

LA FOTOGRAMMETRIA E I RILEVAMENTI REGOLARI NEI GRANDI PAESI EXTRAEUROPEI

† TEN. COL. MARIO MENESTRINA

già del Servizio Geografico Italiano

(vedere continuazione *Bollettino n. 2, 1953*)

Anche nel campo fotogrammetrico la prassi seguita in Europa non può costituire un esempio da seguirsi in via assoluta. In Europa in generale e in modo speciale nei paesi già provvisti di una cartografia fondamentale al 50.000 o al 25.000 si considerò la fotogrammetria e la aerofotogrammetria come un mezzo di perfezionamento delle carte già esistenti e soprattutto come un mezzo di rilevamento a grande scala, sia con scopi catastali, sia con finalità di sfruttamento intensivo o di sviluppo industriale. Con tali finalità di impiego vennero studiate e perfezionate quasi tutte le attrezzature fotogrammetriche europee, sia della Casa Zeiss, sia della Wild, sia della OMI Nistri, in Italia, che con le sue macchine da presa a lastre ed a pellicola e con i suoi restitutori a doppia proiezione ottica ha dimostrato la capacità di indipendenza industriale del nostro Paese, sia nei copiosi rilevamenti per il Catasto Nazionale, sia in mappe urbanistiche nell'America Latina.

Quando, però si tratta di un 50.000, e per enormi estensioni di terreno, talvolta ancora vergine e privo di qualsiasi coltivazione, i fattori tempo e denaro assumono un valore preponderante, sì da dover ricercare più che la perfezione e la definizione del dettaglio, ottenibili con le attrezzature sopra nominate, mezzi che, invece, consentano rilevamenti soddisfacenti in un tempo minore e con minore spesa. Considererò, pertanto, le possibilità offerte da alcuni mezzi moderni e da un nuovo procedimento di lavoro nei riguardi del risparmio di tempo e di denaro specialmente in due fasi dei lavori di rilevamento; i voli di presa e la preparazione a terra dei punti di appoggio. La terza fase dei lavori, quella prettamente fotogrammetrica, si svolge in sede, cioè in ambiente non influenzato dalle intemperie e dalle condizioni stagionali, dove l'urgenza della produzione può essere soddisfatta dalla abbondanza delle dotazioni strumentali e dove il personale, se sufficiente, può essere assegnato a più turni di lavoro.

Per considerare queste possibilità è inoltre di grande importanza tenere conto delle caratteristiche del terreno da rilevare, distinguendolo in due grandi branche: terreno montuoso o mosso e terreno di pianura o pianeggiante. È ben vero che anche terreni piani o con leggeri movimenti possono essere rilevati aerofotogrammetricamente, ottenendo dalla restituzione stereoscopica sia la planimetria, che la altimetria. Ma in questi casi per avere risultati soddisfa-

centi, sono necessari voli a bassa quota, che diano fotogrammi dettagliatissimi e a scala molto grande, convenienti per rilevamenti speciali, ma non per il 50.000 che ci interessa.

RILEVAMENTO DI TERRENO MONTUOSO O MOSSO.

Presumiamo come già eseguita una triangolazione di 1° ordine in catene parallele lungo i meridiani e i paralleli alla distanza di circa due gradi, che, come abbiamo visto, con le relative misurazioni di basi, determinazioni di punti di Laplace e le successive compensazioni rigorose, non solo costituiscono un doveroso contributo scientifico per la misura del Geoide, ma sono pure la base indispensabile per qualsiasi misurazione topografica ulteriore.

Orbene, agli effetti del rilevamento per via aerofotogrammetrica, sono assolutamente necessarie o indispensabili tutte quelle operazioni relative alle altre triangolazioni – I° Ordine e di raffittimento: II, III e IV ordine – che normalmente erano richieste per dare ai rilevamenti grafici diretti un punto di appoggio ogni 8 o 10 chilometri quadrati. È certo che le catene di 1° ordine, anzi dette, non possono bastare; ma il rimanente, anziché essere un discriminato raffittimento nei vari ordini, potrà essere sostituito da altre catene di triangoli, la cui posizione sul terreno, pur soddisfacendo ai requisiti voluti dalle triangolazioni terrestri, sarà regolata dall'andamento dei voli di presa e dalle necessità fotogrammetriche.

Si sa che per il raggiungimento dell'orientamento assoluto di una coppia di fotogrammi in fase di restituzione, sono necessari almeno tre punti di posizione nota in planimetria e quota, contenuti nella zona di sovrapposizione e distanziati al massimo fra di loro. In pratica, non tutte le successive coppie di fotogrammi hanno bisogno di punti di appoggio a terra, ma, facendo uso delle determinazioni in planimetria e quota, ottenute nella restituzione di una coppia di fotogrammi, si procede all'orientamento assoluto della coppia successiva e così di seguito, fino ad un'altra coppia che disponga di punti di appoggio a terra.

Questo procedimento, chiamato impropriamente triangolazione aerea, e piuttosto assimilabile alle poligonali, ha naturalmente i suoi limiti. La pratica sperimentale ha dimostrato che nel concatenamento, cioè nel collegamento strumentale di coppia a coppia, si producono errori di varia origine – sistematici e accidentali – che andrebbero corretti diversamente, e che sono difficilmente identificabili e separabili. Per ridurre al minimo questi errori furono escogitati, è vero, apparecchi ausiliari, quali le camere per fotografare l'orizzonte, la fotografia di altimetri o statoscopi al momento della presa, il periscopio solare Santoni, destinato a fotografare l'immagine del sole e con essa a dare l'inclinazione del raggio solare con l'asse della camera al momento della presa. Se le fotografie dell'orizzonte hanno dato buoni risultati in terreni di pianura molto estesa, gli altimetri non sempre rispondono completamente,

sia perché possono registrare variazioni di pressione atmosferica dovute a cause diverse dall'altitudine, sia per una certa inerzia del materiale che costituisce gli altimetri, per cui la registrazione fotografica al momento della presa può non corrispondere perfettamente allo stato vero al momento della presa stessa; il periscopio solare Santoni, pur essendo adatto ad ogni tipo di terreno e risolvendo una delle incognite principali della triangolazione aerea, cioè definendo la inclinazione ed il suo azimut della camera da presa, richiede una serie di calcoli, che, sebbene semplici, hanno fino ad ora trattenuto l'introduzione del metodo nella pratica corrente.

