

UN ASPETTO MODERNO DELLA TOPOGRAFIA (*)

Ing. Franco Bernini

dell'Ufficio Tecnico Leopoldo Carra

1. PREMESSA

Sono ormai diversi anni che, ai congressi di topografia e di fotogrammetria, uno degli argomenti che non manca di tener viva l'attenzione dei partecipanti è costituito dall'invito che viene rivolto a quanti lavorano nel campo della topografia e della fotogrammetria, a servirsi di quel moderno mezzo di calcolo che si può dire sia il denominatore comune in ogni campo del progresso scientifico e tecnologico: il calcolatore elettronico. A chi è rivolto questo invito? Non certo ai centri di ricerca, agli istituti universitari od agli enti cartografici statali, per i quali l'uso del *computer* è ormai un aiuto scontato e insostituibile per risolvere i problemi scientifici o di produzione; ma è un invito rivolto a quanti utilizzano l'elaborato topografico e fotogrammetrico ed a quanti lavorano per produrre questo elaborato e che ricalcano, in un immobilismo esasperante e antieconomico, schemi vecchi di decine e decine d'anni.

Abbiamo detto esasperante, perchè tale è l'impressione che riceve chi si accosta ai problemi topografici e fotogrammetrici con spirito innovatore. Quando vengono proposti nuovi metodi, più razionali, più veloci, più consoni al livello tecnologico che si è raggiunto in ogni altro campo, le obiezioni che vengono fatte sono inconsistenti, vaghe, unicamente dovute a pigrizia mentale, al timore di una degradazione dell'elaborato da una parte, o al timore di una diminuzione dei profitti dall'altra parte. Il convertirsi ai nuovi metodi implica infatti una nuova impostazione del lavoro, un ammodernamento della strumentazione e un periodo di rodaggio in cui si presentano inevitabilmente piccoli inconvenienti o contrattempi, che anche un'accurata organizzazione e un approfondito esame preliminare del problema, non possono evitare.

Ma l'immobilismo è per tutti anche, e soprattutto, antieconomico; rimanere ancorati ai vecchi schemi significa infatti da una parte non poter impostare programmi consoni all'evoluzione in atto e dall'altra non poter accettare determinati tipi di lavoro perchè non si è in grado di farli; oppure, il che è peggio, accettarli e farli male. Significa limitare la capacità produttiva delle organizzazioni; significa offrire o cercare sempre determinati tipi di lavoro per i quali la routine è ormai allo stato di fossilizzazione; lavori del resto, che non potendo durare in eterno hanno creato e creeranno situazioni di crisi.

L'industria topografica e fotogrammatica, spronata dall'offerta, deve rinnovarsi. Rinnovarsi per essere competitiva, sul piano economico e tecnologico, in campo internazionale e per essere pronta ad assolvere degnamente il compito che, presto o tardi, si troverà a dover affrontare: quello di una nuova cartografia nazionale.

Non nuovi ad assumere una posizione di punta, abbiamo voluto raccogliere spronati da un'interessante ed intelligente prospettiva di lavoro, l'invito che, come si ebbe a dire, ci siamo sentiti più volte rivolgere e vogliamo rendere partecipi delle nostre esperienze quanti, come noi, lavorano nel campo della topografia e della fotogrammetria, sperando con questo di dare un contributo, se pur modesto, a questo tanto auspicato spirito di rinnovamento.

2. L'ammodernamento delle attrezzature.

(*) Intervento presentato al XII^o Congresso di Viterbo, che non è stato letto per necessità di snellimento nel programma dei lavori.

E' opportuno, per maggior comprensione di quanto verrà esposto, esaminare subito quali sono state le attrezzature che si sono rese necessarie, e delle quali pertanto ci siamo dotati, per eseguire il lavoro, di cui è oggetto questa nota, secondo un metodo rigoroso e che obbedisce al tempo stesso a criteri di convenienza economica e di rapidità di esecuzione.

