

PROLUSIONE DEL PRESIDENTE

Infine ha preso la parola il Prof. Giovanni Boaga che con chiara esposizione ha trattato l'argomento « *Lo sviluppo della Topografia e Fotogrammetria in Italia durante i primi cento anni dell'Unità Nazionale* ».

L'argomento che mi è stato proposto di sviluppare in questo settimo Convegno nazionale della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia, in un anno in cui tutte le forze buone della nazione commemorano il primo centenario dell'Unità italiana, è assai vasto e complesso. Mi sono studiato perciò di fare una sintesi dell'ingente lavoro compiuto nel campo delle nostre discipline che costituiscono la parte principale ed indispensabile per la riproduzione cartografica atta a rappresentare i territori della nostra Patria con tutte le particolarità e predisporre quei documenti indispensabili per i progetti di strade, canali, irrigazioni, bonifiche, bacini montani ecc. che una industriosa civiltà di massa in cammino, come la nostra, fortemente reclama.

Alle origini della unità italiana già tutti gli Stati in cui era scomposto il Paese: il Regno di Sardegna, la Lombardia, il Veneto, i Ducati di Modena e di Parma, la Toscana, lo Stato Pontificio, il Regno delle due Sicilie, possedevano buone cartografie e taluni anche importanti servizi topografici.

Il compimento dell'unità nazionale e la proclamazione del Regno d'Italia, avvenuta cento anni or sono nel mese di marzo, dovevano necessariamente unificare e coordinare tutto il servizio geo-topografico. Questo compito, quanto mai importante e delicato, venne affidato allo Stato Maggiore dell'esercito italiano, tramite un apposito Ufficio diretto da un generale ed istituito per svolgere, come compito di istituto, lavori geodetico-topografici militari. Questo ufficio in definitiva veniva a sostituire l'antico « Ufficio Topografico dello Stato Maggiore Sardo », che tante benemerienze si era acquistato in ben tre secoli di attività geo-topografica. Successivamente, nel 1865, sotto l'alta direzione del Comando generale del Corpo di Stato maggiore, è stato istituito un « Istituto Topografico Militare » con il compito di eseguire i lavori topografici e geodetici per i bisogni dello Stato. Nel 1882, su proposta del Ministro della guerra gen. Giulio Ferrero, l'Istituto cambiò la sua denominazione in quella di « Istituto Geografico Militare », denominazione che conserva tuttora e che meglio corrisponde al vero compito di istituto che esso persegue.

La ripresa dei lavori geodetici e topografici nello Stato italiano unificato venne a coincidere con un avvenimento della massima importanza nel campo scientifico internazionale: la fondazione (1861) dell'« Associazione internazionale per la misura del grado europeo », che più tardi prese il nome di « Associazione geodetica internazionale » attualmente aggregata alla « Unione Geodetica e Geofisica Internazionale ». Questo consesso, sorto per iniziativa del generale Bayer, tenne una importante seduta nell'ottobre 1864 a Berlino, alla quale l'Italia era rappresentata dallo Schiapparelli, direttore dell'Osservatorio di Brera in Milano. In questa riunione vennero fissate le modalità della collaborazione internazionale per il raggiungimento degli scopi comuni, consistenti nella misura di basi, triangolazioni, determinazioni astronomiche di latitudine, longitudine, azimut, livellazioni di precisione e collegamento delle misurazioni fra i Paesi confinanti.

Venne stabilito in detta riunione che l'errore probabile nelle misure angolari non dovesse superare 1" e quello delle misure lineari $\frac{1}{250000}$ della loro lunghezza. Ove tali errori dovessero essere superati nelle triangolazioni già eseguite, si richiedeva che venissero ripetute. Vennero anche gettate le basi del « collegamento delle varie reti nazionali » e raccomandato di rendere di pubblica ragione le risultanze ed in forma tale da consentire la verifica e, occorrendo, di ripetere i calcoli. Venne stabilito che nei calcoli geodetici

fosse esclusivamente impiegata la tesa di Bessel, in attesa della determinazione in modo scientifico del rapporto fra il metro e le altre misure in uso nei vari Paesi. Altre norme vennero fissate per le operazioni relative alle altitudini ed alle operazioni astronomiche.

Allo scopo di soddisfare agli impegni presi nel campo internazionale, presso il Ministero della Pubblica Istruzione venne istituita una Commissione nazionale « Commissione italiana per la misura dei gradi in Europa » più tardi denominata « Commissione geodetica italiana », sotto la presidenza del Generale Ricci, Capo dell'Ufficio dello Stato Maggiore dell'Esercito. Primi membri di tale commissione sono stati: gli astronomi G. B. Donati, De Gasperis, Schiapparelli, il geodeta Schiavoni e il Colonnello De Vecchi dello Ufficio topografico nazionale.

Questa Commissione tenne la sua prima riunione a Torino il 3 giugno 1865. Vennero in tale occasione passati in rassegna i lavori compiuti, fra i quali la nuova base di Catania e il suo riattacco alla rete di Sicilia; il riattacco della base di Foggia alla triangolazione generale dell'ex-Reame di Napoli; la misura di una terza e piccola base effettuata nel 1862 a Napoli, collegata alla base di Castelvoturno e al triangolo di primo ordine Camaldoli-Taburno-Sant'Angelo a tre Pizzi. Venne pure stabilito il programma dei lavori da compiersi su tutto il territorio nazionale; comprendente oltre a lavori trigonometrici e di livellazioni, numerosi collegamenti geodetici.

Da questo momento tutta l'attività geo-topografica italiana venne esplicata dall'Istituto Topografico Militare in stretta collaborazione con la Commissione geodetica, collaborazione tuttora in atto.

Intanto si addivenne alla promulgazione della « legge per la Carta d'Italia », con conseguente necessità del *rilevamento topografico* del territorio italiano. Durante questi rilievi in Italia, per la prima volta nel 1875, fece la sua comparsa il *metodo fotogrammetrico*, sotto la direzione e la guida dell'Ing. Pio Paganini. Si trattò di un contributo al rilievo del terreno, effettuato con l'ausilio di uno strumento speciale realizzato mediante una felice combinazione del teodolite colla camera oscura. Questo nuovo modo di procedere si pensò idoneo per affrontare ed eseguire operazioni di rilevamento nelle zone alpine, essendo atto a trarre con fedeltà geometrica ed efficacia artistica le parti più aspre e difficili, sovente non accessibili. Ma purtroppo gli esperimenti eseguiti dal Cap. Manzi nel rilevamento del Gran Sasso d'Italia in Abruzzo, e poi ripetuti nel Moncenisio dal Gen. De Vecchi, non diedero gli effetti desiderati ed una commissione, appositamente nominata per riferire sulla convenienza o meno del nuovo procedimento, si pronunciò in modo del tutto sfavorevole.

Poco tempo dopo, nel 1878, il Gen. Ferrero, affidò all'Ing. Paganini l'incarico di riprendere gli studi. Il Paganini si applicò con amore e grande passione e riuscì a costruire un fototeodolite atto a dare buoni panorami fotografici, esenti da deformati, e gli elementi geometrici, tanto sul piano orizzontale quanto su quello verticale, occorrente a ricavare dai detti panorami la rappresentazione topografica. Una prima prova venne fatta nello stesso anno nelle Alpi Apuane, nelle Cave di Colonnata presso Carrara. L'anno successivo, dopo di aver modificato ulteriormente la sua « macchina » il Paganini abbordò un rilevamento più vasto e più impegnativo, rilevando la Sierra dell'Argentera nelle Alpi Marittime e nel 1880 iniziò il rilevamento del gruppo del Gran Paradiso per una estensione di circa 200 chilometri quadrati, che venne compiuto in un periodo di cinque anni.

Con questi lavori – vera gloria italiana – il problema poteva considerarsi felicemente risolto dal punto di vista tecnico scientifico; restava soltanto da escogitare il modo più conveniente per applicare il sistema nella costruzione della Carta dello Stato.

Venne in tale occasione esaminata e discussa la convenienza dell'uso misto: metodo ordinario e metodo fotogrammetrico, anziché soltanto fotogrammetrico, specialmente per il rilievo di fondi di valle, o per terreni più coperti, più accessibili e più densi di particolari aventi carattere antropogeografico. Una esperienza in questo senso perfettamente riuscita venne fatta nel 1887-88 nella regione dello Spluga, che diede origine ad un rilievo

Seduta inaugurale. Il discorso del Presidente



molto accurato alla scala 1 : 50.000 del foglio 6/7 della Carta d'Italia, comprendente una zona di 240 Km² dei quali circa il 50 % con terreni di quote assai elevate (2000 m).

Successivamente con questo procedimento vennero rilevati il Cervino (anno 1890), il Gruppo del Monte Rosa e del Monviso (1907-08), nella Sicilia (1910), nella Carnia (1911) e una ricognizione generale per l'aggiornamento dell'Alta Valle d'Aosta.

Subito dopo la prima guerra mondiale venne eseguito con questo metodo un interessante saggio di rilevamento a grande scala (1/200) della fronte del Ghiacciaio del Lys (Val Gressoney), per aderire al desiderio della Commissione Glaciologica, allo scopo di ottenere elementi sicuri per lo studio delle variazioni dei ghiacciai.

Ritornando alla Carta topografica dello Stato è bene ricordare che le operazioni di rilevamento necessarie per la sua costruzione sono costituite da due parti: la prima puramente numerica, la seconda mista ossia grafica numerica ad un tempo. Con la prima mediante misure trigonometriche vengono fissate le coordinate di un certo numero di punti, convenientemente scelti sul terreno; con la seconda, con l'appoggio ai punti di cui si è fatto cenno, viene rappresentato il terreno in tutte le sue caratteristiche topografiche, in relazione alla scala adottata per il rilevamento.

La triangolazione topografica (del I, III e IV ordine) viene attaccata a quella geodetica (triangolazione di I ordine), secondo determinati principi. Con l'impiego del problema di Pothénot o quello di Hansen, ossia con stazioni volanti, si determinano talvolta i vertici di IV ordine.

Per ogni 100 Km² esistono da 5 a 6 punti per le levate al 50.000; da 12 a 15 per quelle a 25.000; 35 per quelle al 10.000. Come vertici si scelsero i campanili, le torri e, in generale, le sommità di edifici bene individuabili, erigendo all'uopo ove si presenta il bisogno pilastri in muratura o a secco, o anche torri in legno. Dal lavoro effettuato fino al 1877 scaturirono alcune norme ottimamente elaborate, che vennero poi seguite da quanti si dedicarono a queste misure.

Nel 1884 e negli anni successivi vennero collegati alla rete fondamentale tutti gli Osservatori Astronomici.

La triangolazione geodetica poté dirsi virtualmente ultimata nel 1889. Le nove basi sulle quali essa è stata costruita sono state misurate con un apparato di Bessel con sbarre bimetalliche costruito dal meccanico Ertel di Vienna in epoche diverse fra il 1859 (base di Foggia) ed il 1895 (base di Piombino). Qualche anno fa, l'Istituto Geografico Militare ha ripetuto la misura della base di Piombino, con attrezzatura moderna (fili invar).

Nel 1900 anche la Sardegna era interamente rilevata e con essa poteva dirsi ultimato il grande lavoro per il rilevamento della carta disegnata sulla proiezione di Flamsteed.

All'inizio del secolo la Sardegna era stata collegata al continente con una serie di triangoli, uno dei quali ha un lato (Isola del Giglio-Monte Limbala) della lunghezza di ben 219 Km.

Nel 1902 venne eseguito il collegamento delle Isole maltesi con la Sicilia. Va pure ricordato il collegamento della Tunisia alla Sicilia (1922) della Venezia Giulia, Alto Adige e Trentino (1930-35), della Dalmazia (1941-42); i collegamenti delle reti albanese greca e delle Isole dell'Egeo (1941-42) e quelli recentissimi (1951-52) della penisola italiana con la Corsica e della Corsica con la Sardegna, nonché quelli con la Francia nella zona del Monte Bianco, con la Svizzera e con l'Austria.

Per il calcolo dei dislivelli mediante il procedimento della livellazione trigonometrica venne determinato sperimentalmente — con lunghe serie di osservazioni — nelle zone interessate, il coefficiente di rifrazione, in quanto si osservò che questo non si manteneva costante, ma variava da zona a zona.

Nel frattempo, 1° marzo 1886 venne promulgata la legge con la quale si istituiva la Amministrazione del Catasto con il compito specifico della formazione del nuovo catasto geometrico particellare, basato sulla misura.

La rete trigonometrica ausiliaria era stata composta con ben 20.000 vertici, numero questo sufficiente per una sicura ed invariabile base non soltanto per la Carta, ma altresì per ogni altro lavoro topografico locale; il rilievo era stato eseguito, tenendo conto delle possibilità strumentali, in modo tale da permettere anche un collegamento con i rilievi catastali, iniziati ormai in quasi tutte le provincie italiane. Si resero pubblici i risultati ottenuti con la serie di fascicoli editi dallo I.G.M. dal titolo « Elementi geodetici dei punti contenuti nei fogli della Carta d'Italia » che iniziati nel 1880, col fascicolo di Messina (foglio 254 della carta, prevista in 277 fogli) ebbero termine poco prima dell'inizio della seconda guerra mondiale.

Contemporaneamente in molte provincie italiane venivano effettuati rilievi e aggiornamenti per la cartografia al 25.000.

Sopravvenne così la guerra 1914-1919 che impedì il proseguimento di questi lavori e di quelli topografici non compatibili con i rilievi di carattere esclusivamente militare.

Dopo la guerra l'Istituto ripigliò a poco a poco lo svolgimento della sua attività soprattutto nella revisione delle levate austriache dei territori annessi: Venezia Giulia e Trentino, della quale si formarono tavolette provvisorie secondo la suddivisione dei fogli della Carta d'Italia.

Dopo il 1920 si effettuarono rilevamenti ex-novo dell'Istria. Sono di questa epoca i brevetti del Nistri e del Santoni per la costruzione di apparecchi per la restituzione automatica delle levate aerofotogrammetriche con macchine da presa piazzate non più sui treppiedi, ma sugli aerei. Con questi strumenti si è aperta una nuova via nella prassi del rilevamento del terreno, via che da un quarantennio ha avuto incrementi notevoli e per la costruzione di strumenti sempre più precisi ed idonei e per modalità esecutive nonché per risultati conseguiti e collaudati.