L'esperienza ha dimostrato che nel concatenamento istrumentale, si devono soprattutto temere gli errori in altezza – e da essi dipendono quelli in grandezza – nonché gli svergolamenti del modello ottico. Quando non si usino i mezzi ausiliari sopra accennati è pertanto opportuno che la serie delle coppie concatenate non sia molto lunga o che, indipendentemente dalla lunghezza della triangolazione aerea, cioè del tratto fra una coppia iniziale appoggiata a punti a terra ed un'altra finale nelle medesime condizioni, abbondino i punti di controllo in modo che eventuali errori in direzione e in quota possano venir bloccati e corretti, prima che essi si ripercuotano nelle coppie successive.

È pertanto utile che in fase di triangolazione non prettamente geodetica e precipuamente destinata all'appoggio dei rilevamenti, ci si preoccupi di fornire punti di appoggio o di controllo, sia investendo con i trigonometrici la zona della strisciata destinata al concatenamento, sia con altri accorgimenti di cui dirò a suo tempo.

È a questo punto indispensabile parlare delle macchine da presa. Sebbene fin dai primi anni della aerofotogrammetria si siano adottate macchine multiple per aumentare l'abbracciamento laterale dei voli, il ritrovato degli obiettivi grandangolari e l'adozione della R.M.K., focale 10 cm. della Casa Zeiss, sembrò *il non plus ultra* raggiungibile in fatto di campo di abbracciamento, specialmente nei paesi occupati in rilevamenti a grandi scale, come il 5.000 il 10.000 e il 25.000. Per rilevamenti a scale minori – 50.000 e 100.000 – e per paesi tuttora privi o quasi di cartografia regolare, le macchine multiple a ventaglio hanno invece sempre un grande interesse di attualità. La relativamente recente realizzazione della macchina tripla Trimetrogon della Casa nord-americana Baush & Long, ne è una conferma. Purtroppo questa macchina, che raggiunge con i suoi estremi delle camere panoramiche o laterali la linea di orizzonte, se agli effetti esplorativi ha il vantaggio di riprendere strisciate di terreno di larghezza teoricamente infinita, agli effetti di una vera e propria restituzione cartografica manca di un strumento restitutore adeguato e, oltre una breve zona dei fotogrammi panoramici, presenta immagini a scala talmente ridotta da impedire una vera e propria restituzione.

Ora è evidente, che impiegando macchine monocamera, tutte le strisciate devono essere concatenate ed essere sottoposte alla triangolazione aerea – salvo il caso che per una abbondante sovrapposizione laterale si possa procedere sola-

mente al concatenamento di strisciate alterne, appoggiando poi le intermedie alle già compensate e restituite — per cui nessun risparmio può essere effettuato nella tringolazione. Questo risparmio può invece essere sensibile, usando macchine triple.

L'Ing. E. Santoni delle Officine Galileo, che già parecchi tipi di macchine a ventaglio ha ideato e realizzato nel passato, non vincolato come altri ad una quasi complanarità del fotogramma con l'orizzonte, per la concezione completamente per via meccanica dei suoi restitutori, ha ideato e presentato nel 1948 una macchina tripla a ventaglio, composta di tre camere con l'asse ottico su di un medesimo piano normale alla direzione di rotta, che, raggiungendo un notevole abbracciamento laterale, permette la restituzione, sia nei restitutori di grande formato, gli stereocartografi Santoni mod. IV, che in quelli campali, lo Stereosimplex mod. II.

La Santoni 1948 è oggi abbastanza nota per richiedere descrizioni particolareggiate. Meritano tuttavia di essere messe in evidenza due sue caratteristiche peculiari che la distinguono da altre similari e che potrebbero essere non equamente valutate. Una è la diversità di focale fra la camera centrale — 13,5 — e le camere panoramiche — 16,5 —, l'altra, un'invadenza del campo delle panoramiche in quello della centrale, in modo da poter ritrarre nelle panoramiche una parte non esigua del fotogramma centrale. La maggiore distanza focale delle panoramiche in confronto con quella della camera centrale o nadirale, ha lo scopo di aumentare la scala dei fotogrammi panoramici che, ritraendo particolari del terreno sempre più lontani dalla macchina da presa, perdono ben presto in nitidezza e definizione mano mano essi si allontanano dalla verticale della presa. A sua volta è opportuna invece una distanza focale più ridotta nella camera centrale, perché essendo i fotogrammi di questa quelli destinati al concatenamento, è bene aumentarne l'abbracciamento longitudinale, allo scopo di diminuire il numero delle coppie da concatenare. La seconda caratteristica, per cui nei fotogrammi delle panoramiche vengono ad apparire particolari contenuti nella centrale, permette di ricavare dalla strisciata centrale restituita punti di appoggio per le estremità interne delle panoramiche. Disponendo l'intervallo fra i voli in modo che le estremità esterne di queste raggiungano, invece, la zona ritratta nelle strisciate centrali dei voli vicini, si avranno dalla restituzione di queste i punti di appoggio necessari alle estremità esterne. Ne deriva che le sole strisciate centrali hanno bisogno di punti di appoggio a terra e che solo nelle zone di queste è utile e necessaria la normale triangolazione.