Uno dei nostri restitutori fotogrammetrici è stato dotato di registratore di coordinate Wild tipo EK5; esso si compone di:

- tre emettitori (fissati all'autografo), per la registrazione delle coordinate X, Y, Z;
- un armadio contenente il dispositivo di allacciamento alla rete elettrica, i relais di registrazione, i relais di comando;
- un pannello di comando, con tastiera per l'impostazione di numeri di identificazione dei punti e per l'impostazione di programmi di registrazione;
- una macchina da scrivere elettrica, mediante la quale vengono scritte le coordinate dei punti e il numero di identificazione dei medesimi, mediante un programma imposto su un pannello contenuto nell'armadio dei relais.

Poichè, come sarà illustrato più avanti, la parte di calcolo del lavoro verrà eseguita mediante un programma elaborato da un calcolatore elettronico, sarebbe stato necessario perforare a mano su apposite schede, e con fase separata di lavoro, i dati registrati sulla macchina da scrivere. Questa operazione avrebbe richiesto troppo tempo ed inoltre sarebbe stata oltre che economicamente onerosa, anche sorgente di errori. Si sa infatti che, nella operazione di perforazione su schede fatta a mano da un operatore anche espertissimo, occorre prevedere una certa percentuale di schede errate. Onde evitare questi inconvenienti abbiamo compiuto un ulteriore completamento della nostra attrezzatura, munendoci di una macchina perforatrice di schede, la quale è stata allacciata direttamente all'armadio dei relais. In tal modo, oltre alla registrazione delle coordinate mediante la macchina da scrivere, si ha contemporaneamente la loro perforazione su scheda. Come occorre dare un programma di registrazione dei dati sulla macchina da scrivere (il che avviene, come abbiamo detto mediante l'apposito pannello contenuto nell'armadio dei relais), è ancor più necessario poter perforare sulle schede i dati, secondo una disposizione voluta; ciò si ottiene impostando questa *disposizione di perforazione* su una apposita *scheda programma* che viene inserita e letta dalla macchina perforatrice stessa.

Possiamo a questo punto tracciare uno schema (fig. 1), che illustri l'unità operativa formata dalle apparecchiature descritte; a completamento di esso occorre dire che mediante la tastiera numerica del pannello di comando, è possibile dare, come vedremo, altre informazioni oltre al numero che contraddistingue il punto restituito; ciò avviene traducendo in numeri delle informazioni che verranno opportunamente *decifrate* dal programma di calcolo in sede di elaborazione sul *computer*.

3. Caratteristiche del lavoro e problemi ad esso connessi.

All'inizio dell'anno in corso ci venne sottoposto dal Consorzio Interprovinciale per la Bonifica di Burana, il seguente problema:

« Nell'ambito del progetto di un piano di classifica degli immobili consorziati per stabilire le norme da seguire per attuare un nuovo riparto, fra le ditte proprietarie, delle spese relative alle varie categorie (generalì, opere di scolo, opere irrigue, opere stradali, acquedotto, ecc.), si sono scelti i relativi indici elementari di contribuenza.

Una particolare elaborazione ha richiesto l'attribuzione della contribuenza, alle singole particelle catastali, in ordine alle spese afferenti le opere di scolo, in quanto uno degli elementi da ricercare è stato l'indice idraulico specifico dovuto alla quota del terreno ed alla sua distanza dall'impianto idrovoro.

La individuazione di questo indice trova giustificazione nelle peculiari caratteristiche del comprensorio, dove la bonifica idraulica ha determinato incrementi

