grado di eseguire un efficace controllo su queste e le ponga nella forma voluta per il calcolo.

Il Centro di Calcolo, soprattutto, necessita di personale più che idoneo. Per la perforazione dei dati è necessario che gli operatori siano molto rapidi e precisi: l'esperienza ha dovunque dimostrato che il massimo rendimento si ottiene da ragazze giovani, e che l'elemento maschile non è adatto per questo genere di lavoro. Come operatore alla macchina calcolatrice, invece, l'elemento maschile è superiore: occorre, naturalmente, che abbia acquistato una perfetta conoscenza del funzionamento della macchina stessa.

Il personale programmatore costituisce la spina dorsale del Centro di Calcolo, ed è il più difficile da reperire.

Un buon programma di calcolo può essere paragonato ad un'opera d'arte: per realizzarlo non basta la padronanza tecnica dello strumento matematico, ma occorre « sentire » l'organizzazione logica del procedimento. La successione delle varie sequenze di calcolo, come la scelta dei metodi da applicare, è dovuta ad una serie di ponderate scelte e ad una particolare sensibilità, sì che il programma risultante sfrutti completamente le possibilità offerte dalla macchina, riduca al minimo le operazioni aritmetiche da eseguire, sfrutti al massimo la ripetizione di sequenze di istruzioni (onde ridurre l'occupazione della memoria), e preveda tutte le possibili varianti che potrebbero presentarsi.

Il programmatore, inoltre, deve avere, oltre ad un'ottima conoscenza della macchina cui il programma è destinato, una vasta esperienza dei lavori di campagna ed una profonda conoscenza dei metodi operativi e di calcolo relativi ai problemi da programmare. Egli, in altre parole, non deve limitarsi a codificare in un linguaggio comprensibile per la macchina un procedimento di calcolo indicatogli da altri: deve essere egli stesso a scegliere il procedimento più appropriato al caso in questione, essendo in grado, per la sua esperienza, di avere ben presenti tutti gli aspetti del problema, in modo da realizzare il massimo risultato col minimo intervento umano. Egli potrebbe, per questo, prescrivere cambiamenti nelle modalità operative, modificare i moduli usati per la registrazione dei dati, prescrivere i controlli da effettuare sulle misure eseguite, ecc., onde rendere più semplice ed efficiente possibile lo svolgimento delle operazioni dalle misure fino al calcolo.

Dei programmi di calcolo che possano veramente dirsi « buoni » richiedono nel programmatore, come si è detto, una buona preparazione matematica, per la codifica dei calcoli nei modi più opportuni, ed una profonda conoscenza della natura dei problemi: l'insieme di questi requisiti non è posseduto da un numero molto grande di persone, ed inoltre la competenza specifica in tutte le branche di attività si verifica assai raramente in una sola persona. Sarà perciò, in genere, necessario, anche per la mole di lavoro che l'incarico comporta, che un Centro di Calcolo abbia almeno tre programmatori: uno per i problemi di carattere geodetico, uno per quelli di carattere topografico, ed uno per quelli di carattere fotogrammetrico. Ognuno di essi dovrà, ovviamente, essere al corrente del lavoro compiuto dagli altri, in modo che i lavori siano tutti omogenei e coordinati.

I programmi di calcolo dovranno essere corredati dalle norme da seguire in

tutte le fasi del procedimento, dalla misura dei dati, alla perforazione, ai controlli, alla preparazione dei « decks » da introdurre in macchina ed alle modalità operative alla macchina stessa. Anche una efficiente organizzazione di queste norme necessita di non poca esperienza ed abilità.

Risulta, da quanto è stato detto, che non sarà mai troppa la cura che un centro di calcolo deve porre nello scegliere i propri programmatori, ed il più grave errore che la Direzione di un'Impresa potrebbe commettere sarebbe quello di lasciarsi sfuggire un buon programmatore. I programmi di calcolo, specialmente in regime di concorrenza tra varie Imprese, hanno un valore grandissimo, poiché dalla loro efficienza dipende in massima parte la produttività; anche se un programmatore lasciasse l'Impresa dopo aver elaborato e messo a punto una serie di ottimi programmi, la loro utilità sarebbe sempre limitata nel tempo. Si è già accennato al fatto che il campo delle macchine calcolatrici è in continua evoluzione, né, d'altra parte, il campo dei procedimenti e degli strumenti per i rilievi o per la fotogrammetria può dirsi stazionario: basti pensare alla rivoluzione apportata dai mezzi elettronici per la misura delle distanze, ed alla fotogrammetria analitica. Non esisteranno, quindi, programmi di calcolo che possano considerarsi immutabili, ed essi necessiteranno di modifiche, che potranno essere apportate solo dal compilatore; d'altra parte, un programma di calcolo è il frutto dell'ingegno di chi lo ha compilato, ed egli potrà sempre ricompilarlo per imprese concorrenti, perfezionandolo, anzi, in base all'esperienza fatta.

Quanto è stato detto per i programmatori vale, a maggior ragione, per il Direttore del Centro. Egli deve dirigere e coordinare l'attività di tutto il Centro, per cui, oltre ad essere un ottimo programmatore, deve essere competente per tutti i campi di attività. Egli dovrà essere in grado, non solo di giudicare i programmi di calcolo compilati e l'organizzazione per la loro esecuzione, ma dovrà altresì controllare e guidare l'attività del personale addetto alla perforazione, degli operatori alla macchina, del personale addetto ai controlli sui dati o sui risultati, e del personale addetto all'attività burocratica. Egli dovrà aver effettuato un adeguato tirocinio ed essere in possesso di una vasta esperienza, oltre ad essere un esperto anche in fatto di calcolatori elettronici: sarà infatti suo compito quello di indicare alla Direzione dell'Impresa il tipo di macchina da adottare, o la sostituzione di una macchina installata con un'altra di tipo più recente.

Il problema del personale è il più difficile da risolvere soddisfacentemente, tanto più che talvolta le Imprese si trovano a dover contemperare le esigenze tecniche con motivi opportunistici di altra natura: occorre, però, che si tenga ben presente che l'attribuzione delle mansioni al personale, in un'organizzazione del genere qui esaminata, fatta non in base ad una seria valutazione delle capacità si risolve inevitabilmente in un danno per la produttività.

La presente esposizione è stata fatta in base alle opinioni formatesi nello scrivere sia per la pratica fatta, sia per l'esame compiuto su varie organizzazioni di rilievo o di calcolo, o di entrambe le cose, con l'intento di individuarne i pregi ed i difetti. Per ciò che riguarda la disponibilità di Centri di Calcolo esterni, essa riflette la situazione che sarebbe realizzabile in molte città d'Italia, tra cui Firenze. Non si pretende, ovviamente, che gli argomenti usati possano essere considerati i più validi in relazione alle condizioni esistenti da altre parti.