Dato il formato di ciascuna camera della tripla Santoni: 18 per 20 cm, e il totale abbracciamento laterale di 158° , ogni volo ritrae una striscia di terreno larga circa 10 volte l'altezza relativa di volo. Volando ad un'altezza relativa di 3000 metri, si ottengono nella camera nadirale fotogrammi ad una scala media dell' $1:22,200$, mentre la scala delle panoramiche va dall' $1:16,250$, nelle estremità interne, all' $1:75.000$ alle estremità esterne. Per non sfruttare nella normale restituzione immagini inferiori al 40.000 è opportuno restituire solo

la metà interna dei fotogrammi panoramici. A tal fine è conveniente ridurre a sole 5 volte l'altezza di volo l'intervallo fra volo e volo e conseguentemente fra le strisciate nadirali di essi. Malgrado questa riduzione di intervallo fra le strisciate nadirali è evidente che solo circa quattro chilometri di terreno su un totale di quindici hanno bisogno di essere serviti da una normale triangolazione a terra, mentre il rimanente può esserne completamente privo. Circa la opportunità di procedere ad un reticolato di catene nelle zone delle strisciate nadirali nell'interno delle catene di primo ordine o di sviluppare invece una rete di ordine superiore nell'intero quadrilatero, per procedere poi ad un raffittimento topografico solo lungo le strisciate nadirali, è questione che può essere risolta solo dopo la conoscenza della zona, giacché l'andamento delle catene montuose e del terreno in generale interviene in misura determinante molto più che paradigmi affatto teorici. Comunque si organizzi la triangolazione, è indubbio il vantaggio offerto dalle macchine triple, in confronto delle monocamere, per il risparmio ottenibile nelle triangolazioni di dettaglio, giacché i lavori di raffittimento si riducono a circa un quarto.

A parte questi vantaggi nei lavori preparatori della triangolazione trigonometrica, il risparmio di tempo e di denaro conseguibile con la tripla Santoni direttamente, in confronto con la macchina monocamera grandangolare attualmente più usata nell'America Latina e nel Nordamerica, la R.M.K. 10 della casa Zeiss, è dato dal seguente specchietto comparativo:

Operazioni necessarie per la presa fotogrammetrica di una zona di terreno di 1660 Kmq. corrispondente a 30' in longitudine e 20' in latitudine ad una latitudine di circa 30°.

OPERAZIONI	con la camera Zeiss R.M.K. 10 cm. ad un'altezza di 4000 m.	con la Tripla Santoni ad un'altezza di 3000 m.
Percorso del volo	Km. 333	Km. 111
Strisciate	N. 9	N. 3
Scatti di presa	N. 126	N. 66
Coppie da concatenare	N. 117	N. 63

Oltre a questi vantaggi nei riguardi dei tempi e dell'economia dei lavori, la tripla Santoni ne offre altri di carattere prevalentemente tecnico. In primo luogo è da osservare che, attenendosi alle quote di volo dello specchietto comparativo che immediatamente precede, mentre usandosi la R.M.K. 10, si ha sempre una scala media dei fotogrammi 1:40.000, con la tripla questa scala è raggiunta solo a metà delle panoramiche, cioè agli estremi dello sfruttamento normale in fase di restituzione, mentre che all'interno di questi estremi la scala dei fotogrammi si aggira sull'1:22,200 nella nadirale e va dall'1:16.250 all'1:40.000

nelle panoramiche. Questa maggiore scala dei fotogrammi della tripla si converte in una maggiore nitidezza dei particolari in generale e in una più spinta definizione dei particolari scelti nelle nadirali sia per il concatenamento che per il controllo. In secondo luogo il fatto che quasi tutto il terreno viene fotografato più volte (almeno due) da opposti punti di vista, impedisce l'esistenza non solo di angoli morti, ma anche quella di raggi radenti, abbastanza comune quando si operi con macchina grandangolari sopra terreno di alta montagna quando cioè i raggi ottici agli estremi del campo della camera hanno una inclinazione press'a poco eguale a quello del fianco del monte. Si potrà opporre — e a ragione — che in tali casi si deve ricorrere ad immagini di scala minore dell' $r:40,000$; benché ciò sia vero, si può rispondere che al rilevamento della linea di cresta e della fiancata visibile si sarà già proceduto usando delle immagini nelle migliori condizioni di scala e che avendo già inquadrato geometricamente tutti i contorni dell'angolo morto, sarà molto meglio disporre di una rappresentazione fotografica di questo, anche se a scala piccola, piuttosto che il non aver nulla.

COOPERAZIONE FOTOGRAMMETRICA DEI TRIANGOLATORI.

Se le minori necessità del rilevamento fotogrammetrico, in cui si impieghino macchine da presa appropriate, possono accelerare i lavori di questa fase preparatoria ai rilevamenti stessi, quale è la triangolazione terrestre, altri vantaggi si possono conseguire, chiamando i triangolatori a collaborare ai rilevamenti aerofotogrammetrici, durante i loro lavori sul terreno. L'utilità di una tale azione collaboratrice, può essere sfuggita ai fotogrammetri europei, giacché la loro attività ha avuto inizio quando già i lavori di triangolazione erano finiti. Non è questo il caso in paesi privi tuttora di qualsiasi lavoro topografico regolare.

Come mi sono espresso nel preambolo, in ogni fase dei lavori di misurazione si deve tener presente la finalità ultima, che è il rilevamento cartografico per via fotogrammetrica. Ora si è visto come le triangolazioni aeree siano facilmente soggette ad errori di vario ordine, quando manchino di punti di appoggio o almeno di controllo dopo un ridotto numero di coppie. Molti di questi punti di appoggio o di controllo possono essere determinati dai triangolatori stessi durante le loro operazioni normali sul terreno, giovandosi dei mezzi abituali della fotogrammetria terrestre. I non discutibili pregi della aerofotogrammetria ed il crescente favore che questo mezzo di rilevamento ha acquistato parallelamente allo sviluppo della navigazione aerea, ha, a parer mio fatto dimenticare altri pregi della ormai vecchia fotogrammetria terrestre. Se come mezzo di rilevamento cartografico la stereofotogrammetria terrestre del Pulfrich e del v. Orel non è più conveniente che in sporadici casi di alta montagna con pareti ripidissime o per rilevamenti di bacini montani a grandissima scala dove la alta precisione in quota è richiesta da speciali esigenze extra-

cartografiche, come determinatrice di singoli punti in planimetria e quota essa è un mezzo di precisione molto superiore alla aerofotogrammetria.