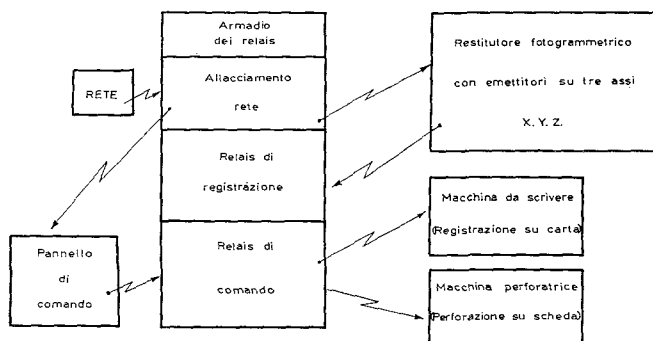


FIG. 1 - SCHEMA DELL'UNITÀ OPERATIVA

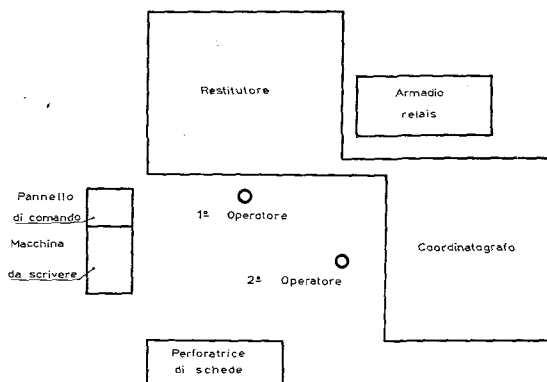


FIG. 2 - DISPOSIZIONE DELLE PARTI COMPONENTI L'UNITÀ OPERATIVA RESTITUTORE - REGISTRATORE E DEGLI OPERATORI

di reddito vari da particella a particella in funzione di due circostanze fondamentali: la natura agropedologica dei terreni ed il loro grado di soggiacenza alle piene e di insufficienza di sgrondo esistente ante bonifica ».

Si trattava quindi di determinare i baricentri di circa 60.000 (sessantamila) particelle catastali appartenenti ad un certo numero di Comuni ricadenti nelle provincie di Modena, Mantova e Ferrara per una superficie complessiva di circa 75.000 ettari. I baricentri dovevano essere forniti mediante le loro coordinate planimetriche nella proiezione Gauss-Boaga e la loro quota ortometrica.

Esaminiamo dapprima quali erano gli elementi in nostro possesso. Della zona interessata era stato in precedenza da noi eseguito un rilievo aerofotogrammetrico alla scala 1:5.000; inoltre erano disponibili le mappe catastali alla scala 1:2.000 di tutta la zona, recentemente aggiornata dal nostro stesso Ufficio, sulla base degli elementi forniti dagli Uffici Tecnici Erariali delle Provincie interessate.

L'unico modo di procedere, basato sulla metodologia corrente sarebbe stato il seguente:

- a) fare un mosaico delle mappe catastali alla scala 1:2.000;
- b) ridurle alla scala 1:5.000 in fogli sovrapponibili a quelli riproducenti il rilievo alla scala 1:5.000;
- c) determinare graficamente i baricentri delle particelle e determinare la loro quota per interpolazione dalle curve di livello;

d) determinare le coordinate dei baricentri nella proiezione Gauss-Boaga facendo riferimento alla parametratura dei fogli del rilievo alla scala 1:5.000.

Una siffatta procedura avrebbe reso difficoltosa l'esecuzione del lavoro, perchè l'operazione di cui ai punti c) e d), ripetuta per le 60.000 particelle avrebbe richiesto un lasso di tempo valutabile in alcuni anni e quindi incompatibile con le esigenze del committente. Sorvoliamo tuttavia su questo aspetto del problema, poichè è naturale l'ipotesi che, con grande impiego di personale (probabilmente distolto da altri lavori e sicuramento o troppo o non sufficientemente qualificato per un lavoro del genere, e quindi male impiegato), si potesse eseguire il lavoro. Seguendo l'iter di cui ai punti a), b), c), d), si sarebbe ottenuto un lavoro qualitativamente incerto, per i seguenti motivi:

I^o) Non è facile realizzare una sovrapposizione tra i fogli mosaicati delle mappe e quelli del rilievo; e questo sia per la fondamentale differenza nella rappresentazione topografica esistente fra i due elaborati, sia per le inevitabili piccole discrepanze che si generano nell'unire tra loro i fogli delle mappe nella operazione di mosaico e sia perchè la carta su cui si compone il mosaico non ha quelle doti di indeformabilità caratteristiche, ad esempio, degli originali di restituzione. Questa non perfetta corrispondenza tra la riduzione al 5.000 delle mappe catastali e la carta al 5.000 delle zone corrispondenti, è un dato di fatto ben noto che non dipende ovviamente da come si imposta il lavoro; ma mentre seguendo l'iter suesposto essa avrebbe costituito un elemento di incertezza, vedremo che ciò non si verificherà con il metodo che abbiamo effettivamente seguito.