È bene rammentare che i primi tentativi per la presa di fotografie dall'alto, con lo scopo di ricavare planimetrie geometriche, furono effettuati dal tenente del genio ing. Attilio Ranza nell'inverno 1902-03, mediante una comune camera fotografica installata a bordo di un pallone frenato e munita di una elettro-calamita che permetteva di comandare da terra lo scatto dell'otturatore di presa. Ottenute, in tale guisa, delle planimetrie fotografiche della zona di Roma, il Ranza eseguì anche fotografie stereoscopiche del Foro Romano e del Palatino sospendendo al pallone un sistema da presa fotografica costituito da due macchine gemelle collegate da un'asta di 5 m di lunghezza. L'esiguità della base impediva di ottenere delle fotografie stereoscopiche oltre i 150 m di quota; comunque i risultati ottenuti possono essere considerati eccellenti, in relazione ai mezzi impiegati.

Qualche anno più tardi il Cap. del Genio Cesare Tardivo riprendeva le prove usando un pallone sferico di 65 m³, del peso di 26 Kg e del diametro di 5 m ed un draken da 100 m³, più adatto dell'aerostato sferico data la sua maggiore stabilità.

La camera fotografica, di 150 mm di focale e del formato (21 × 21) cm, veniva sospesa all'aerostato in modo da tenere il piano della lastra il più possibile orizzontale. Durante le operazioni di presa un operatore a terra, munito di cannocchiale, seguiva gli inevitabili movimenti pendolari della macchina e comandava lo scatto dell'otturatore quando giudicava l'asse della camera prossimo alla verticale.

Con l'accennato procedimento fu eseguito il rilievo topoplanimetrico per una fascia di 50 Km adiacente al corso del Tevere, per un tratto della cinta di Roma, e parte della zona archeologica della Città. Si ottenne pure un magnifico mosaico fotografico alla scala 1 : 5.000 degli scavi di Pompei. Questa documentazione suscitò un lusinghiero successo al Congresso internazionale di fotografia di Bruxelles (1910).

Affermatasi l'aviazione durante la prima guerra mondiale, presso l'Istituto Geografico Militare, subito dopo la fine del conflitto, furono intrapresi studi e ricerche tendenti ad una razionale utilizzazione, a scopo cartografico, delle fotografie eseguite dall'aeroplano.

Per l'aggiornamento delle tavolette al 25.000 di zone pianeggianti già durante la prima guerra europea era in uso il noto raddrizzatore di fotografie aeree, denominato Camera chiara di Fiechter (ideato dall'omonimo topografo).

Con gli apparecchi Santoni si eseguì un primo importante lavoro al 5000 in Sicilia (Regione asfaltifera di Ragusa, 70.000 ettari), nel 1927 e dal 1928 si iniziarono le levate regolari al 25.000 (vedi tavoletta di M. Cavallo).

La *triangolazione spaziale* fu oggetto fino da allora di ampi e proficui studi e di notevoli applicazioni pratiche presso l'I.G.M.

I primi esperimenti effettuati a Tripoli nel 1932 videro per la prima volta impiegato il metodo fotoperiscopico solare ideato dal Santoni.

Dopo altri fruttuosi esperimenti eseguiti nel 1937 in Piemonte, il metodo di triangolazione aerea « Santoni » fu largamente impiegato in campo pratico nella Tripolitania occidentale, ove vennero rilevati alla scala 1 : 100.000 i fogli di Bir Gergir, Bir el Meschigh e Bir Tifist per una superficie totale di 4.500 Km².

Indi, a cura della Compagnia Nazionale Imprese elettriche (C.O.N.I.E.L.), con la direzione e l'assistenza dell'Istituto Geografico Militare, fu organizzato un servizio di fotogrammetria aerea per lo sfruttamento idrolettico dei bacini imbriferi dell'Etiopia e nel 1939 fu iniziato il rilevamento imbrifero del fiume Auash, a mezzo di fotografie aeree eseguite con macchina « Santoni » munita di periscopio solare e della restituzione appoggiata alla triangolazione spaziale condotta per mezzo di n. 5 Stereocartografi Santoni mod. III e di due Stereosimplex Santoni Mod. I.

I lavori erano in pieno sviluppo quando dovettero essere sospesi nel 1940 a causa degli eventi bellici; la superficie di terreno fino allora rilevata ammontava a circa 30.000 Km² alla scala 1 : 100.000 con curve di livello di 25 m.

Ripresi alla fine della guerra gli studi di triangolazione aerea, nel 1947 fu effettuato un nuovo esperimento nella zona immediatamente a sud di Firenze comprendente una strisciata di oltre 20 Km di lunghezza eseguita con la macchina « Santoni » a lastre (13 × 18) cm. f = 195 mm munita di periscopio solare. I risultati ottenuti con questa esperienza furono comunicati al Convegno di Cartografia e di Ottica che ebbe luogo a Firenze nell'ottobre-novembre 1947 e confermarono pienamente le possibilità future della triangolazione spaziale. Altri importanti esperimenti sono stati fatti in questi ultimi anni, tramite i programmi stabiliti dalla O.E.E.P.E.

Nel 1941 vennero ricalcolate tutte le coordinate geodetiche di tutti i vertici perché venne preso come punto origine il segnale di M.te Mario (Roma) e come dimensioni dell'ellissoide quelle dell'ellissoide internazionale.

In tale epoca venne introdotta anche la proiezione conforme di Gauss-Boaga e indicato sulla cartografia ufficiale italiana il reticolato chilometrico; in tale occasione vennero abbandonati i classici procedimenti analitici per la determinazione delle coordinate, ed utilizzati in loro vece le proprietà della rappresentazione piana conforme.

Hanno fatto anche ricorso alla fotogrammetria: la Marina militare e l'Aeronautica militare.

La Marina militare eseguì rilievi per mezzo dell'Istituto Idrografico, avente sede a Genova. Esso usò per la prima volta il rilievo aerofotogrammetrico parallelamente alla campagna idrografica eseguita dalle navi idrografiche « Magnaghi » ed « Anzio » negli anni 1937-39. In tale occasione venne rilevata una striscia di costa della Somalia lunga circa 900 Km e larga in media 5 Km con un totale di 1.500 fotogrammi eseguiti dalla quota di 4.000 metri.

In tal guisa fu dato notevole apporto alla costruzione di n. 6 carte generali alla scala di 1 : 300.000, n. 2 carte particolari alla scala di 1 : 60.000 e n. 18 piani nautici a scale comprese fra il 50.000 ed il 75.000. Altre due carte al 75.000 non furono pubblicate a causa della guerra, sebbene completamente eseguite.

I rilievi nel territorio nazionale sono stati principalmente orientati verso la parte

scandagli e sono stati limitati, per la parte topografica, alle zone portuali. Tali rilievi sono stati integrati con i dati forniti dall'Istituto Geografico Militare e quando necessario con particolari foto aeree che l'Istituto Idrografico aveva ottenuto in virtù di particolari accordi con l'Aeronautica. Queste foto aeree sono state impiegate per mezzo di una camera chiara e servono al disegnatore sia per la messa a posto di tratti della topografia sia per arricchire le carte di particolari non rilevati dagli operatori topografi.

L'Aeronautica militare (Sezione Fotocartografica), effettuò riprese fotografiche e fotogrammetriche per uso militare e per conto dell'Istituto Geografico Militare, dell'Istituto Idrografico della Marina e di Enti pubblici.

L'utilizzazione dei rilievi fotogrammetrici venne affidato all'Istituto Geografico Militare, che possiede idonea e necessaria attrezzatura tecnica.

All'attività fotogrammetrica dell'Istituto Geografico Militare riguardo alla cartografia a piccola e media scala fa riscontro l'analoga attività dell'Amministrazione del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali nel campo della produzione cartografica a grande scala e specialmente della formazione delle mappe del Nuovo Catasto.

L'applicazione dell'aerofotogrammetria ai rilevamenti catastali costituisce un primato italiano. Per l'esecuzione di tali rilevamenti l'Amministrazione studiò e prescrisse una speciale metodologia che, successivamente perfezionata, fu oggetto di apposita istruzione di servizio (1944).

In conformità delle disposizioni legislative riguardanti il Nuovo Catasto Italiano, le mappe aerofotogrammetriche sono state generalmente disegnate nella scala 1 : 2.000, ridotte ad 1 : 4.000 nelle zone a largo frazionamento; per i centri abitati e per le zone in cui la proprietà è molto divisa si adotta la scala di 1 : 1.000 ed eccezionalmente quella di 1 : 500.

Oltre ai limiti di proprietà ed alle divisioni di coltura, di destinazione ed eventualmente di classe, si rappresentano tutte le particolarità topografiche (corsi d'acqua, strade, sentieri, linee di sviluppo, acquedotti, ecc.).

L'altimetria viene rappresentata per mezzo delle curve di livello salvo che nelle zone aventi inclinazione molto lieve (inferiore ai 3°), nelle quali si ricorre alla rappresentazione mediante punti quotati.

Dalle mappe così formate possono ricavarsi per semplice riduzione le Carte topografiche in piccola e media scala.

In base a tali mappe l'Amministrazione catastale ha realizzato con un buon esito – a titolo sperimentale – Carte 1 : 5.000 e Carte 1 : 2.000 (Carta tecnica) ed altre Carte speciali a piccola scala.

Nell'ultimo trentennio anche altri Enti pubblici italiani, che esplicavano attività tecniche (Ministero dei Lavori Pubblici, Ministero dei Trasporti ed Uffici periferici dipendenti da essi, Consorzi ed Enti idraulici e di bonifica, l'Opera Nazionale Combattenti ecc.) si sono avvalsi in misura notevole dell'aerofotogrammetria per l'esecuzione dei rilievi occorrenti per la progettazione e l'esecuzione di opere pubbliche di vasta portata.

Anche l'esecuzione di tali rilievi è stata dai detti Enti affidata in appalto alle Ditte aerofotogrammetriche specializzate, cui sopra abbiamo fatto cenno.

Notevole applicazione dell'aerofotogrammetria è stata fatta dal Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste per la determinazione delle masse legnose dei boschi e per altre applicazioni forestali. Sono in atto, da parte del Servizio Geologico d'Italia, esperimenti per la costruzione della carta geologica, dalle osservazioni delle foto aeree.

Gli Istituti Universitari di Geodesia e topografia hanno seguito nel campo scientifico lo sviluppo della fotogrammetria italiana, apportando ad essa il proprio contributo di studio.

Particolarmente da citare per le loro attività: gli Istituti di Geodesia e Topografia del Politecnico di Milano e delle Facoltà d'Ingegneria di Bologna e di Roma. Presso il

Seduta inaugurale



Politecnico di Milano è stato istituito recentemente un « Centro fotogrammetrico » sotto la direzione del Prof. Solaini.

Notevole è stata poi l'attività svolta presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Ferrara dalla Prof. Margherita Piazzolla-Beloch, sia nel campo della fotogrammetria ed aerofotogrammetria vera e propria, sia e specialmente in quella specifica applicazione dei metodi fotogrammetrici che è denominata Roentgen-fotogrammetria.

Essa ha ideato un apparecchio fondato sulla intersezione in avanti della fotogrammetria terrestre. La sua importanza consiste specialmente nel fatto che esso permette le prese simultanee, come è essenziale nelle applicazioni pratiche, per misurazioni delle parti del corpo umano aventi movimenti propri.

Un primo modello dell'apparecchio fu presentato dalla prof. Piazzolla Beloch al IV Congresso Internazionale di Fotogrammetria (Parigi 1934) e un modello più perfezionato al V Congresso (Roma 1938). Recentemente ha progettato altri strumenti per lo studio delle traiettorie dei missili.

Nel campo industriale italiano la fotogrammetria ha trovato valido ausilio per la costruzione delle complesse e delicate apparecchiature. Sono specialmente da ricordare la Società Ottico Meccanica Italiana di Roma, che ha costruito la maggior parte delle apparecchiature Nistri e le Officine Galileo di Firenze, costruttrici delle apparecchiature Santoni.

In Italia si sono gradualmente costituite varie ditte che eseguono rilievi aerofotogrammetrici per conto di Enti pubblici e di privati committenti.

In particolare le principali Ditte che in maggiore o minore misura hanno eseguito lavori per il catasto sono:

- Società Anonima Rilevamenti Aerofotogrammetrici (S.A.R.A.) di Roma, la quale è operato dal 1933 al 1943.
- Ente Italiano Rilevamenti Aerofotogrammetrici (E.I.R.A.) Firenze.
- Istituto Rilievi Terrestri ed Aerei (I.R.T.A.) Milano.
- Ditta Geometri Carra e Olivieri di Parma, trasformatasi poi in Ufficio Tecnico Rilievi aerofotogrammetrici e terrestri Leopoldo Carra.
- Ditta Geom. Treglia (U.R.A.T.) Ufficio Rilievi Aerei terrestri di Roma.
- Impresa Specializzata Aerofotogrammetria (I.S.A.) di Roma.
- Ente Topografico Aerofotogrammetrico (E.T.A.) di Roma.
- L'IDRA di Firenze - l'I.R.T.E.F. pure di Firenze - S.C.A.M.E. di Reggio Calabria - Ufficio Tecnico Bertini di Firenze - l'Ufficio Tecnico Corini di Parma - Studio Tec. Malinghero di Milano e Studio Topografico Rilievi Aerofotogrammetri di Napoli.

Per affiancare il movimento topografico e fotogrammetrico italiano sorse nel 1934, sotto l'egida della Associazione Ottica italiana, come sezione autonoma, il Gruppo Fotogrammetrico italiano, con lo scopo di promuovere e diffondere in Italia studi e ricerche nella fotogrammetria e sulle sue applicazioni in tutti i campi.

Tale gruppo presieduto dal mio compianto Maestro On.le Senatore Soler partecipò nel 1934 a Parigi al IV Congresso Internazionale di Fotogrammetria.

Nel 1937 si costituì la Società Italiana di Fotogrammetria « Ignazio Porro », che, presieduta dal Prof. Cassinis, successe al gruppo fotogrammetrico italiano. Questa Società provveduto ad organizzare in Roma il V Congresso internazionale della fotogrammetria (1938).

Durante la guerra l'attività di questa Società si affievolì, e presso la C.G.I. fu fondata il « Comitato fotogrammetrico » per la preparazione italiana al VI Congresso internazionale a L'Aja.