Se il triangolatore – di qualsiasi ordine – in ogni sua stazione di grande dominio (sommità, vette), oltre ad effettuare le normali operazioni relative alla triangolazione vera e propria, prendesse delle vedute panoramiche con un fototeodolite, posto nella identica posizione del teodolite triangolatore, ed altre vedute panoramiche prendesse da altro punto espressamente determinato a distanza conveniente (estremo della base), si immagazzinerebbero infiniti dati geometrici capaci di fornire in sede, a mezzo di uno stereocomparatore di precisione, un'infinità di punti di controllo. Rocce caratteristiche, limiti di bosco, alberi isolati, bruschi piegamenti della linea di cresta ed altri particolari del terreno evidenti, visibili sia nella coppia stereoscopica dei fotogrammi terrestri, sia nei fotogrammi aerei, servono perfettamente allo scopo. La visione stereoscopica favorisce la individuazione del particolare e la lunghezza della base – circa un decimo della distanza del particolare dalla base stessa – assicura una precisione geometrica sufficiente per scopi cartografici, quando si proceda per via di calcolo.

Il tempo necessario per queste operazioni fotogrammetriche non verrebbe ad incidere che in lieve misura sul totale impiegato nelle operazioni di triangolazione, giacché la maggioranza di esse potrebbe essere seguita negli intervalli di tempo normali fra le osservazioni azimutali e quelle zenitali, che, come è noto, per ragioni tecniche devono essere eseguite in ore della giornata molto distanziate.

Altro accorgimento cui non dovrebbe sottrarsi il triangolatore è quello che del trigonometrico che egli sta determinando rimanga traccia nei fotogrammi. Dato che, per il fatto che i voli di presa avranno preceduto la costruzione dei segnali o per altre ragioni, quale la insufficiente appariscenza di essi, di questi non si potrà scorgere alcuna immagine nei fotogrammi, sarà conveniente determinare dei riferimenti, scegliendo a tal uopo dei particolari naturali in prossimità dei trigonometrici e visibili nei fotogrammi.

Con queste varie operazioni, il triangolatore, pur restando ligio ai precetti vigenti per l'esecuzione delle triangolazioni e non decampando per nulla dalla ricerca dell'*optimum* per quanto riguarda la conformazione dei triangoli, specialmente quando si tratti di triangolazioni di ordine superiore, viene a portare un contributo più che prezioso alla specifica azione dei rilevamenti fotogrammetrici, giacché riduce al minimo, specialmente in terreno di montagna, le operazioni necessarie per la determinazione sul terreno dei punti di appoggio.

RILEVAMENTO DI TERRENI PIANEGGIANTI.

Condizioni molto diverse agli effetti del rilevamento aerofotogrammetrico, sia da un punto di vista tecnico, che da quello economico, sono presentate dai terreni di pianura o eminentemente pianeggianti, con movimenti del terreno

appena percettibili. In questi casi, la stereofotogrammetria aerea non è in grado di dare una rappresentazione soddisfacente dell'altimetria nei suoi minimi dettagli, a meno che, come già dissi, non si ricorra a fotogrammi a bassa quota e grande scala, non convenienti per la preparazione di una cartografia al 50.000.

In taluni paesi americani, come per l'appunto in Argentina, dove ad una scala topografica molto ridotta, come è il 50.000, si vuole assegnare compiti indicativi per eventuali bonifiche nel sistema idrico, descrivendo la altimetria con curve di minima equidistanza, si è pensato di ricavare dalla restituzione fotogrammetrica la sola planimetria, incaricando poi della quotazione e tracciamento delle curve, i normali topografi di tavoletta, con misurazioni dirette sul terreno. Questo modo di procedere, chiamato *metodo combinato*, può essere considerato un ripiego, ma non è certamente né il più indicato per accelerare i tempi di produzione, né il più esatto, almeno dal punto di vista teorico, giacché la restituzione stereofotogrammetrica parte da un presupposto di piano perfetto, che spesso è appena apparente.

Meglio è in questi casi ricorrere alle semplici fotoplanimetrie, cioè a rappresentazioni cartografiche più o meno finite della sola planimetria, cui in un secondo tempo può essere dato completamente con la quotazione e tracciamento della altimetria per via diretta, a mezzo non solo delle misurazioni sul terreno, ma anche giovandosi delle immagini fotografiche dall'alto che spesso permettono, anche in terreni lavorati e parzialmente trasformati, la visione dell'andamento naturale delle acque. L'allestimento di fotoplanimetrie è forse il più antico procedimento cartografico che abbia tratto profitto dalle fotografie nadirali prese da semoventi nell'aria. Usato con una certa fortuna per aggiornamenti di pianura, dove i punti di appoggio per il necessario raddrizzamento dei fotogrammi era fornito da particolari di sicuro affidamento delle carte già esistenti, venne poco usato per nuovi rilevamenti, specie a causa delle operazioni di calcolo abbastanza laboriose, necessarie per la risoluzione e compensazioni delle triangolazioni radiali, dalle quali sarebbe stato poi ricavato il numero indispensabile dei punti di appoggio.

Una brillante innovazione nelle triangolazioni radiali ha riportato in onore le fotoplanimetrie. Si tratta della triangolazione radiale meccanica, chiamata degli *slotted templet*, o maschere a fessura, introdotta nell'America del Nord poco prima della seconda guerra mondiale. Questo metodo, basato sui principi ormai classici della triangolazione radiale, consiste nel sostituire il calcolo numerico dei triangoli o il tracciamento grafico delle direzioni che, partendo dal punto nadirale o centrale del fotogramma passa per i particolari radiali in margine al fotogramma stesso e rappresentati pure nel fotogramma successivo, con una feritoia o fessura rettilinea a margini paralleli coassiale con la direzione radiale. Non è il caso di diffondersi nelle particolarità operative di questo metodo, ormai conosciuto dovunque.