II^o) La determinazione per via grafica dei baricentri, condotta con procedimenti speditivi (poichè sarebbe comunque impensabile, per l'enorme tempo richiesto, precedere con metodi grafici rigorosi), avrebbe senz'altro condotto a risultati in buona percentuale approssimati, a causa della complessità della forma che il più delle volte assumono le particelle catastali.

III^o) L'enorme mole dei dati raccolti avrebbe richiesto un numero elevato di controlli con gran impiego di personale, e avrebbe comunque lasciato adito a sospetti su una non trascurabile percentuale di errori.

Queste considerazioni che, lasciando perplessi sulla piena riuscita del lavoro dal punto di vista tecnico-economico, consigliavano di studiare anche qualche altra via per giungere alla soluzione.

Preferimmo quindi considerare il problema alla luce delle nuove possibilità offerte dalla strumentazione moderna e, come già si è detto, si decise di fare quel passo avanti, a cui tante volte ci eravamo sentiti invitare; passo che ha comportato un notevole sforzo di organizzazione e un impiego di capitale per completare, come abbiamo illustrato nel paragrafo precedente, con una dotazione d'avanguardia le nostre attrezzature.

4. Impostazione del lavoro secondo un moderno metodo di produzione.

L'acquisto delle attrezzature di cui al paragrafo 2, si rese necessario perchè si vide che l'unico metodo per eseguire il lavoro in modo che esso fosse ben fatto, desse il giusto margine di guadagno e ci consentisse di stare nei termini di consegna richiesti dal committente, era quella di determinare i baricentri delle particelle per via analitica mediante le coordinate dei vertici del loro perimetro.

E' opportuno distinguere il lavoro in tre fasi distinte:

- le operazioni di preparazione;
- le operazioni riguardanti l'unità operativa restitutore-registratore;
- le operazioni di calcolo.

Questa suddivisione è dettata non solo da esigenza di chiarezza di esposizione, ma corrisponde al fatto che nella realtà operativa queste fasi sono sempre rimaste distinte come impiego di mezzi e di personale e hanno perciò potuto procedere in parallelo sin dall'inizio del lavoro, consentendo di soddisfare a dei termini di consegna che sarebbero stati altrimenti proibitivi.

Esaminiamo dunque queste diverse fasi:

I) Le operazioni di preparazione.

Lo scopo delle operazioni di preparazione era il seguente:

- eseguire il mosaico delle mappe catastali alla scala 1:2.000 e ridurle in scala 1:5.000;
- sovraimprimere il mosaico di cui sopra, sui fogli del rilievo alla scala 1:5.000 (per chiarezza diciamo che d'ora innanzi la parola *foglio* scritta in corsivo indicherà un foglio di rilievo alla scala 1:5.000 con sovraimpresso il mosaico delle particelle catastali);
- suddividere chiaramente, mediante contorni a diversi colori, i differenti Comuni che comparivano su uno stesso *foglio*;
- suddividere sui *fogli* mediante contorni a colori, ogni Comune nei fogli che lo compongono catastalmente. E' noto infatti che, onde evitare una numerazione troppo alta delle particelle catastali, ciascun Comune viene suddiviso in fogli; in tal modo una particella ha due numeri che la contraddistinguono, nell'ambito di ciascun Comune, quello del foglio a cui appartiene e quello di numerazione progressiva all'interno del foglio. Talvolta poi essa reca anche una lettera (a, b, c, ecc.) quando è stata generata dalla suddivisione di una particella in altre minori;
- raggruppare in particelle fittizie quei nuclei di particelle che, per l'esiguità delle loro dimensioni, sono difficilmente distinguibili l'una dall'altra; queste particelle fittizie venivano contornate e colorate in giallo e contraddistinte con una numerazione convenzionale.
- numerare i vertici di ciascuna particella in ordine progressivo e in senso orario, in modo cioè che percorrendo, secondo la numerazione dei vertici il perimetro della particella, essa si trovasse sempre alla destra del senso di percorrenza. Questa numerazione era indispensabile per il calcolo dei baricentri per via analitica e ha richiesto, per essere attuata, un numero di ore lavorative rilevante. Teniamo presente però, che tale numero di ore lavorative non è neppure confrontabile con quello che avrebbe richiesto la determinazione dei baricentri per via grafica, ed inoltre ha richiesto l'impiego di personale non particolarmente qualificato.