Alla fine del 1950 apparve la necessità di provvedere alla costituzione di una nuova Società che, oltre a proseguire ed incrementare l'attività svolta dall'antica Società, potesse riunire non soltanto le attività fotogrammetriche, ma anche tutte le attività to-

pografiche in genere e, forte di un maggior numero di soci e di aderenti, potesse svolgere la propria opera con maggiore efficacia.

Venne così costituita la « Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia » (1952) e sciolto il Comitato Fotogrammetrico.

Questa Società - S.I.F.E.T. - è una associazione di esclusivo carattere culturale e ha lo scopo di contribuire in Italia allo Sviluppo degli studi e delle ricerche nel campo fotogrammetrico e topografico, di perfezionare la cultura professionale degli iscritti e di dare il proprio apporto all'affermazione italiana all'estero, nel quadro della collaborazione internazionale. La S.I.F.E.T. è diretta da un Comitato Direttivo centrale composto da 18 membri; fra essi il Direttore dello I.G.M. ed il Direttore del Catasto, sono membri di diritto.

L'attività della S.I.F.E.T. si svolge in tutta la nazione attraverso le sezioni, che vengono formate quando in una località ci siano almeno dieci soci. Ogni sezione ha una propria individualità e libertà d'azione, entro i limiti fissati dallo statuto sociale e dalle direttive di carattere generale stabilite dalla Presidenza.

Importante azione ha svolto la S.I.F.E.T. per l'organizzazione e lo svolgimento della partecipazione dell'Italia ai congressi VII, VIII, IX internazionali di fotogrammetria che ebbero luogo nel 1952 a Washington, nel 1956 a Stoccolma, nel 1960 a Londra, ai quali hanno dato valido apporto le Ditte Fotogrammetriche italiane che si occupano della costruzione dei restitutori e macchine da presa, nonché dell'esecuzione, come è già stato detto, di rilievi. In questi Congressi per iniziativa della S.I.F.E.T. sono state presentate numerose comunicazioni redatte da Enti, Società e privati partecipanti al Congresso.

La S.I.F.E.T. ha pubblicato il Volume I, Tomo IX dell'Archivio Internazionale di Fotogrammetria, onde completare la documentazione del Congresso internazionale tenutosi a Roma nel 1938, che per causa della guerra non era stato completato.

In particolare al Congresso di Londra erano presenti i rappresentanti delle organizzazioni fotogrammetriche dei seguenti paesi: Afganistan, Argentina, Australia, Austria, Belgio, Bolivia, Burma, Canada, Chile, Cina, Columbia, Cecoslovacchia, Danimarca, Eire, Finlandia, Germania, Goa, Grecia, Ungheria, India, Inghilterra, Iran, Iraq, Israele, Italia, Giappone, Kenya, Lussemburgo, Malaga, Marocco, Olanda, Nigeria, Norvegia, Nuova Guinea, Perù, Polonia, Portogallo, Rhodesia, Spagna, Sudan, Svezia, Svizzera, Tanganica, Turchia, U.R.S.S., U.S.A., Uganda, Uruguai, Venezuela, Jugoslavia.

In complesso una cinquantina di nazioni. L'Italia era rappresentata dal Presidente della S.I.F.E.T., dai professori universitari Cassinis e Solaini, da numerosi studiosi, dal Direttore dell'I.G.M. dai rappresentanti delle varie Ditte ed Imprese fotogrammetriche quali l'E.I.R.A., l'I.S.A., l'O.M.I., l'I.R.T.A., ecc.

I congressi internazionali vengono organizzati ogni quattro anni dalla Società Internazionale di Fotogrammetria, della quale fanno parte solo le organizzazioni fotogrammetriche dei vari Paesi, attraverso una unica associazione. Per l'Italia questa è la S.I.F.E.T. Durante il periodo fra due Congressi la Società internazionale svolge la sua attività attraverso dette commissioni, in ognuna delle quali ogni Paese è rappresentato con un solo membro. Il Congresso di volta in volta designa i Paesi cui affidare le varie commissioni i quali nominano i Presidenti che durano in carica quattro anni. Nel 1956-1960, all'Italia era stata affidata la III Commissione che si occupa di « aerotriangolazione » e presidente di questa Commissione era stato nominato il Prof. Cassinis, allora direttore dello Istituto di Geodesia, Topografia e Fotogrammetria del Politecnico di Milano, alla cui attività si debbono molti dei risultati conseguiti in Italia dalla Fotogrammetria.

Il contributo italiano al Congresso di Londra è stato quanto mai apprezzato e per argomenti trattati e per dovizia di dati sperimentali raccolti e opportunamente illustrati e discussi.

Nella seduta inaugurale avvenuta il 6 settembre, il Collega Prof. Solaini, direttore

del Centro Fotogrammetrico, tenne il discorso inaugurale, nel quale espose i risultati del lavoro compiuto, in gran parte sotto la sua direzione, da un gruppo di lavoro patrocinato dall'O.E.C.E. cioè « Organizzazione Europea per gli esperimenti fotogrammetrici » la cui sigla è O.E.E.P.E. e la cui fondazione si deve all'opera svolta in riunioni internazionali da chi parla, allora Direttore Generale del Catasto italiano e dei Servizi Tecnici Erariali.

Successivamente il Dott. Parenti dell'O.M.I. ha illustrato gli strumenti costruiti dall'O.M.I. e sulle precisioni conseguibili. L'Ing. E. Santoni ha illustrato le nuove realizzazioni strumentali delle Officine Galileo di Firenze, interessanti la Fotogrammetria, fra cui uno Stereocomparatore ideato dal Santoni stesso. L'Ing. Le Divelec ha proposto un nuovo metodo per completare le lacune dovute alla restituzione e per la verifica dei piani e delle carte aerofotogrammetriche.

L'Ing. U. Nistri ha attirato l'attenzione dei partecipanti sul nuovo apparato realizzato in Roma negli stabilimenti dell'« Ottica Meccanica Italiana » denominato « nuovo stereocomparatore » Nistri TA/3. Il Prof. Paroli della Amm.ne del Catasto, non avendo potuto intervenire per impegno di ufficio, ha inviato un dettagliato rapporto sulla attività italiana per i problemi riguardanti la VI Commissione. Ma il contributo più importante è stato dato dall'Italia in seno alla III Commissione, dove il Presidente Prof. Cassinis ed il Segretario Prof. Cunietti hanno presentato un interessante rapporto sui risultati degli esperimenti promossi dalla Commissione stessa e relativi alla triangolazione aerea. Tale rapporto non solo è stato accolto favorevolmente, ma ha dato il motivo per affidare ancora all'Italia un nuovo gruppo di lavoro con il mandato di portare a termine e di pubblicare entro il 1964 tutti i risultati conseguiti nel campo della triangolazione aerea.

Interessante anche il rapporto presentato in questa sede dal Prof. Trombetti e dal Prof. Cunietti sui lavori effettuati dalle Commissioni A e B in seno dell'O.E.E.P.E., che ha dato luogo oltre che a buoni apprezzamenti ad un interessante e costruttivo dibattito.

Sempre nella III Commissione non va dimenticata la comunicazione dell'Ing. Inghilleri sulla triangolazione analitica e dell'Ing. Le Divelec sull'impiego della triangolazione aerea con procedimento normale di restituzione di carte topografiche e piani tecnici. Tutti i partecipanti italiani hanno preso parte nelle discussioni relative a molti problemi trattati nelle varie riunioni e tutti hanno portato il loro contributo, derivante da seria preparazione teorica e da lunga esperienza strumentale.

Le presidenze delle singole Commissioni per il quadriennio 1960-64, sono state affidate, tenendo conto del criterio, molto opportuno, della rotazione, rispettivamente all'Inghilterra, alla Germania, alla Francia, all'Austria, all'Olanda, alla Svezia ed alla Finlandia.

Nella « Mostra » aggregata al Congresso, una grande sala è stata riservata all'Italia, nella quale le Officine Galileo e la Ottica Meccanica Italiana hanno presentato i loro strumenti.

In particolare le *Officine Galileo* di Firenze hanno presentato fra gli apparecchi Galileo-Santoni, il noto restitutore di 1ª categoria, lo Stereocartografo IV completato di due nuovi dispositivi e cioè un registratore automatico delle coordinate dei punti restituiti, sia in cifre che in codice su carta perforata ed un tracciatore automatico di sezioni (o profili) chiamato Tomografo. Inoltre uno Stereosimplex III b corredato di dispositivi anamorfici per restituzione di prese convergenti, uno Stereosimplex II normale ed uno speciale, con tavolo ausiliario per ottenere nel contempo vista e pianta di oggetti vicini, in genere modelli industriali, nonché una nuova edizione dello Stereomicrometro cartografico. Per gli apparecchi di presa una stereocamera a film 6 × 9 per oggetti vicini, una camera da presa aerea a film 23 × 23 f 150 (la mod. VI) ed il noto periscopio solare per la aerotriangolazione sistema Santoni.

Mentre l'*Ottico-Meccanica Italiana* ha presentato il « fotostereografo Nistri, Modello Beta/2 » che è uno strumento universale, del primo ordine, poggiato sul principio Porro-Koppe, con marca luminosa, controllo elettrico e veltropolo, che può fornire automaticamente le coordinate dei punti che interessano e la restituzione in planimetria ed in altimetria a scale diverse; lo « stereocomparatore Nistri Modello T 3 » per la triangolazione analitica; il « fotocartografo Nistri Modello VI (fotomapper) poggiato sulla osservazione anaglifica, gli « elettro coordinatografi », la camera da presa Nistri, Foma, Modello 54/A, per lastre di 23 cm × 23 cm e focale di 152 mm, il fotomultiplo Nistri, Modello III, lo « stereografometro » Nistri modello 90, vari accessori per fotogrammetria, ecc.

Tutti gli strumenti sono stati altamente apprezzati dai visitatori, soprattutto per facilità di impiego e per la utilizzazione degli ultimi progressi della scienza in vari campi, non ultimo quello della elettronica, che hanno portato le operazioni fotogrammetriche ad un alto grado di precisione.

Alla *Mostra strumentale* sono state poi affiancate una *Mostra dei lavori* più importanti realizzati nei vari paesi partecipanti al Congresso ed una *Mostra storica*, nella quale figuravano anche i gloriosi fototeodoliti del nostro Paganini ed i lavori da lui e dal Manzi realizzati nel 1872 in più punti della Penisola.

In conclusione, il Congresso di Londra mentre da una parte ha segnato nuovi indirizzi da seguire negli studi della fotogrammetria, dall'altra ha apprezzato il lavoro sulla « aerotriangolazione » effettuato dall'Italia e per la opera di collegamento da essa compiuta con altri paesi che dello stesso problema si sono occupati.

Oltre a ciò la S.I.F.E.T. tramite il suo Presidente ha partecipato al Congresso internazionale dei geometri che ebbe luogo a L'Aja.

A questa bella, sostanziale e proficua attività internazionale, la S.I.F.E.T. non ha trascurato di convocare in convegni annuali i suoi soci. Questo di Ferrara è il VII Convegno, i precedenti hanno avuto luogo a Siena, a Padova, a Firenze, a Roma, a Palermo, a Bari.

In particolare in quest'ultimo è stato ampiamente illustrato e discusso, alla presenza anche di due ispettori generali della Direzione per la istruzione tecnica del Ministero della P.I., il tema « La professione del geometra in Italia e la sua preparazione tecnica ».

Venne in tale occasione formulato il seguente O.d.G.:

I congressisti convenuti a Bari al VI Convegno Nazionale della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia per trattare il tema « La professione del Geometra in Italia e la sua preparazione tecnica

sentite

« le relazioni, le comunicazioni, nonché i numerosi interventi circa la necessità che la « futura professione del geometra abbia a riacquistare la sua peculiare fisionomia in « modo da allineare questo professionista con quello delle altre nazioni;

considerato

« che l'attuale ordinamento scolastico del Geometra si dimostra insufficiente a creare « un tecnico che abbia completa preparazione nel campo della Topografia e Fotogrammetria, così come oggi si presenta il Tecnico degli altri paesi;

« — che la scuola non è in grado di preparare con speciale riguardo alla esercitazione « pratica a fornire tutte quelle caratteristiche necessarie al libero esercizio nel suddetto « campo di specializzazione;

preso atto

« — che l'adeguamento del titolo di Geometra a quello del Geometra delle altre nazioni « deve rientrare nel quadro delle diverse e necessarie premesse alla tanto auspicata unione degli Stati Europei che già si sta attuando nel Mercato Comune Europeo;

Seduta inaugurale



« — dei deliberati del IX Congresso Internazionale della Federazione Internazionale
 « dei Geometri, che hanno permesso la equiparazione dei titoli di Geometra nei diversi
 « Stati aderenti alla Federazione stessa, con l'intesa di un adeguato perfezionamento
 « per quei Paesi che, come il nostro, necessitano di opportune misure per un comple-
 « tamento culturale del tecnico in parola;

tenuti presenti

« — gli scopi statutari della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia di contri-
 « buire in Italia allo sviluppo degli studi ed al perfezionamento culturale e professio-
 « nale degli iscritti;

fanno voti

« — affinché nella prossima riforma scolastica l'insegnamento tecnico, presso gli isti-
 « tuti per Geometri, tenda a formare un corpo di specializzati nelle discipline attinenti
 « alla Topografia, che sia conforme per programmi e metodi a quelli similari Categorie
 « Estere.

« A tale scopo auspicano che nelle more di una definitiva riforma scolastica nel sen-
 « so predetto, la quale dovrebbe mirare alla istituzione di una Scuola Superiore di appli-
 « cazione per la Topografia e la Fotogrammetria, il Ministero della Pubblica Istruzione
 « incoraggi e favorisca le iniziative promosse da Associazioni qualificate come la Società
 « Italiana di Fotogrammetria e Topografia ad istituire delle Scuole di applicazione in
 « Topografia e Fotogrammetria con facoltà di rilasciare appositi diplomi ai giovani che
 « avranno frequentato detti corsi, con esito favorevole nelle prove finali, dopo d'aver
 « conseguita la licenza dell'attuale Istituto Tecnico per Geometri.

A questo O.d.G. la Presidenza della S.I.F.E.T. promise il massimo interessamento.