Merita tuttavia di essere messa in evidenza una sua caratteristica pecu-

liare che lo distingue dalle normali triangolazioni radiali, che generalmente permettono solo il concatenamento di una o due strisciate; infatti la triangolazione radiale meccanica a mezzo degli *slotted templet* consente di collegare non solo i susseguenti fotogrammi di una stessa strisciata, ma anche varie strisciate affiancate, quando naturalmente esista una sovrapposizione laterale conveniente, per cui immagini di particolari laterali dei fotogrammi di una strisciata appaiono pure in quelli della strisciata vicina.

In pratica, con questo metodo, quando il terreno sia veramente piano, con pochi punti di appoggio all'inizio e al termine delle strisciate ed altri nelle strisciate ai margini laterali della zona da triangolare, si possono inquadrare superfici di terreno molto estese, la cui limitazione è data dalle più difficoltà materiali dell'esecuzione del mosaico dei cartoncini, che rappresentano i singoli fotogrammi, che da impedimenti di ordine teorico. Naturalmente il buon esito di queste triangolazioni è direttamente legato alla precisione meccanica dei mezzi impiegati (feritoie e pernietti perfettamente calibrati) e alla perfetta corrispondenza degli angoli fra le direzioni scelte nei fotogrammi con quelli fra gli assi della feritoia dei cartoncini. Alcuni studi sulla portata del metodo con una casistica degli errori intercorsi, pubblicati in riviste tecniche nordamericane, fanno propendere il giudizio che taluni errori notati siano più da ascrivere a sbagli materiali che ad insufficienze del metodo. Non c'è dubbio che parecchie cause di errore o di sbaglio sono connesse con il procedimento materiale esecutivo, quando le direzioni radiali siano tracciate materialmente sui fotogrammi positivi, con ogni facilità deformati durante i bagni, quando il centro del fotogramma sia pure determinato graficamente, quando la determinazione dei particolari marginali radiali possa essere scarsamente definita per mancanza di mezzi ottici di ingrandimento e di visione stereoscopica.

Per evitare queste cause di errore e per portare il metodo delle triangolazioni radiali meccaniche nel campo pratico delle applicazioni su larga scala, una officina ottico-meccanica di precisione italo-americana*, sotto la guida del fotogrammetra Dott. U. Bartorelli, ha costruito un complesso strumentale, in cui oltre a due tipi di raddrizzatori, figura un triangolatore radiale accoppiato alla tranciatrice delle feritoie. Il triangolatore radiale che, a parte una diversa realizzazione del percorso ottico e della visione binoculare, risolve praticamente i compiti del vecchio triangolatore radiale Zeiss, è collegato meccanicamente con la tranciatrice dei cartoncini destinati alla triangolazione radiale meccanica. Oltre ad ottenere, in tal modo, la perfetta corrispondenza fra il punto principale del fotogramma e il centro del cartoncino, a questo si trasmettono i movimenti rotatori imposti al fotogramma negativo – privo cioè di quelle deformazioni temibili nei positivi in carta – osservando i particolari radiali prescelti attraverso un sistema ottico bino-

(*) La Maffi, Copello & Cia, di Buenos Aires.

colare di grande ingrandimento, non solo, ma fornito pure di un prisma di Amici che consente la visione stereoscopica del particolare. A coincidenza avvenuta delle due immagini del particolare omologo, con una leva a pedale si procede al tranciamento della feritoia nei cartoncini.

Per quanto gli esperimenti già fatti, pur con ottimo esito, siano relativamente ancora pochi, è da prevedersi che con gli accorgimenti introdotti l'esecuzione della triangolazione meccanica, privata degli errori materiali, possa entrare nella pratica operativa dei rilevamenti in tutti quei paesi del continente americano, e non solo di esso, dove l'assenza di sviluppi orografici dà un'importanza preponderante alla rappresentazione planimetrica. La quotazione il tracciamento dell'altimetria potranno essere effettuate in un secondo tempo, quando speciali bisogni li richiedano e quando la livellazione generale del paese, secondo i procedimenti classici di questa operazione di misura, abbia raggiunto la zona interessata. La rappresentazione planimetrica del paese, sia a mezzo di fotoplanimetrie vere e proprie, sia a mezzo di rappresentazioni cartografiche da queste derivate, sarà sempre un contributo notevolissimo alla conoscenza del territorio nazionale da conseguirsi in un tempo relativamente breve, con lavori di campagna molto limitati, e in ogni modo completabili per quanto riguarda l'altimetria, senza bisogno di nuovi voli e di nuove prese.

La limitazione all'estensione di ciascun blocco triangolabile secondo il metodo sopra descritto è dato, come è stato detto, più dalle difficoltà materiali di esecuzione, che da fattori teorici. Lavorando ad una scala di 1:50.000, si potrebbe forse anche arrivare a blocchi di 1° in longitudine ed 1° in latitudine, con dimensioni di circa m.1,80 per 2,22, a latitudini di circa 30°. Forse allo scopo di evitare acrobazie e nello stesso tempo non estendere eccessivamente il campo privo di punti di appoggio, come pure di permettere un maggior frazionamento del lavoro di sede e con ciò aumentare la produzione complessiva, sarebbe bene non estendere i blocchi della triangolazione meccanica oltre i 30' in longitudine ed i 20' in latitudine, estensione che in molti paesi corrisponde a quella del foglio al 100.000. In tale caso, disponendo già delle catene geodetiche di I ordine ad intervalli di due gradi, sia in longitudine che in latitudine, diventano necessarie delle catene ausiliari di ordine inferiore, che attraversino il rettangolo di I ordine parallelamente, ad intervalli di 30' rispettivamente di 20' oppure, come si è detto, parlando del terreno di montagna, di un raffittimento del I ordine, con uno sviluppo di ordine inferiore limitatamente alle linee marginali dei fogli al 100.000. Ogni altra determinazione di punti di appoggio speciali è qui esuberante, quando naturalmente dei vari trigonometri esistano riferimenti, rappresentati da particolari fotografici.