II) Operazioni riguardanti l'unità operativa restitutore-registratore.

A questa unità operativa lavoravano due operatori, ciascuno con compiti ben precisi. A meglio comprendere i vari passi di questa fase ci aiuterà la fig. 2, nella quale è schematicamente rappresentata la disposizione delle varie attrezzature e degli operatori visibile anche nella fotografia.

Le operazioni si susseguivano con questa procedura:

- posto sul coordinatografo un *foglio*, si poneva nel restitutore la coppia di lastre corrispondente ad una certa zona di esso e si eseguiva l'orientamento relativo eed assoluto del modello, utilizzando quali punti di appoggio quegli stessi che già erano serviti per il rilievo al 5.000. Eseguiti gli orientamenti iniziava la restituzione dei vertici delle particelle nel seguente modo:
- il 2° operatore portava il collimatore del coordinatografo sulla zona del *foglio* che corrispondeva al modello stereoscopico e quindi per ogni particella eseguiva quanto segue:
 - a) scelta una particella ne diceva al 1° operatore il Comune ed il foglio di appartenenza, il suo numero distintivo e il numero dei vertici della particella stessa; tale numero non doveva essere determinato al momento dal secondo operatore: infatti, essendo stati i vertici delle particelle precedentemente numerati, il numero totale dei vertici risultava essere semplicemente il più alto numero progressivo che contraddistingueva i vertici. Il 1° operatore impostava questi dati sul pannello di comando e li registrava su carta e su scheda.

b) il 2° operatore collimava al primo vertice nel coordinatografo; il 1° operatore, guardando nel restitutore, individuava esattamente, ove possibile, sul terreno il particolare che corrispondeva a quel vertice (limite di cultura, fosso, steccionata, ecc.) e si portava in quota su di esso; premeva quindi il pulsante sul pannello di comando, in modo che le coordinate del punto venissero scritte su carta e perforate su scheda.

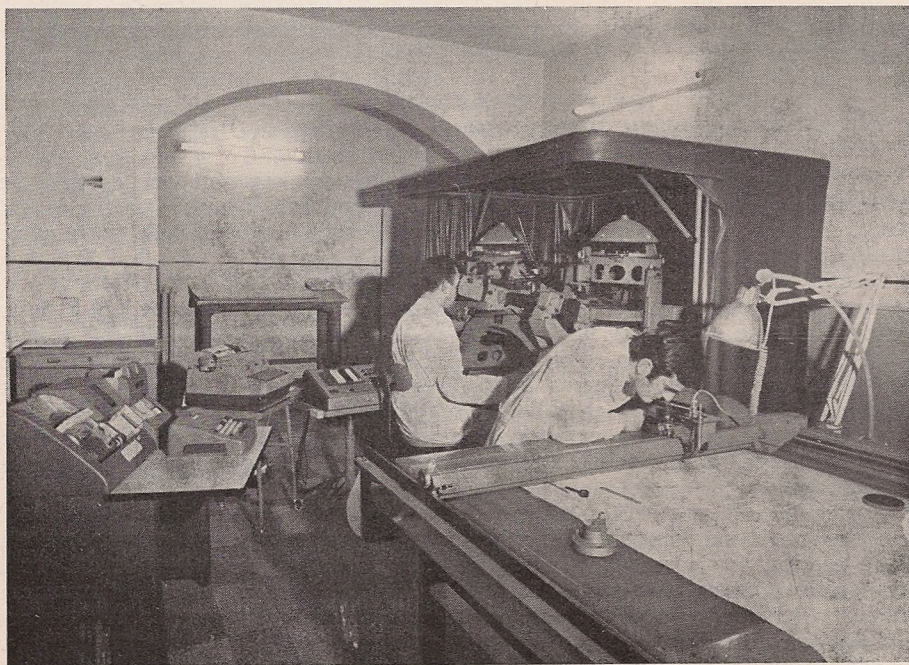
Notiamo che procedendo in questo modo si ovvia al fatto che il mosaico delle mappe alla scala 1:5.000 non sia metricamente perfetto; infatti le coordinate di ciascun vertice delle particelle sono date non dal punto che individua graficamente il vertice sulla carta, ma dal punto sul terreno che il 1° operatore collima stereoscopicamente al restitutore, e quindi esse sono esatte nell'ambito della precisione di restituzione e riferite ad un sistema omogeneo.