Presentato l'O.d.G. al Ministero della P.I. questi in attesa dell'esame da parte del
 Parlamento del disegno di legge sul riordinamento degli Istituti Tecnici, chiamò il Pre-
 sidente della S.I.F.E.T. a presiedere i lavori della Commissione avente per compito fra
 l'altro dell'aggiornamento degli orari e dei programmi di insegnamento degli Istituti
 tecnici per geometri, allo scopo di migliorare la preparazione generale e professionale
 degli stessi.

Su questo argomento alla fine dei lavori della Commissione, chi vi parla ha esposto
 il suo pensiero in un articolo dal titolo « i nuovi programmi per gli Istituti Tecnici per
 Geometri » pubblicato sulla rivista « Istruzione Tecnica e professionale » e poi riprodotto
 nella Rivista « Il Geometra libero professionista ». Tenuto conto dei desiderata esposti
 nell'O.d.G. dianzi letto, la Commissione, fra l'altro ha completamente rielaborato il
 programma di topografia nell'ordine di elencazione degli argomenti trattati, dal gene-
 rale al particolare, ed è stato convenientemente potenziato, in quanto vengono previste
 le presentazioni dei più moderni strumenti e una più vasta trattazione degli elementi
 di fotogrammetria. Saprà l'insegnante, al momento opportuno, non ingombrare la mente
 dell'allievo con nozioni su particolarità, caratteristiche, regole di aggiustamento e di
 tecnica di strumenti ormai vecchi, che oggi non vengono nemmeno più costruiti. Le eser-
 citazioni andranno sempre fatte con strumenti moderni e ogni esercitazione dovrà avere
 il suo logico completamento con la rappresentazione grafica del rilevamento compiuto
 con il calcolo relativo. Nelle esercitazioni di topografia, che fra l'altro è una disciplina
 in cui il calcolo numerico è molto sviluppato, dovranno essere tenute presenti le mac-
 chine calcolatrici onde effettuare le risoluzioni dei problemi sia col calcolo meccanico,
 sia con l'uso delle tabelle numeriche e di quelle logaritmiche.

Nei programmi delle singole discipline sono previsti contatti con le organizzazioni
 della produzione del lavoro al fine di coordinare con le esigenze della vita economica
 della nazione le attrezzature e le attività della Scuola. Questi contatti dovrebbero ve-

nire sempre più estesi, in relazione alle possibilità dei luoghi dove hanno sede gli istituti.

Si dovrebbe anche controllare con la massima attenzione il patrimonio didattico e scientifico dei singoli istituti ed intervenire dove necessita, per mettere in grado tutti gli aspiranti geometri, di tutte le regioni italiane, di essere su uno stesso piano di preparazione teorico-pratica. Non accadrebbe così che ai concorsi nazionali, che vengono annualmente banditi dai vari Ministeri, si trovino alle volte, candidati che dichiarino di non aver mai visto questo o quello strumento topografico.

Sono lieto poter annunciare che la Direzione Generale dell'Istruzione tecnica ha già in atto, in taluni istituti, l'esperimento pratico dei programmi approntati, con l'elevato spirito che anima gli uomini della Scuola e del lavoro. Da questi corsi « pilota » si potrà constatare le eventuali manchevolezze per poter portare le relative modifiche ai programmi delle singole materie; ma dovranno rimanere sempre attivi i principi su quali si fondano i programmi, principi che trovano la loro giustificazione nell'obbligo per lo Stato di formare dei tecnici capaci di svolgere le attività loro assegnate dai regolamenti professionali e ciò con serietà e consapevolezza.

Nella relazione all'On.le Ministero della P.I. così si esprimeva chi vi parla: Il Ministero ha approntato i programmi con il massimo scrupolo, riordinandoli secondo le varie necessità sociali e tecniche attuali, onde preparare l'Istituto tecnico per geometri a quel grado di idoneità indispensabile per assolvere i suoi compiti futuri mediante adeguata elevatezza e dignità di studi; ma questo riordinamento non sarà sufficiente ad aumentare — come è aspirazione comune — la efficienza degli istituti, se non si provvederà contemporaneamente a migliorare le capacità didattiche degli insegnanti, o con corsi postuniversitari di magistero, o con corsi di aggiornamento per insegnanti già in servizio, o infine con corsi di preparazione per gli insegnanti più giovani che aspirano ad entrare nei ruoli normali.

Ebbene, il Ministero ha incaricato l'Istituto di Geodesia e Topografia della Facoltà di Ingegneria di Roma della organizzazione e dell'espletamento dei corsi di aggiornamento per i programmi di topografia degli Istituti Tecnici per Geometri: un primo corso è stato svolto nel mese di gennaio del corrente anno, un secondo corso avrà luogo subito dopo questo Convegno, ed altri due avranno luogo nei mesi di novembre e dicembre prossimi venturi. Così quasi tutti gli insegnanti di questa disciplina con la fine dell'anno saranno in grado di svolgere con profitto un nuovo programma della Topografia, disciplina di fondamento professionale per il Geometra.

Sempre nello spirito dell'O.d.G. votato a Bari, posso dire che a Roma si sta organizzando dei corsi speciali di perfezionamento per i geometri, per il momento solo a titolo sperimentale, per ripeterli poi in altre sedi.

È questa, permettetemi di dire, una nuova e grande benemeranza della S.I.F.E.T. la quale deve essere maggiormente potenziata da quanti hanno a cuore i progressi della topografia e della fotogrammetria.

Nel chiudere questa mia prolusione al VII Convegno nazionale della S.I.F.E.T., mi sia concesso di rivolgere un pensiero di doverosa gratitudine a quanti, durante questi primi cento anni della unità italiana, hanno lavorato nei domini della topografia e della fotogrammetria, dandoci nel contempo gli elementi necessari per continuare il loro lavoro, nel quale traspare i desideri, le ansie e le fatiche di ognuno. Questo lavoro che se anche fatto individualmente, si innesta in una trama più vasta che interessa tutta la nazione, costituisce una delle più belle attività che l'uomo ha saputo conquistare e che — con l'attività agrimensoria delle prime civiltà — è giunta oggi alla descrizione dei luoghi per mezzo delle prese aerofotogrammetriche delle quali un posto di primo piano è occupato dall'ingegno italiano.

La fine della dettagliata relazione del Prof. Boaga dove si trovano riassunti i lavori e gli sforzi compiuti per realizzarli in un periodo di un secolo

viene accolta da un forte e prolungato applauso. L'oratore viene salutato dalle Autorità presenti, che formulano i più vivi auguri alla S.I.F.E.T., che con tanto amore si occupa della propaganda fotogrammetrica e topografica del nostro Paese.

Terminata la cerimonia inaugurale nella residenza Municipale di Ferrara, tutti i Convegnisti, con appositi pullman, messi gentilmente a disposizione dallo S.I.A.M.I.C., sono stati condotti alla Palazzina di Marfisa d'Este nelle cui sale del piano terreno, si è svolto il pranzo offerto dal Sindaco di Ferrara.

ESPOSIZIONE DEL TEMA DEL CONVEGNO

I lavori del Convegno, iniziato con la « esposizione del Tema del Convegno », hanno avuto luogo nelle ore pomeridiane del giorno 15 aprile, in un magnifico ed ampio locale, gentilmente concesso dalle Autorità cittadine, nella storica Casa di « Stella dell'Assassino » in Ferrara.

Presiedeva i lavori il Presidente della S.I.F.E.T., Prof. Giovanni Boaga; siedevano al tavolo della Presidenza il Cav. del Lavoro Ing. Umberto Nistri, Presidente della O.M.I., l'Ing. Ermenegildo Santoni, delle Officine Galileo di Firenze ed il Prof. Alfredo Paroli, Ispettore Generale dell'Amministrazione del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali.

All'inizio della riunione il Presidente si compiace non solo della larga partecipazione al Convegno che vede riuniti i rappresentanti di ben 28 Sezioni S.I.F.E.T., ma altresì della splendida organizzazione del Convegno stesso e per questo dà pubblicamente ampio riconoscimento all'Ispettore Generale Ing. De Simone, che si è prodigato in mille modi perché la seduta d'apertura riuscisse « superba », come è in effetti riuscita, con la partecipazione di tutte le Autorità cittadine e delle forze del lavoro ferrarese che dalla fotogrammetria e dalla topografia hanno già tratto splendidi risultati, per la costruzione di quelle carte sulle quali si sono sviluppati i loro progetti per la bonifica dei terreni.

Indi continua: nella seduta odierna si affronta il problema, quanto mai bello, suggestivo, delicato, della *aerotriangolazione* che costituisce l'ultimo capitolo della Fotogrammetria.

Relatori dovevano essere: l'Ing. Le Divelec, Direttore generale dell'E.I. R.A. ed il Dr. Ugo Bartorelli, Assistente all'Istituto di Topografia e Geodesia della Facoltà di Ingegneria di Roma. Per alcune necessità e per rendere più completa la esposizione del tema si è ritenuto ampliare la esposizione e suddividere il compito in *sei* parti assegnandole a dei soci volenterosi, che già hanno operato nel campo dell'aerotriangolazione, eppertanto sono in possesso di esperienze personali, su determinati problemi, che potranno in questa sede essere esposti e segnare così nuovi contributi.

La esposizione sarà fatta secondo il seguente ordine:

1) L'Ing. Le Divelec parlerà brevemente sulla *impostazione del problema della aerotriangolazione* ;

2) successivamente prenderà la parola il Prof. Giuseppe Inghilleri, assistente all'Istituto di Topografia, Geodesia e Fotogrammetria di Milano, diretto dal Prof. Luigi Solaini, che oggi non interviene ai nostri lavori perché occupato con un viaggio in Egitto. Il Prof. Inghilleri parlerà su un argomento molto importante: *Luci ed ombre della triangolazione analitica*;

3) subito dopo parlerà *Sul problema dei blocchi in fotogrammetria* il Prof. Mariano Cunietti, collega del Prof. Inghilleri nello stesso Istituto e presidente di una speciale commissione all'organizzazione europea di studi fotogrammetrici e segretario di un'altra commissione incaricata, presso la Società internazionale di fotogrammetria, dei lavori di triangolazione aerea effettuati dai membri aderenti alla S.I.P.;

4) dopo di ciò l'Ing. Magg. Birardi, dello Istituto Geografico Militare di Firenze illustrerà una sua Relazione *Sulla triangolazione aerea a modello rigido e sulla conseguente sperimentazione pratica*;

5) Il Geom. Luchini Lino dell'E.I.R.A. presenterà una illustrazione dei *Lavori di aerotriangolazione analogica effettuata dall'E.I.R.A.* ;

6) Infine il Dott. Ugo Bartorelli ci intratterrà sul tema: *Trasformazione delle coordinate dal sistema terrestre al sistema di concatenamento*.

Dopo brevi parole di commento al « programma » esposto, il Presidente invita a prendere posto sulla apposita tribuna, l'Ing. Le Divelec che inizia il suo dire scusandosi di non aver potuto preparare minuziosamente la sua relazione causa impegni importantissimi del suo lavoro, indi prosegue:

« Credo che nessuno dei presenti ignori che i due problemi che sono connessi con l'applicazione della aerofotogrammetria alla topografia sono: *l'orientamento dei fotogrammi e restituzione dei fotogrammi orientati* ».

« *L'orientamento dei fotogrammi* consiste nel ripristino della posizione spaziale che ognuno dei due fotogrammi, costituenti coppia stereoscopica, aveva nel momento della presa di vista. L'orientamento d'una coppia comporta la ricerca di sei incognite: tre coordinate lineari del punto di presa e i tre angoli di rotazione del sistema degli assi di riferimento del fotogramma rispetto al sistema degli assi geografici su cui la carta deve essere costruita, e siccome i fotogrammi che occorrono per poter fare una restituzione e una carta piano altimetrica sono due, le incognite del problema dell'orientamento del modello sono dodici. Delle dodici incognite alcuni in seguito all'idea che ebbe uno dei fondatori della fotogrammetria (il tedesco Von Gruber) sei sono determinate indipendentemente da operazioni di preparazione a terra (orientamento relativo). Cinque di queste sei variabili dell'orientamento relativo sono determinabili per mezzo di un procedimento che i fotogrammetri chiamano la *eliminazione della parallassi verticale*. Esso consiste nel ripristino del fascio dei piani, piani che esistono per il fatto che un solo punto a terra ha determinato due punti sulle due fotografie coniugate che costituiscono il modello.

Questo punto comune ai due raggi che collegano i due punti immagine con i due punti di vista determina il fatto che le rette che collegano i punti

di vista sono in un piano. Ripristinando questo piano, cioè eliminando le parallassi verticali, si determinano cinque delle dodici incognite ».

Dopo di ciò l'oratore ricorda il procedimento di restituzione.

Il Presidente ringrazia l'Ing. Le Divelec che ha voluto ricordare ai presenti i problemi fondamentali della aerofotogrammetria *orientamento dei fotogrammi sugli apparati restitutori e loro restituzione* e dà la parola al Prof. Inghilleri che così si esprime:

LUCI ED OMBRE DELLA TRIANGOLAZIONE ANALITICA

Si può parlare di luci ed ombre, ovvero di pregi e difetti di un dato procedimento tecnico solo se questo viene messo a confronto con un altro che dia risultati della stessa specie.

È ovvio che nel nostro caso il termine di paragone è la triangolazione aerea strumentale. Cominciamo allora, per avere elementi di valutazione, con l'esaminare in parallelo i vari stadi con cui viene prodotta una strisciata secondo le due tecniche.

Anzitutto pensiamo agli strumenti che si usano; nella triangolazione analitica si adopera uno stereocomparatore, che misura unicamente le due coordinate piane dei punti su un fotogramma; le coordinate sono riferite ad un sistema i cui assi sono paralleli a due assi strumentali, e con l'origine arbitraria.

Nella triangolazione strumentale si adopera un restitutore del 1° ordine equipaggiato in modo da poter eseguire la triangolazione aerea, con la possibilità cioè di invertire la base, o di trasportare l'orientamento da una camera all'altra.

Già in questo primo punto si notano quindi delle differenze che ci permettono di discutere di pregi e difetti.

Lo stereocomparatore è uno strumento molto specializzato; permette di eseguire triangolazioni analitiche, restituzione analitica di punti (vedi Catasto numerico), e qualsiasi tecnica che richieda solo la conoscenza delle coordinate terreno di alcuni punti. È uno strumento quindi che può utilmente essere impiegato o in una azienda specializzata, od in una azienda che abbia una sezione di triangolazione aerea, con una mole di lavoro che giustifichi l'impiego di un simile e costoso strumento la cui produttività è, come vedremo in seguito, veramente notevole.