Circa le macchine da presa maggiormente adatte per ricavare fotoplanimetrie a mezzo della triangolazione radiale meccanica, è ovvio che le monocamere grandangolari aventi un abbracciamento presso a poco eguale nelle due direzioni abbiano un vantaggio sulle macchine multiple a ventaglio, nella fase della triangolazione meccanica. Non è però detto che anche le macchine

a ventaglio, tipo la tripla Santoni, non possano servire a questo scopo. Sarebbe tuttavia necessaria una preventiva trasformazione dei fotogrammi panoramici nel piano del fotogramma nadirale ed una riduzione di essi alla scala di questo. A tal fine oltre alla perfezione ottico-meccanica della macchina è necessario operare con la massima oculatezza nella riunione in un complesso rigido dei tre fotogrammi ed in ogni modo si deve rinunciare ai vantaggi offerti dal triangolatore-tranciatrice, dovendosi operare sui positivi raddrizzati in carta.

Sarebbe certamente molto attraente la possibilità di aumentare il campo di abbracciamento in ambedue le direzioni e con ciò diminuire i collegamenti necessari per coprire una determinata zona. Con tale fine ed esclusivamente per la Luftwaffe tedesca, la casa Zeiss ha costruito durante la guerra un limitato numero di macchine da presa, le Pleon, che con una distanza focale di cm 7.5 avevano un campo effettivo molto vasto, si da ritrarre da una quota di 7500 metri una superficie di terreno di 900 Km². L'immagine del terreno che prima di passare per un obiettivo Topogon, era raccolta e rifratta a mezzo di un menisco di grandi dimensioni era naturalmente molto distorta; poteva però essere corretta della deformazione e dare delle positive regolari procedendo per cammino inverso. In ogni modo, data la concentricità della deformazione, il negativo originale poteva servire per determinare le direzioni radiali che interessano la triangolazione radiale a mezzo degli *slotted templet*. Impiegando simili macchine, si potrebbero ridurre i concatenamenti e allontanare fra di loro le catene delle triangolazioni terrestri di appoggio, diminuendo i lavori necessari per queste. Naturalmente il mosaico planimetrico ottenuto a mezzo di tali macchine avrebbe solamente il valore di creare la definizione di punti, giacché per la piccola scala di esso (1:100,000) non potrebbe soddisfare completamente per planimetrie al 50.000. Sarebbero cioè necessari altri voli con prese a scale maggiori, da raddrizzare in base ad elementi fotografici del primiero mosaico planimetrico.

Se il doppio volo costituisce per un verso una sensibile spesa, per altro verso diminuisce, come si è detto, i lavori a terra per le triangolazioni, si snellisce di molto la triangolazione radiale meccanica e soprattutto si diminuiscono le cause meccaniche di errore. Nei secondi voli, la tripla Santoni conserva sempre i vantaggi a suo tempo esposti, mentre per i primi in luogo della Pleon, che, a quanto mi consta, è attualmente fuori commercio, potrebbe servire la R.M.K. 10 portata con aerei speciali ad altissime quote.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE CIRCA LA ORGANIZZAZIONE DI UN SERVIZIO GEOGRAFICO MODERNO IN PAESI PRIVI O QUASI DI CARTOGRAFIA REGOLARE.

Voli di presa. La prima operazione che deve precedere ogni altra attività operativa di un Servizio Geografico moderno è costituita dai voli aerei a scopo di presa fotogrammetrica. Il territorio nazionale assegnato al servizio sarà diviso in due grandi branche: terreno montuoso o comunque molto mosso

e terreno di pianura o pianeggiante. A ciascuna di queste due branche saranno assegnati aerei idonei a volare alle altezze necessarie e macchine da presa adatte, come già si è detto. La forma del territorio nazionale, o della parte di esso presa in considerazione, suggerirà, insieme ad altri elementi, l'opportunità di scegliere come direttrici di marcia linee meridiane o linee ad esse normali. La lunghezza dei percorsi di ciascun volo rettilineo dipenderà dalle caratteristiche nautiche degli aerei impiegati e dalla possibilità di atterraggio più che da limitazioni imposte dalle macchine da presa. Infatti i serbatoi di pellicola sia delle tre camere della tripla Santoni 1948, quanto di quella della R.M.K. 10 Zeiss, hanno una capacità di 60 metri ciò che significa, alle altezze di volo relative considerate di 3000 e 4000 metri rispettivamente, una ripresa lineare utile di 504 e 748 Km. La presa rimane pertanto una questione di organizzazione aeronautica, anche se al Servizio Geografico, cui spetta la parte di committente e collaudatore dei voli, potrà essere riservato il compito di definire sul terreno i punti di partenza e di arrivo di ciascun volo fotogrammetrico. Pur potendo variare, a seconda della natura del terreno e della sua copertura, il tipo di segnalizzazione che dovrà servire all'aviatore come indicazione degli estremi delle strisciate, sarà compito geografico la determinazione degli allineamenti dei punti di partenza e di arrivo lungo i meridiani o i paralleli - la curvatura di questi non ha importanza pratica in voli di 100.000 o 200 chilometri - nonché dei punti estremi delle strisciate ad intervalli ritenuti i più adeguati per la macchina da presa usata.

Sia per la direzione dei voli di ciascuna strisciata, sia per la definizione di questi allineamenti può oggi, meglio che i vecchi mezzi usati nel passato, servire il radar. In quest'ultimo bisogna, di competenza precipua del Servizio Geografico, una lunga strisciata rettilinea, guidata a mezzo del radar su un punto di identica latitudine o longitudine del punto di partenza, e convenientemente portata ad una scala media conosciuta, potrebbe indicare, con sufficiente approssimazione, la posizione dei punti di partenza e di arrivo delle singole strisciate lungo gli allineamenti, riducendo il compito alla materiale segnalizzazione dei punti stessi.

Non è qui il caso di sollevare eventuali dissidi di competenza fra Servizio Geografico ed Aeronautica. Il primo è e rimane il committente ed il collaudatore dei voli di presa. È pertanto opportuno che il servizio aeronautico, militare o civile, statale o privato che sia, assolva al suo compito con soddisfazione del committente, addestrandolo personale alla specifica bisogna e conservando al servizio della presa aerea chi, attraverso la pratica, ha dimostrato una maggior competenza.