c) il 2° operatore collimava al secondo vertice della particella e così via fino all'ultimo. Se i vertici erano in numero tale da non poter essere registrati tutti su una sola scheda il programma inserito nella perforatrice provvedeva automaticamente, terminata la prima scheda, a sostituirla con una seconda e così via. Il 1° operatore provvedeva a perforare, mediante la tastiera sul pannello di comando, un ordine progressivo sulle schede appartenenti ad una stessa particella.

d) Una volta terminata la registrazione delle coordinate dei vertici di tutte le particelle comprese nel modello stereoscopico si registravano le coordinate strumentali dei punti che erano stati usati per eseguire l'orientamento assoluto del modello; in fase di calcolo esse permettevano di trasformare le coordinate dei baricentri nella proiezione di Gauss.

III) *Le operazioni di calcolo.*

Le operazioni di calcolo sono state eseguite mediante un programma appositamente preparato per il problema in questione, ed elaborato da un calcolatore elettronico. I dati di entrata erano predisposti in modo che per ogni Comune si



aveva:

- una prima scheda recante il nome del Comune;
- dopo di essa venivano tanti pacchetti di schede quanti erano i modelli stereoscopici che avevano interessato la restituzione dei vertici di quel Comune;
- ognuno dei pacchetti suddetti era preceduto dalle schede con le coordinate strumentali e Gauss-Boaga dei punti di orientamento del modello;
- seguivano quindi le schede con le coordinate dei vertici di tutte le particelle appartenenti a quel modello.

Nella fig. 3 è rappresentato il *diagramma a blocchi* del programma di calcolo, che indica in modo schematico la logica del programma e i suoi passi principali.

Poichè il calcolatore elettronico è dotato di stampante e di perforatrice di schede, a mano a mano che i calcoli venivano eseguiti, i risultati venivano, oltre che stampati in più copie su carta, anche perforati su scheda. Questo fatto è importante; infatti molte volte, come in questo caso il committente deve usare i dati ricavati, per altri calcoli, da eseguirsi sempre mediante calcolatore elettronico, e il poter avere questi risultati già perforati su scheda, rappresenta un notevole vantaggio economico, per il fatto di evitare gli errori dovuti a trascrizione, per il forte risparmio di tempo che comporta e perché la perforazione a mano sarebbe più costosa.

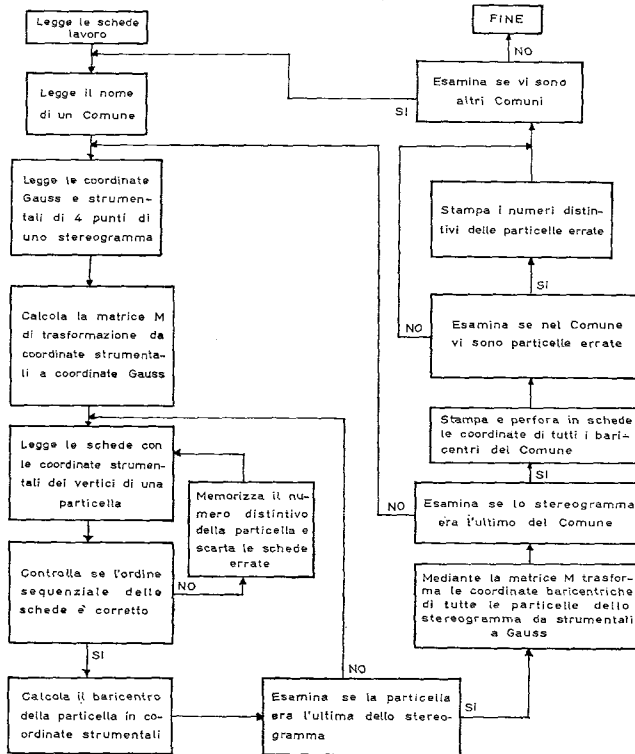


Fig. 3 DIAGRAMMA A BLOCCHI DEL PROGRAMMA DI CALCOLO