Il restitutore universale, specie se corredato da un registratore di coordinate, ha invece una maggiore flessibilità in quanto, oltre al suo impiego puramente cartografico, ha la possibilità di eseguire le operazioni tipiche della fotogrammetria numerica. Questa maggiore flessibilità del restitutore, viene naturalmente pagata, come succede in altri campi della tecnica, con una minore produttività, quando lo si impiega in scopi speciali, ed, in parte, in un maggiore costo.

La tendenza odierna in tutti i rami della tecnica, tendenza a cui ora la fotogrammetria sta lentamente adeguandosi, è di specializzare molto le macchine produttrici allo scopo di aumentare al massimo la produzione e ridurre contemporaneamente i costi. Lo stereocomparatore rappresenta nei riguardi della triangolazione aerea proprio questa tendenza; dall'esperienza ormai acquisita in due anni di triangolazioni analitiche, dai confronti fatti con la trian-

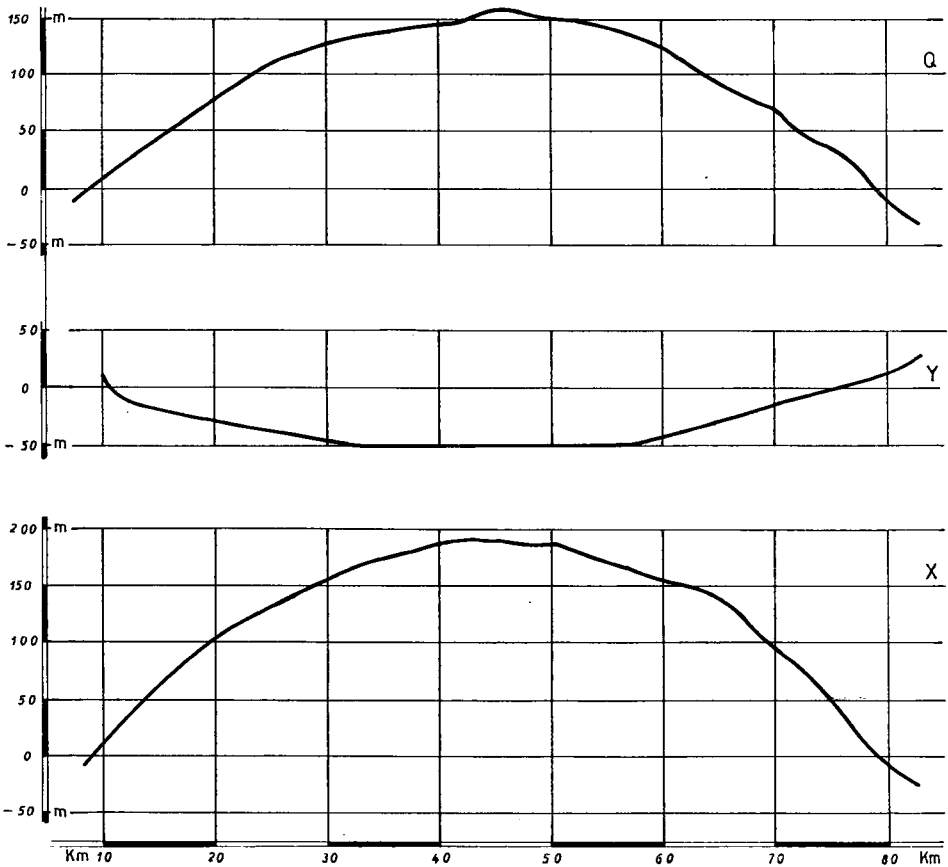


FIG. I. - Strisciata 2 A, 1^a prova - Errori dopo ripartizione lineare degli errori di chiusura

golazione strumentale si può affermare che lo stereocomparatore risponde in pieno alle esigenze della tecnica moderna, permettendo costi più bassi e maggiore rapidità di lavoro, in una parola una maggiore produttività.

Ma riprendiamo il parallelo che stavamo facendo, esaminando le varie fasi del lavoro nell'uno e nell'altro caso.

Nel restitutore occorre imporre le distanze principali delle camere; tali distanze principali per quanto si vogliono eseguire bene le operazioni non saranno mai rigorosamente uguali; occorre eliminare, per via ottica o meccanica, gli effetti della distorsione dell'obbiettivo di presa, centrare infine le lastre.

Nella triangolazione analitica, dopo avere appoggiate e fissate le lastre sui carrelli dello stereocomparatore, si collimano e si registrano le coordinate delle marche, e si introduce nella memoria del calcolatore un numero che rappresenta la distanza principale, e una tabella o funzione che rappresenta la distorsione.

Questo stadio mostra dei punti a favore della triangolazione analitica

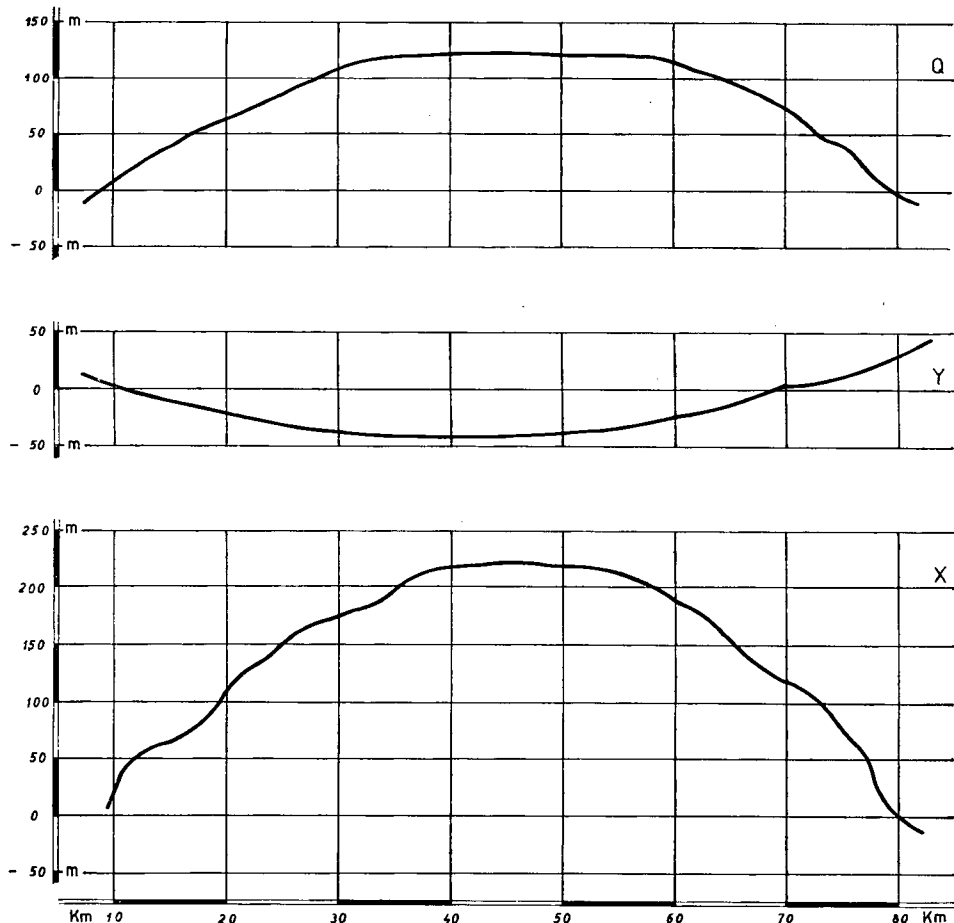


Fig. 2. - Strisciata 2 A, 2^a prova - Errori dopo ripartizione lineare degli errori di chiusura.

In essa infatti il punto principale è individuato con maggiore precisione e si può tra l'altro tener conto anche della effettiva posizione del punto principale calibrato. Nella triangolazione analitica si ha il vantaggio di poter correggere in maniera praticamente integrale qualunque tipo di distorsione, anche se non simmetrica. In generale poi si ha l'ulteriore vantaggio di poter correggere l'errore di rifrazione, sempre mediante tabelle o funzioni e, in parte, la deformazione del film o del supporto.

A proposito di quest'ultimo punto la triangolazione analitica ha possi-

bilità ben maggiori della triangolazione strumentale. Poiché dal fotogramma si rilevano solo le coordinate piane x e y , è chiaro che qualunque trasformazione, che non sia una semplice proporzionalità, a cui si assoggettano tali coordinate equivale ad una deformazione del fotogramma rilevato.

Se si hanno sufficienti informazioni si potrebbe dal fotogramma rilevato

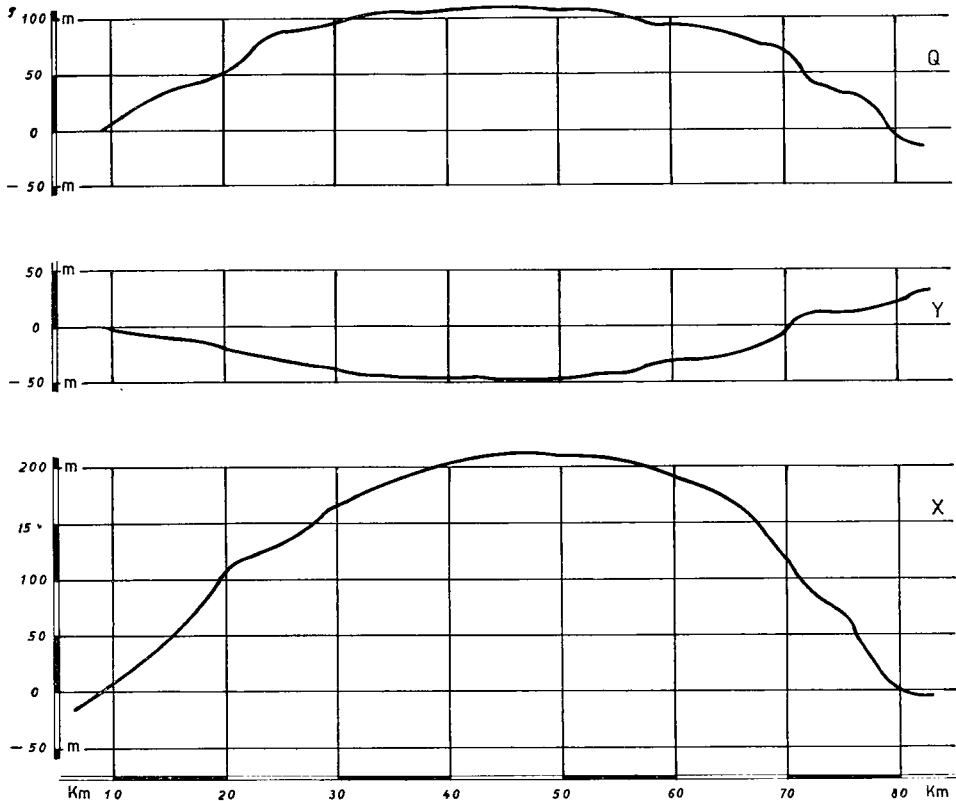


FIG. 3. - Strisciata 2 A, 3^a prova - Errori dopo ripartizione lineare degli errori di chiusura.

ricostruire il fotogramma senza deformazione. Tali informazioni potrebbero ad esempio essere una rete di piccole croci, impresse sul fotogramma all'istante della presa; conoscendo la posizione corretta degli incroci, si potrebbe in ogni punto del fotogramma eliminare gran parte della deformazione del film o del supporto. Se manca questa rete, si possono deformare i fotogrammi secondo una omografia, in modo da ricondurre le marche nella loro posizione relativa corretta.

Quando si conoscono solo le distanze fra coppie di repères, si può tener conto della diversa deformazione secondo l'asse X e secondo l'asse Y , con correzioni proporzionali alla x ed alla y , ma con differenti coefficienti, dedotti dal confronto delle distanze rilevate con quelle corrette.

Successivo stadio: formazione del modello e determinazione delle coordinate dei punti caratteristici.

Nella triangolazione strumentale l'operatore procede all'orientamento relativo e assoluto del fotogramma eliminando le parallassi e gli scarti in quota sui punti noti, forma cioè un modello analogico del terreno, di cui rileverà le coordinate strumentali in un certo numero di punti.

Nella triangolazione analitica la parte strumentale è ridotta di molto, perché l'operatore si limita a collimare stereoscopicamente i punti sui foto-

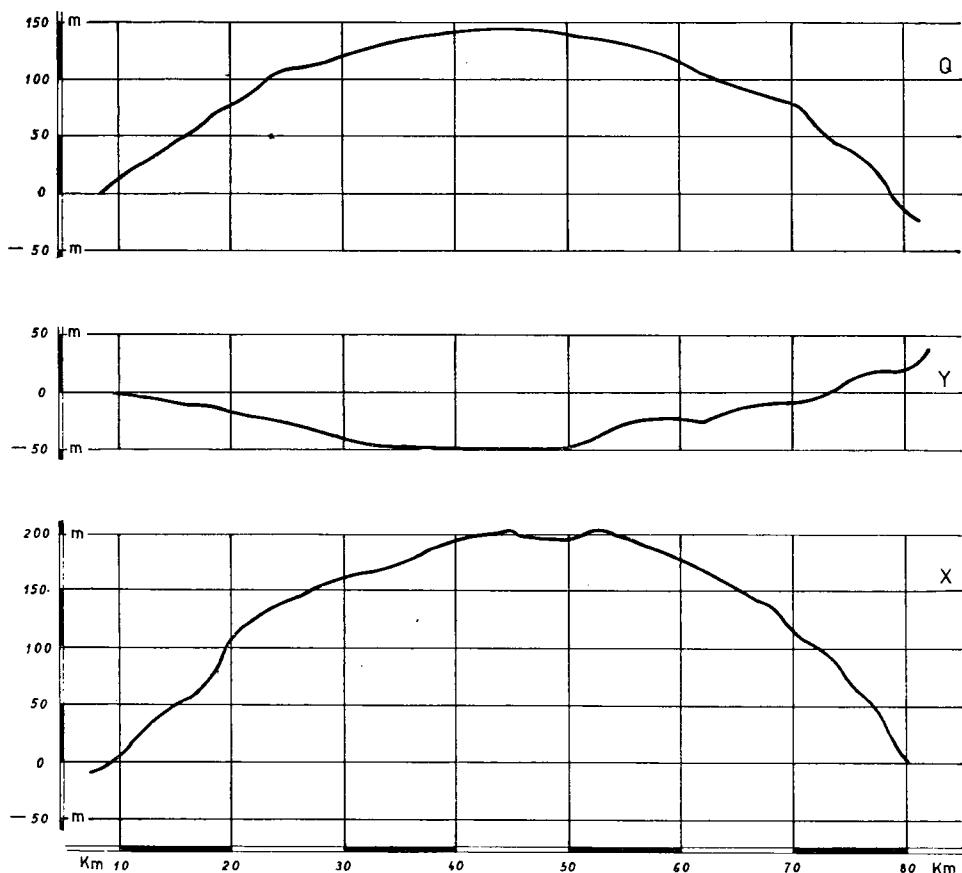


FIG. 4. - Strisciata 2 A, 4^a prova - Errori dopo ripartizione lineare degli errori di chiusura.

grammi secondo un ordine prestabilito e premere un bottone; mette così in moto la registrazione delle coordinate del punto collimato su un nastro perforato.