Data la preminente importanza dei voli aerei, è conveniente che il servizio volo abbia una propria autonomia e dipenda direttamente dalla direzione del servizio geografico al pari delle altre divisioni operative. L'organizzazione dei lavori di presa, pur seguendo, nell'ordine della precedenza territoriale, criteri connessi con lo sviluppo economico nazionale, dovrà procedere per grandi

blocchi, limitati soltanto dalle possibilità dei mezzi di volo e dalle condizioni stagionali, senza subire freni o limitazioni da parte della capacità operativa delle altre divisioni tecniche. Specialmente nelle zone discarse popolazione o tuttoggi affidate ad un'economia patriarcale o primitiva, i cambiamenti dell'aspetto superficiale del terreno sono talmente lenti, che una presa fotogrammetrica anche di parecchi anni innanzi conserva completa la sua attualità. Una maggiore rapidità nell'esecuzione dei voli fotogrammetrici in confronto con le possibilità delle divisioni operative, sarà anzi a tutto vantaggio della produzione generale. Sarà infatti di grande utilità il poter disporre di fotogrammi di vaste zone, per la progettazione delle catene di I ordine, per gli eventuali raffittimenti, per i raffittimenti di ordine inferiore lungo le strisciate nadirali, quando si tratti di terreno di montagna o per il graticcio di catene secondarie, quando si tratti di terreni di pianura, destinate ad inquadrare la triangolazione radiale meccanica. Ma oltre che utile in fase di progettazione generale, l'avere a disposizione fotogrammi aerei del terreno in cui devono operare sarà di sommo aiuto ai triangolatori stessi in fase esecutiva, in quanto il confronto quanto si presenta loro alla vista diretta con le fotografie dall'alto della medesima zona potrà risolvere eventuali dubbi, dare indicazioni preziose per lo sfruttamento fotogrammetrico terrestre delle stazioni trigonometriche, nonché indicare eventuali e facili determinazioni accessorie, che, pur essendo estranee alla triangolazione vera e propria, possono tornare utili come punti di appoggio fotogrammetrico. Non solo utile, poi, ma assolutamente necessario sarà per il triangolatore avere a disposizione almeno i fotogrammi aerei che ritraggono la sua zona di operazione, per ricercare i particolari del terreno le cui immagini diventeranno riferimento fotografico del trigonometrico stesso.

Pur costituendo il servizio dei voli aerei un servizio autonomo, direttamente dipendente dalla direzione del Servizio Geografico, non è detto che al servizio stesso non debbano essere assegnati, almeno come dirigenti, fotogrammetri competenti ed esperti in sommo grado.

Triangolazioni e livellazioni. Delle triangolazioni in generale, agli effetti dei rilevamenti, è già stato detto abbastanza per incidenza, trattando dei vari argomenti. Giova ripetere che sia le catene di I ordine, come l'eventuale riempimento del medesimo ordine, devono rispondere a requisiti geodetici puri. Il contributo dato dai triangolatori di quest'ordine ai rilevamenti aerofotogrammetrici, con la determinazione di riferimenti fotografici o con le prese di fotogrammetria terrestre non deve per nulla modificare il loro compito principale.

Per quanto riguarda la livellazione geometrica, principale e secondaria, rimangono invariati i canoni secondo cui si deve procedere in tali lavori. È fuori dubbio che anche per la livellazione, l'avere a disposizione le fotografie aeree delle zone per le quali deve passare la livellazione è una facilitazione, sia in fase di programmazione, che in fase esecutiva. La livellazione è un'opera-

zione di misura che, per lo meno in terreno mosso, deve precedere la triangolazione di ordine inferiore, ai fini di poter fornire le quote di arrivo e di partenza nella livellazione trigonometrica contemporanea alla triangolazione. In pianura, di dove naturalmente la livellazione geometrica deve passare, provenendo dai mareografi, e dove potrebbe sostituire completamente la livellazione trigonometrica, se convenientemente ramificata in reti secondarie, agli effetti del rilevamento può anche essere ritardata fino a quanto si voglia procedere alla quotazione delle fotoplanimetrie.

Rilevamenti propriamente detti. Mi riferisco, naturalmente, solo a quelli per via fotogrammetrica, ritenendo quelli classici con la tavoletta pretoriana ormai sorpassati, come mezzo normale di rilevamento, anche se tuttoggi questi ultimi sono o dovrebbero essere impiegati per l'addestramento dei restitutori stereofotogrammetrici, sia per abituarli all'apprezzamento delle forme del terreno, sia per assuefarli alla valutazione dei particolari fotografati, nel confronto con la realtà, sia per studiarne le possibilità di rappresentazione nelle varie scale cartografiche.

Il lavoro di rilievo può essere diviso in due tipi completamente diversi: lavori di campagna e lavori di sede o di gabinetto. I primi consistono soprattutto nella determinazione a terra dei punti di appoggio, che, anche facendo largo uso delle triangolazioni aeree, sono indispensabili all'inizio e alla fine dei tratti concatenati. Come abbiamo visto, parlando delle triangolazioni terrestri, può succedere che, per un acuto senso di sensibilità fotogrammetrica del triangolatore, oltre che per l'apporto di punti geometrici determinabili, in taluni terreni, a mezzo della fotogrammetria terrestre, si venga a disporre di un numero sufficiente di punti di appoggio, senza che sia necessario un espresso ritorno sul terreno, o che per lo meno sia molto ridotto il numero delle coppie per le quali il lavoro sul terreno è ancora necessario.

Naturalmente, il giudizio sulla sufficienza dei punti necessari per ogni singola coppia e la validità di essi, quando siano stati in precedenza determinati, implica una indagine minuziosa da parte dei tecnici incaricati di presiedere e dirigere i lavori di rilevamento fotogrammetrico.