A questo punto il lavoro dell'operatore è terminato, il resto viene compiuto dal calcolatore elettronico che eseguirà le istruzioni di calcolo del programma, sui dati che via via vengono introdotti.

In breve i punti del programma sono i seguenti:

Anzitutto il calcolatore seleziona i dati che gli vengono dallo stereocomparatore raggruppandoli per fotogramma; raccolti tutti gli elementi di un fotogramma, trasforma le coordinate strumentali in coordinate riferite agli

assi del fotogramma e le corregge degli effetti della distorsione, rifrazione e deformazione del film. A questo punto, poiché nella memoria vi sono già gli elementi numerici relativi al fotogramma precedente già orientato, ovvero di cui sono già noti i valori dei parametri d'orientamento e le coordinate al centro dei punti, procede al calcolo del concatenamento.

Il calcolo di concatenamento ricalca il procedimento analogico.

Partendo dalla posizione nadirale del fotogramma, il calcolatore valuta

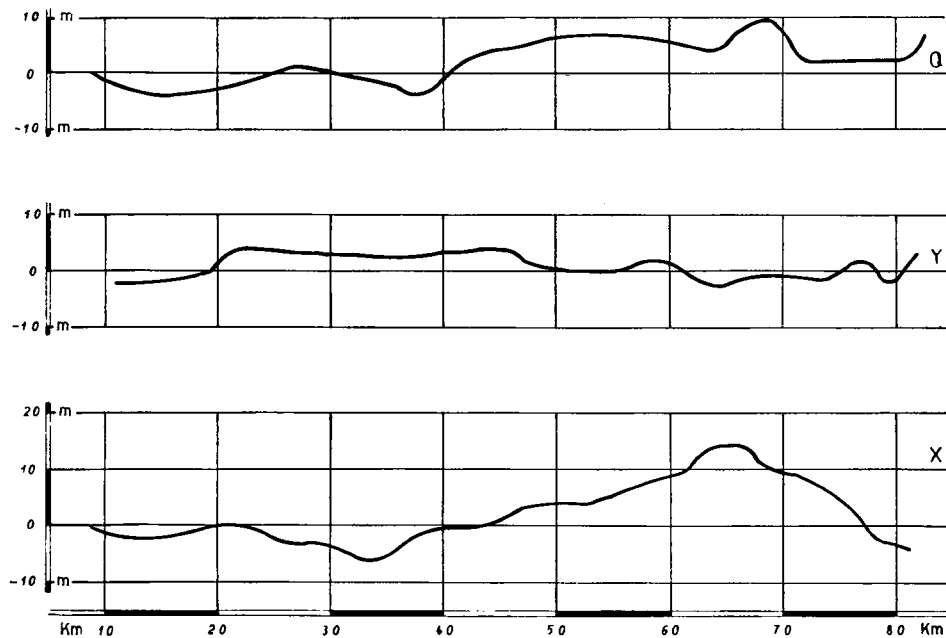


FIG. 5. — Strisciata 2 A, 1^a prova — Errori dopo trasformazione parabolica.

le parallassi in vari punti del modello, e le differenze di quota sui punti le cui coordinate sono state determinate nel precedente concatenamento. Le parallassi e gli scarti in quota sono i termini noti delle equazioni di orientamento, di quelle equazioni cioè le cui incognite sono i parametri di orientamento e che impongono l'annullamento delle parallassi e degli scarti in quota. Poiché tali equazioni non sono lineari, occorre calcolare le soluzioni per successive iterazioni.

Il programma riduce le equazioni in forma lineare, le risolve e ricava i primi valori dei parametri di orientamento.

Ricalcola quindi le parallassi e gli scarti in quota, corrispondenti a questi valori dei parametri, determina i nuovi valori dei parametri e prosegue fino a che parallassi e scarti sono ridotti sufficientemente piccoli. A questo punto calcola per intersezione le coordinate cartesiane dei punti del modello analitico, e le trasforma in geodetiche, geografiche, o cartografiche, a seconda di ciò che si vuole, predisponendo in ultimo i dati per il successivo fotogramma.

È in questa fase che si riscontrano le più sensibili differenze.

Per primo possiamo notare che il procedimento analitico segue rigorosamente lo schema geometrico; le rette che si intersecano sono rappresentate da equazioni e non da bacchette che possono flettersi; non esistono ponti della base che possono ruotare o flettersi; non si hanno problemi circa la stabilità delle camere.

Sono quindi eliminati tutti gli errori strumentali, se si eccettuano naturalmente gli errori derivanti dalle misure delle coordinate.

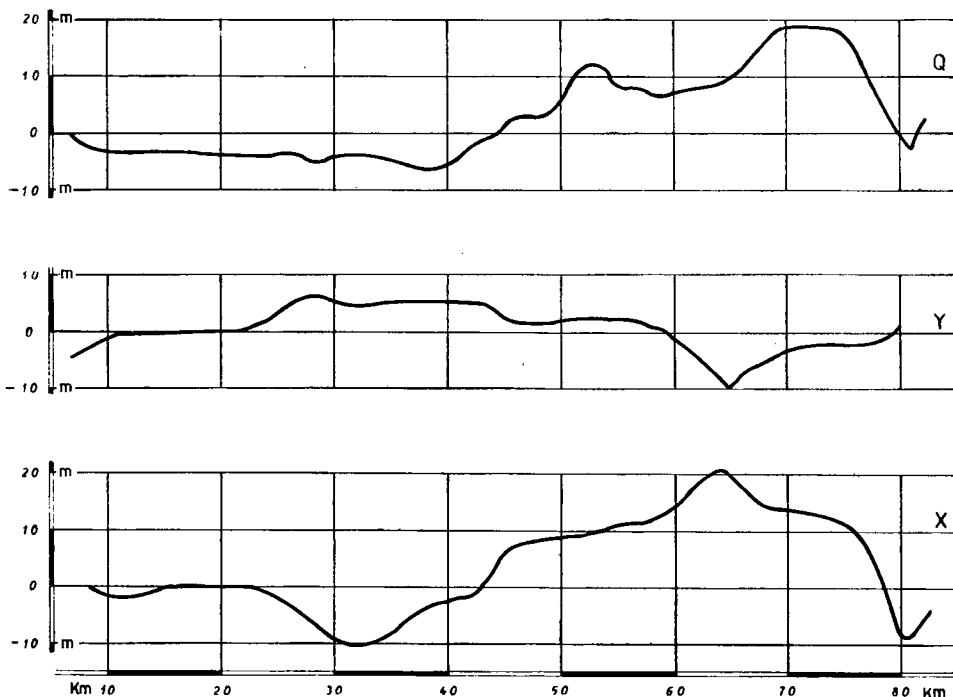


FIG. 6. - Strisciata 2 A, 2^a prova - Errori dopo trasformazione parabolica.

A proposito di questi ultimi occorre dire, ancora una volta a favore della triangolazione analitica, che la struttura meccanica di uno stereocomparatore, costituito essenzialmente da un carrello che si muove secondo due direzioni perpendicolari, è più semplice di quella di un restitutore e quindi favorevole al raggiungimento di elevate precisioni meccaniche e quindi di misura.

Vediamo poi il rovescio della medaglia.

Nella triangolazione analitica si conoscono i risultati solo alla fine del lavoro, nel senso che durante le misure e i successivi calcoli non si può avere nessuna informazione su come vanno le cose. Ad esempio se in un certo modello della strisciata analitica vi è un errore su una coordinata, questo verrà fuori solo quando, al calcolo del modello, il calcolatore denuncia l'errore; occorre allora interrompere i calcoli, rimettere le lastre su cui si è verificato l'errore nello stereocomparatore, eseguire alcune misure, e infine riprende-

re il calcolo; correggere un errore richiede quindi abbastanza tempo e lavoro.

Nella triangolazione strumentale invece l'operatore avendo sempre sott'occhio i modelli avrebbe modo di accorgersi se qualcosa non va bene, e provvedere subito.

Come abbiamo visto, nella triangolazione analitica l'operatore si limita a

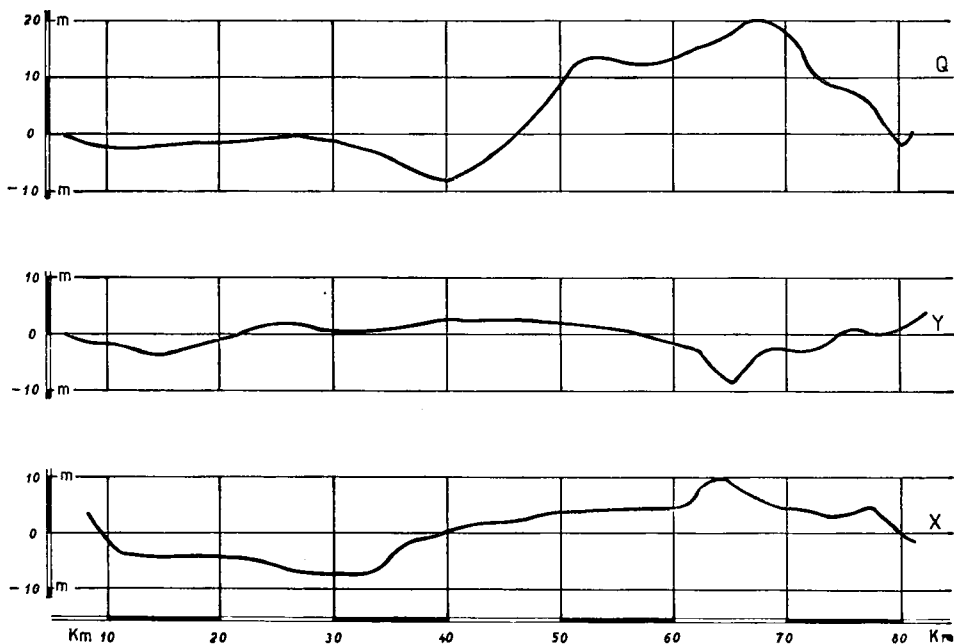


FIG. 7. - Striscia 2 A, 3^a prova - Errori dopo trasformazione parabolica.

collimare i punti secondo una determinata routine ed a premere un bottone; tutto il resto viene eseguito dal calcolo elettronico. È un procedimento quindi con un forte grado di automatismo, ed ha quindi tutti gli inconvenienti ed i vantaggi dell'automazione. Occorre istituire numerosi controlli nelle varie fasi perché la minima irregolarità si traduce in effetti disastrosi nei risultati.

Questa rigidità, si può dire, della triangolazione analitica, crea un certo problema per quanto riguarda i punti di coordinate note, che possono essere introdotti sia nella fase di calcolo che in quella di compensazione della striscia. Esiste per esempio il problema, che non si presenta nella triangolazione strumentale, dei punti definiti in posizioni diverse per quanto riguarda la planimetria e la quota. La soluzione di questo problema ha richiesto delle notevoli complicazioni di calcolo.

Come pure si sono dovute mettere a punto delle particolari tecniche di calcolo per l'individuazione preventiva dei punti errati, nella fase di orientamento assoluto della striscia o dei modelli.

Sempre in questa fase la triangolazione analitica ha però il vantaggio di:

poter eseguire l'orientamento su un numero qualsivoglia di punti, anche variabile per i vari fotogrammi di una strisciata; questa possibilità permette l'uso di tecniche di calcolo mediante le quali, operando con un numero di punti molto maggiore del minimo richiesto, si possono automaticamente scartare, nella fase di orientamento, le coordinate dei punti errati. Si ha infine la pos-

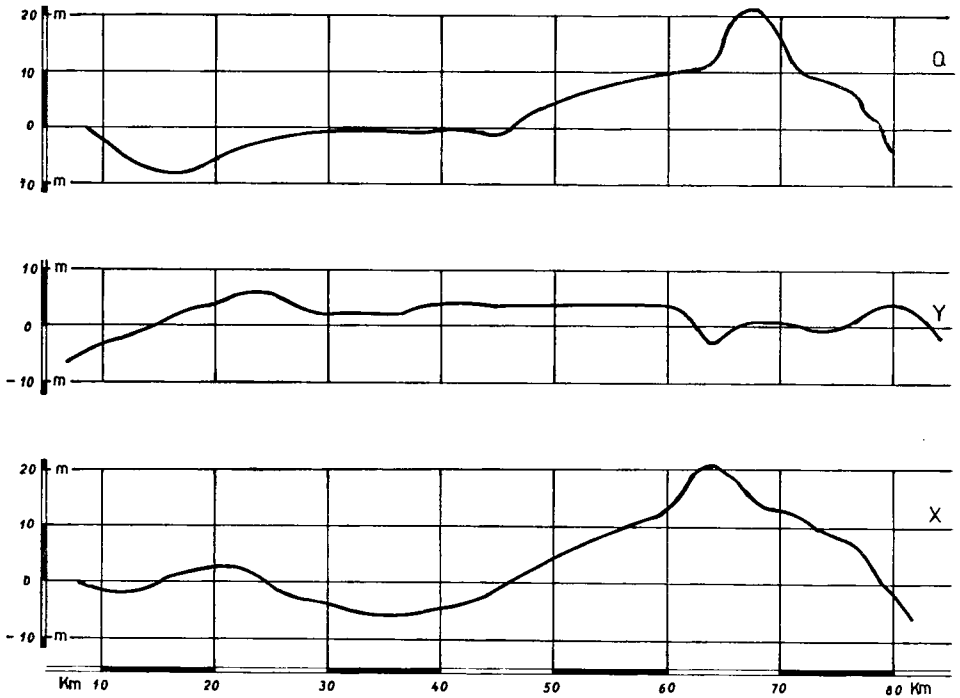


FIG. 8. - Strisciata 2 A, 4^a prova - Errori dopo trasformazione parabolica.

sibilità di orientare simultaneamente tre, quattro o anche più fotogrammi, comunque disposti.