Dei secondi, cioè dei lavori di sede o di gabinetto, non è qui il caso di parlare dettagliatamente. Questa materia che fu oggetto di studi e di esperimenti per quasi mezzo secolo ha dato luogo a trattati ed istruzioni, sia teoriche che pratiche, che possono anche variare nel dettaglio da strumento a strumento. Una osservazione può tuttavia essere opportuna sulle dotazioni strumentali e soprattutto sulla quantità di esse. Semplificare e accelerare le varie operazioni sul terreno, di cui è oggetto il presente articolo, non avrebbero alcun senso pratico e positivo se non portassero anche ad una più rapida conclusione dei lavori in genere, la cui prova tangibile è data dalla compilazione della carta. Dico espressamente compilazione e non pubblicazione della carta, perché talvolta insufficienza di elementi artistici specializzati o attrezzature

invecchiate se non addirittura l'assenza di stabilimenti di riproduzione e stampa possono consigliare di affidare ad elementi estranei al Servizio Geografico queste operazioni di rifinitura.

Se i voli aerei della presa, per le ragioni già esposte, devono essere condotti con rapidità e senza alcuna relazione con la capacità produttiva delle divisioni tecniche operative, è invece raccomandabile che, non appena si sia raccolto tutto il materiale di appoggio, diretto e indiretto, per la restituzione stereofotogrammetrica, se si tratta di terreno mosso, e per la triangolazione meccanica, se si tratta di terreno piano, si proceda rapidamente a convertire in carta i fotogrammi raccolti. Le dotazioni strumentali devono pertanto essere in numero tale da poter smaltire nel minor tempo possibile tutto il materiale aereo in grado di essere restituito o trasformato in fotoplanimetrie.

Naturalmente anche gli strumenti di sede: stereorestitutori, raddrizzatori, triangolatori radiali-tranciatori e installazioni fotografiche, hanno pure bisogno di un proprio personale specializzato. Ma mentre il personale di campagna, destinato ad operare isolato, ha bisogno di una lunga preparazione tecnica generalizzata oltre che di un addestramento preventivo specifico, il personale di sede agisce sempre sotto la guida e dispone sempre di eventuali aiuti di un tecnico provetto così che, destinato fin dal suo reclutamento ad una brancaristretta di lavori specifici, può essere facilmente reclutato e riuscire di buon rendimento dopo un breve periodo di prova e di tirocinio, senza che sia necessaria in lui una coltura topografica superiore.

Per quanto riguarda gli strumenti stereorestitutori, i triangolatori radiali-tranciatori ed i raddrizzatori, una rassegna di essi con i pregi e i difetti dei vari tipi prodotti dalle diverse case specializzate potrebbe confondersi con un bollettino di pubblicità commerciale; ciò che non è nelle finalità del presente studio. Si può affermare che tutti gli strumenti, specialmente stereorestitutori, che hanno superato in vari anni di uso la critica più decisiva, che è quella del personale incaricato di impiegarli, sono buoni e rispondono allo scopo. Mi limiterò pertanto a mettere in evidenza una sola caratteristica strumentale che diventa preziosa per i rilevamenti a media scala (1:50.000) nei paesi extraeuropei; la completa universalità dei restitutori Santoni-Galileo, che soli sono in condizione di restituire fotogrammi comunque inclinati rispetto alla verticale. A sua volta merita menzione il Triangolatore radiale-tranciatore Bartorelli, che, a quanto mi consta, è l'unica realizzazione in questo campo.

Riproduzione e Stampa e Divisione cartografica. Sono ambedue servizi che generalmente fanno parte del Servizio Geografico, anche se in effetto non hanno alcun problema in comune nè con la geodesia, nè con la topografia, né con la fotogrammetria. Come ho già detto, il disegno cartografico e le varie operazioni tecniche che portano alla stampa e alla pubblicazione potrebbero essere

eseguite da enti estranei al Servizio Geografico. Ragioni non tecniche, ma militari possono consigliare di assumersi in proprio anche queste ultime due branche dell'attività cartografica. Ritengo perciò di non dovermene occupare se non per accennare, e solamente accennare, alla possibilità di affidare al servizio riproduzioni i lavori fotografici relativi allo sviluppo e preparazione dei fotogrammi aerei e terrestri, nonché la preparazione delle fotoplanimetrie.

COMUNICAZIONI AI SOCI

La Presidenza nel periodo della solennità pasquale ha fatto pervenire a tutti i Soci una lettera circolare dando notizia delle nuove cariche sociali in seguito al referendum indetto nel dicembre u.s. I Soci hanno liberamente scelto il nuovo Consiglio direttivo nelle persone ricordate nella terza pagina della copertina del presente Bollettino. Il Consiglio stesso nel suo seno ha scelto – mediante votazione segreta – Il Presidente, i due Vicepresidenti, il Segretario generale.

Venne eletto a Segretario generale il Chiar.mo Prof. Dott. Ing. Alfredo Paroli, Ispettore generale della Amministrazione del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, il quale però ha fatto subito presente di non potere dare la sua attività, come nel passato, per l'esplicazione delle funzioni di Segretario generale, dato il grande lavoro ch'Egli deve compiere in questo momento presso la Direzione generale del Catasto, per la sorveglianza dei lavori relativi alla fine delle operazioni catastali sul piano nazionale, mentre la SIFET è in continuo sviluppo.

La Presidenza, compenetrandosi nel desiderio del Prof. Paroli, accoglie la sua domanda, porgendogli pubblicamente i sentimenti di gratitudine di tutti i Soci, per l'opera Sua fattiva e costruttrice spiegata in favore della SIFET dalla sua fondazione ad oggi, mettendo in luce che molte delle realizzazioni ottenute sono frutto dell'opera sua e dei suoi sacrifici.

Le funzioni di Segretario generale fino alla prossima riunione del Consiglio direttivo vengono assunte dal sottoscritto, che esprime al Prof. Paroli i sensi della sua profonda riconoscenza, con l'augurio che, ultimati i lavori che lo tengono attualmente così occupato, Egli possa nuovamente dare alla SIFET la sua non comune ed apprezzata attività.

Il Presidente
BOAGA

Roma, 30 aprile 1954