Quest'ultimo vantaggio si fa sentire in modo particolare nel problema dei blocchi di strisciate.

Ultimo vantaggio della triangolazione analitica a cui vorrei accennare, è quello relativo alla introduzione dei dati ausiliari. L'uso di questi dati richiede solo la scelta di un programma e l'inserzione di poche schede nel pacco delle schede fornite dallo stereocomparatore; quindi estrema semplicità di introduzione dei dati ausiliari, al punto che praticamente non vi è nessuna differenza, a parte i risultati, fra una strisciata libera ed una vincolata.

Esaminando ora globalmente il procedimento della triangolazione analitica l'esperienza ha messo in evidenza che la manutenzione dello stereocomparatore è più delicata ed è richiesta più frequentemente, di quella di un restitutore, e ciò è dovuto principalmente alla parte elettronica dello stereocomparatore.

Altro svantaggio si può individuare nel fatto che la triangolazione analitica richiede sempre un tecnico che conosca la programmazione e l'uso dei calcolatori elettronici, tecnico che in generale oggi non esiste nelle aziende fotogrammetriche.

I vantaggi globali si possono sintetizzare in due punti: la triangolazione analitica è molto più veloce di quella strumentale, da 3 a 4 volte; nel senso in cui ora diremo è più precisa; è infine più economica, se naturalmente si considerano forti produzioni.

Per affrontare il problema della precisione parleremo di alcuni risultati ottenuti nel nostro Istituto.

Nella fig. 1 sono riportati i risultati della prima strisciata analitica che abbiamo eseguita. Si tratta di una strisciata sperimentale lunga 80 km, presa con camera Wild RC 5 a lastre; quota di volo 5000 m.

Le curve mostrano gli errori in X Y e Z lungo l'asse della strisciata ricavate sezionando lungo di questo le curve di uguale errore costruite sull'area del poligono.

Come vedete l'entità degli errori (di un massimo di 180 m in X, di 50 m in Y, di 160 m in Z) è perfettamente comparabile con quella degli errori che si ottengono nella triangolazione strumentale.

A vedere questi risultati rimanemmo a dire il vero, un po' male; tutte le speranze riposte nel metodo si erano dimostrate fallaci? Per rendercene conto iniziammo una serie di prove, la prima delle quali fu quella di ripetere parecchie volte la strisciata. I risultati che si sono ottenuti furono tali da rincuorarci. Si può infatti vedere dalle figure 2, 3 e 4 (risultati della seconda, terza e quarta ripetizione della strisciata) che gli errori si ripetevano praticamente con le stesse modalità in tutte le prove. Possiamo accennare in breve globalmente quali sono le caratteristiche degli errori ottenuti.

1° Gli errori sono ben rappresentati da curve di secondo grado; si hanno delle frecce massime di centinaia di metri in Z e X e frecce di decine di metri in Y. Le differenze fra le frecce si aggirano intorno a qualche decina di metri.

2° Gli errori sistematici sono prevalenti e debbono riportarsi al materiale usato; infatti durante le misure lo stereocomparatore veniva continuamente controllato per modo che si può escludere la influenza sistematica degli errori di misura.

3° La prevalenza degli errori in X e Z fa localizzare con sicurezza la causa d'errore nell'errata valutazione della inclinazione longitudinale.

Esclusi quindi gli errori strumentali, non c'era che da pensare alla deformazione differenziale del film o ad errori della curva di distorsione.

Come si è detto, nella triangolazione analitica si possono eliminare assai bene questi errori, a patto però di avere sufficienti e corrette informazioni.

Ad esempio per spiegare gli errori nei risultati ottenuti occorre supporre una errata valutazione della curva di distorsione, specialmente ai bordi del

campo, o per lo meno che la curva determinata in laboratorio non corrisponda all'effettiva distorsione durante la presa.

Per quanto riguarda la deformazione del film occorre dire che questa viene dedotta, oggi, solo confrontando le posizioni rilevate delle marche con le posizioni corrette; siamo cioè nel caso di insufficienti informazioni.

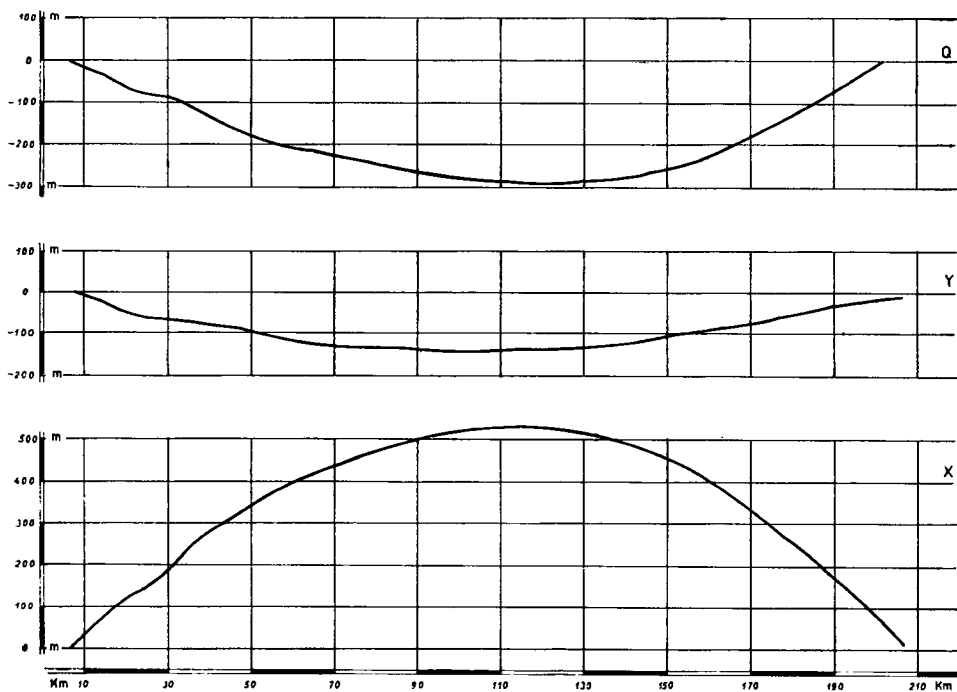


FIG. 9. - Strisciata 13^a - Errori dopo ripartizione lineare degli errori di chiusura.

4° Quanto alle differenze delle frecce che si riscontrano nei diagrammi delle figure 1, 2, 3 e 4 si può pensare che dipendano da errori accidentali; errori accidentali di collimazione, piccoli errori accidentali di rettifica strumentale, ecc.

Veniamo adesso ad esaminare i risultati compensati; diciamo impropriamente compensati perché in effetti le coordinate calcolate subiscono una trasformazione secondo formule di secondo grado, di modo che le coordinate di alcuni punti assumano determinati valori, noti per averli misurati sul terreno; nel calcolo dei coefficienti delle formule interpolatrici, si adopera il principio dei minimi quadrati poiché in generale i punti di controllo sono in numero superiore al minimo necessario per la determinazione dei coefficienti; per la sicura eliminazione degli errori sistematici si sono usati tre gruppi di punti, all'inizio, a metà ed alla fine di ogni strisciata. Esaminiamo adesso i risultati della compensazione riportati nelle figure 5, 6, 7 e 8. Si può globalmente osservare quanto segue:

a) la compensazione elimina quasi totalmente gli errori sistematici e

in buona parte quelli accidentali; tutti gli errori sono contenuti entro i 10 metri,

b) le curve di errore residuo presentano andamenti assai bizzarri e si nota che le irregolarità più accentuate sono sistematicamente presenti. Queste irregolarità si possono riportare a probabile deformazioni localizzata del supporto o della gelatina.

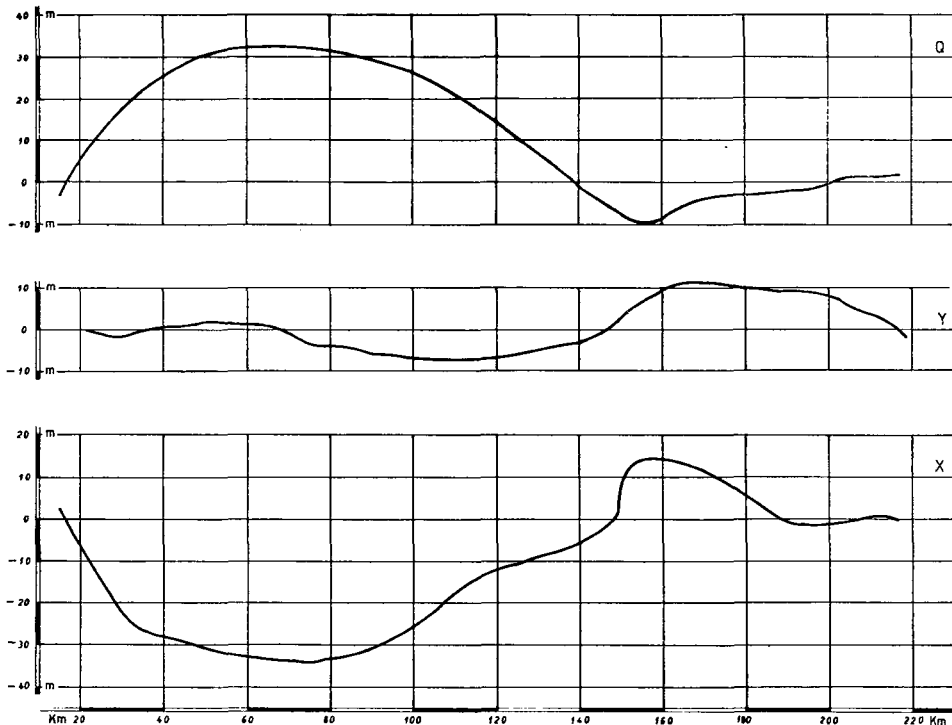


FIG. 10. - Strisciata 13^a - Errori dopo trasformazione parabolica.

Da quanto sopra accennato si può comprendere in che senso la triangolazione analitica è più precisa di quella strumentale. Il ripetersi degli errori con lo stesso andamento ed ordine di grandezza nelle varie prove, ci conferma la precisione sia del mezzo di misura che la bontà del sistema analitico. Se le misure sono buone ed i calcoli per loro natura esatti (a parte le approssimazioni numeriche che tra l'altro sono state accuratamente studiate), bisogna concludere che i risultati ottenuti sono uno specchio abbastanza fedele di ciò che è contenuto nei fotogrammi.

Il limite della precisione raggiungibile con la triangolazione analitica è quindi determinato dal materiale fotografico stesso: esso è ancora troppo poco preciso per ottenere risultati sensibilmente migliori di quelli che si ottengono con la triangolazione strumentale, ed adeguati al mezzo di misura ed al sistema della triangolazione analitica.

Come esempio di un risultato ottenibile con la triangolazione analitica

vi mostro i diagrammi degli errori delle figure 9 e 10 relativi ad una strisciata lunga 200 km.

Da queste considerazioni sulla precisione, associate a quelle sull'alta produttività del sistema della triangolazione analitica, mi sembra giustificata la conclusione che col passare del tempo la triangolazione analitica diverrà il mezzo più usato per eseguire la triangolazione aerea.

La Relazione del Prof. Inghilleri, molto chiara, ed illustrata con diapositive (riprodotte nelle figure inserite nella Relazione stessa) viene lungamente applaudita.

Il Presidente ringrazia l'oratore e dopo brevi parole di commento e di compiacimento, dà la parola al Prof. Cunietti, che fa la seguente esposizione:

IL PROBLEMA DEI BLOCCHI IN FOTOGRAMMETRIA

Nella veste di Segretario della Commissione III della SIP ho dovuto preparare, per il IX Congresso Internazionale di Fotogrammetria tenutosi a Londra nel settembre scorso, il rapporto generale sulla Aerotriangolazione.

Per la stesura di tale rapporto riassuntivo della attività fotogrammetrica in quel settore, ho potuto disporre di numerose informazioni provenienti da oltre 25 Paesi del mondo. Tutte queste notizie sono sintetizzate, catalogate e classificate nel rapporto che il Prof. Cassinis, Presidente della Commissione, ed io abbiamo presentato a Londra.

La veste ufficiale di quel rapporto è la necessaria obiettività hanno evidentemente impedito che in quella sede venissero manifestate le sorprese, le rivelazioni, i suggerimenti, le considerazioni nate negli autori a contatto con quel panorama vivo della produzione fotogrammetrica al di fuori degli schematismi delle ricerche accademiche, nato in seguito alle urgenti sollecitazioni dei problemi pratici ed economici.

Mi sembra però possa essere assai utile in questa sede manifestare alcune di quelle considerazioni che, dopo i ripensamenti susseguenti si sono fatte più profonde e convincenti. Basterà lumeggiare su uno degli aspetti del panorama risultante da quella indagine, prendendo spunto da alcune cifre assai significative contenute nel rapporto.

La triangolazione aerea per strisciate, nella quale cioè i dati necessari per la restituzione vengono ricavati da singole strisciate trattate individualmente, ha una diffusione mondiale; ben poche sono le Nazioni in cui questo procedimento non venga usato; i metodi di triangolazione aerea sono estremamente variabili da paese a paese, da condizione ambientale ad altra condizione ambientale.

I km² rilevati con questo procedimento sono all'incirca mezzo milione.

Dove invece le cifre dei km² rilevati raggiungono valori ben maggiori è nella applicazione del procedimento di misura per *blocchi di strisciate*, cioè

secondo quel procedimento che non considera più la strisciata come un elemento quasi monodimensionale indipendente, ma bensì legata e collegata ad altre strisciate analoghe e parallele il cui insieme ricopre con continuità una superficie di terreno sviluppantesi in entrambe le direzioni.

La superficie totale rilevata si aggira su parecchi milioni di km².

Questa sorprendente constatazione costituisce a mio avviso una delle fondamentali novità che il Congresso di Londra del 1960 ha rivelato. Al contrario dell'altra novità, « *la triangolazione analitica* », la diffusione applicativa dei blocchi non si è palesata con quella fragorosa autorità con cui molto spesso le novità scientifiche si manifestano. Con meno rumore essa però ha effettivamente a buon diritto ottenuto il permesso di classificarsi fra i risultati concreti raggiunti nel campo della Fotogrammetria.

I due aspetti con cui questa novità si è rivelata, e cioè innanzitutto una massiccia applicazione nel campo della pratica operativa per operazioni di qualsiasi scala, ma soprattutto di vasta portata, e poi la sua silenziosità nella espansione pur rapida, permettono a mio vedere, di focalizzare anche da un punto di vista tecnico il problema dei blocchi di strisciate.

Possiamo subito dire anticipando le conclusioni, poi chiarite, che la espansione pratica dei blocchi deriva dall'evidente sua convenienza, ma la applicazione alla produzione di grandi rilievi ne stabilisce già i limiti poiché infatti la organizzazione che un tale procedimento richiede, la struttura operativa complessa che lo accompagna, si giustificano praticamente ed economicamente solo per lavori di vasta mole, di durata notevole e non presto esauriti. Questa stessa complessità ha generato quel senso di paura ad attaccare il problema che è anche la causa dello scarso clamore che intorno ad esso si è formato. L'attenzione dei ricercatori era viva, ma la ponderosità pratica del problema ne rese cauti i passi anche là ove la sperimentazione si era fatta più scientificamente organizzata.

Ne nacque così questa situazione assai strana che la pratica, usando mezzi di fortuna, suggeriti dalla intuizione e semplici, suggeriti dalla economia, portò ad una rivoluzione silenziosa il cui governo solo ora i teorici, sospinti dai pratici, tentano di riprendere per portare a più completo e razionale svolgimento.

Utilità e complessità sono gli aspetti reali del problema dei blocchi di strisciate che ne hanno condizionato lo sviluppo storico.

Analizziamone innanzitutto *l'utilità*.

Un rilievo fotogrammetrico a scopo cartografico si compone di un certo numero di coppie stereoscopiche, o stereogrammi, o modelli ancorati ciascuno individualmente ed indipendentemente al terreno per mezzo dei punti di appoggio determinati per via trigonometrica e topografica diretta. Tuttavia, un solo fotogramma non esaurisce il rilievo, salvo casi estremamente rari che non ci interessano. Un certo numero, a volte numeroso, di stereogrammi si distribuisce sulla zona da rilevare sino a ricoprirla. Per la necessità stessa della presa

questa distribuzione segue uno schema ben preciso. I fotogrammi si succedono l'uno all'altro lungo le strisciate, le strisciate si affiancano l'una all'altra fino alla necessaria copertura. I singoli modelli, nello schema di rilievo fotogrammetrico classico, sono legati fra loro dalla rete dei punti di appoggio topografici.

Lo sfruttamento del concatenamento intrinseco dei fotogrammi che lega già i modelli fra loro al di fuori dei punti di appoggio, portò, come è ben noto, all'impiego della triangolazione aerea per strisciate che rese parzialmente indipendente il fotogrammetra dalla rigorosa schiavitù dei quattro punti di appoggio per ogni fotogramma. Fu chiaro che occorreva servire non più il fotogramma ma la strisciata intesa come un tutto unico. Il vantaggio economico è comprensibile.

Ma per il fatto stesso che, salvo casi assai rari (non più rarissimi) la strisciata non esaurisce il rilievo ma ne costituisce un elemento, nacque inevitabile il desiderio e la richiesta economica di servire il solo insieme delle strisciate o blocco di strisciate, e non la singola strisciata. Ciò evidentemente nella speranza di ottenere ulteriori vantaggi economici con la notevole riduzione di punti da determinarsi sul terreno.

Per vedere se questa espansione fosse possibile, fu necessario dapprima studiare se, come fra i modelli nella strisciata, così fra le strisciate nel blocco, esistesse quel legame intrinseco che bastava a sopperire al legame generato dai punti del terreno.

Si constatò innanzitutto che per sole strisciate parallele ricoprentesi opportunamente in senso trasversale l'una con l'altra come in figura 1. esisteva un evidente legame intrinseco planimetrico, necessario e sufficiente a vincolare le strisciate nella loro posizione reciproca. Infatti bastano due o più punti comuni a strisciate contigue situati nella zona di sovrapposizione per definire univocamente la posizione planimetrica di una strisciata rispetto all'altra senza bisogno di alcun elemento esterno.

Si constatò d'altra parte che il legame altimetrico fra le strisciate esistenti nelle zone di sovrapposizione non era sufficiente a vincolarne totalmente la giacitura reciproca.

Infatti i punti comuni scelti nella zona di sovrapposizione mentre bastano a legare rigidamente la giacitura altimetrica delle strisciate in senso longitudinale (parallele cioè alla direzione di volo), non creano nessun vincolo alla giacitura relativa delle strisciate nella direzione trasversale (normale alla direzione di volo).

Senza danneggiare sensibilmente il legame altimetrico nella zona di sovrapposizione, ogni strisciata è infatti libera di ruotare attorno ad un asse parallelo alla direzione di volo.

Queste constatazioni ebbero due conseguenze. La prima fu che l'applicazione a scopi di *rilievo planimetrico* del blocco progredì subito, sia come metodo sia come rendimento. La seconda fu che tale accelerato sviluppo in un

senso creò una frattura fra applicazione planimetrica del blocco e *applicazione altimetrica* che tuttora perdura sotto molti aspetti.

La soluzione del problema altimetrico dal punto di vista della presa, venne presto trovata. Essa consiste, come ben mostra la figura 2, nella esecuzione di due o più strisciate dirette trasversalmente che inquadrano il blocco.

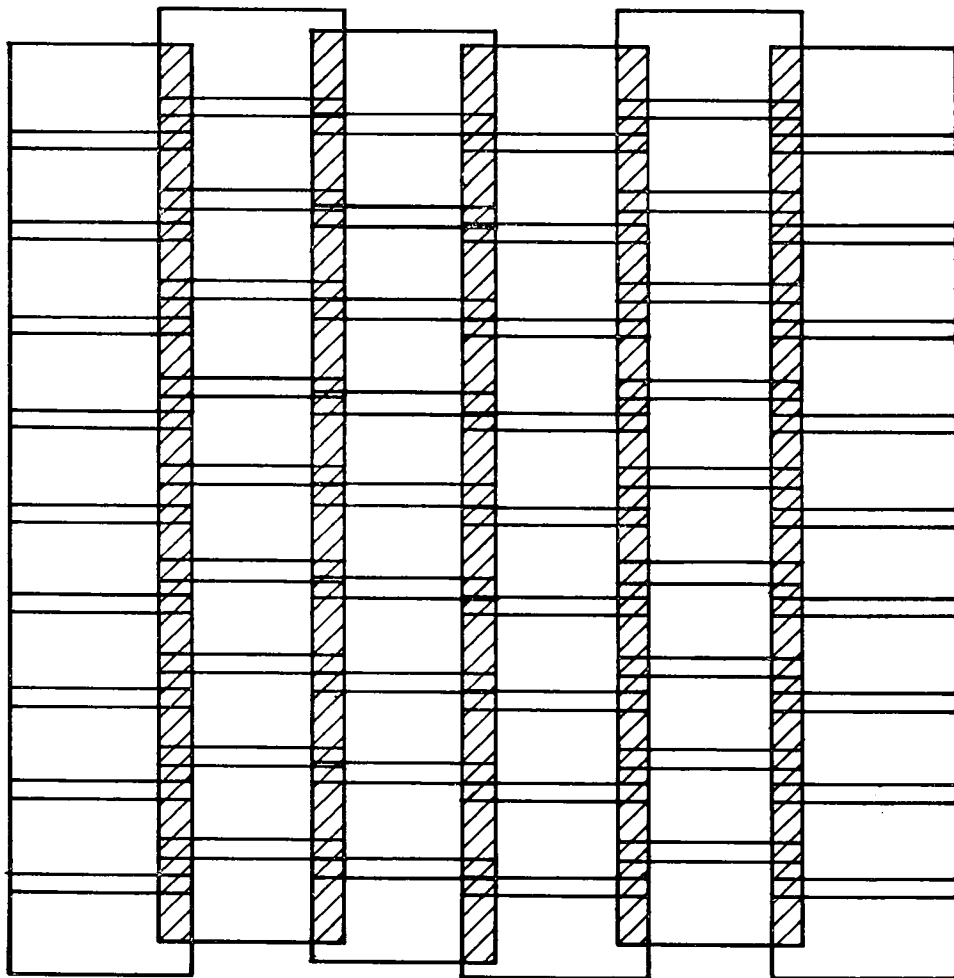


FIG. I.

Queste strisciate trasversali (teoricamente ne basta però una sola), creano fra le singole strisciate il vincolo altimetrico anche in senso anormale al volo del blocco, che prima non esisteva.

La struttura sostanziale del blocco era perciò raggiunta: un insieme di strisciate parallele ricoprentesi lateralmente con continuità, più alcune strisciate trasversali atte a legare unitariamente il blocco. In questa notevole massa di fotogrammi un numero veramente limitato di punti a terra (4 o 5

come minimo), sono sufficienti a legare l'insieme al terreno ed a consentire la restituzione cartografica dai fotogrammi.

Così possiamo ben dire che fin dalla presa il blocco si è confermato come una entità unica omogenea e autonoma, con precise richieste operative e con precise finalità. Ovviamente il blocco è però adattabile a vari schemi a se-

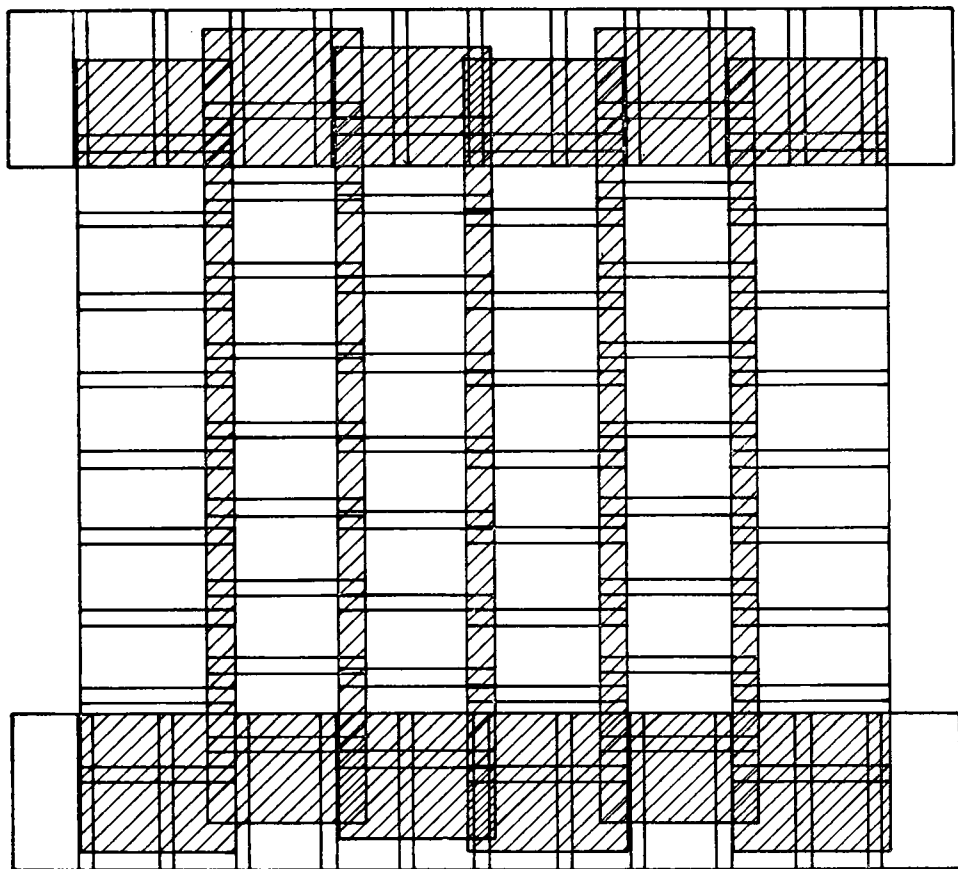


FIG. 2.

conda dei requisiti cartografici; alle varie scale, alle varie forme, alle varie precisioni richieste. Si hanno così blocchi di pochi chilometri quadrati per le grandi scale, e i blocchi comprendenti la superficie contenuta nella figura geografica avente il lato di 100 km.

I problemi relativi alla fase operativa seguente alla presa, sono stati affrontati e risolti secondo due indirizzi assai differenti. Il primo indirizzo considerò subito il problema del blocco come un problema unico che richiedeva una soluzione totale d'insieme. Il secondo invece considerando il blocco come un insieme di strisciate separatamente triangolate, si poneva il problema di

collegare e compensare l'insieme delle singole strisciate fino a ridurle ad un tutto omogeneo.

La prima soluzione evidentemente più realistica nella sua impostazione, proprio però per la complessità del problema giunse solo a soluzioni di natura approssimata. Queste soluzioni sono quelle dello « slot templet method » e quella dello « stereo templet »,. Entrambe risolvono il problema del blocco solo in senso planimetrico.

Lo « slot templet method » è la trasposizione su scala pratica e con realizzazioni meccaniche della triangolazione radiale estesa però sulle due direzioni; esso si applica perciò ai rilievi di territori pianeggianti.

Richiede apparecchiature limitate e poco costose, ma ottiene risultati anche assai limitatamente precisi. Il procedimento è semplice.

Su ogni fotogramma realizzato con un materiale rigido speciale si praticano delle fenditure radiali in corrispondenza di un certo numero di punti individuati stereoscopicamente anche sulle fotografie adiacenti. Le fessure corrispondenti a punti omologhi su più fotogrammi vengono connesse fra loro con opportuni perni mobili (vedi Fig. 3). Le fotografie vengono perciò a ricoprire tutta una certa area di territorio alla scala media dei fotogrammi. A questa stessa scala vengono posizionati un certo numero di pioli fissi che costituiscono i punti di appoggio e che vengono introdotti nelle apposite fessure praticate sulle immagini di questi punti nelle fotografie stesse. Una opportuna vibrazione di insieme di questa maglia di fotogrammi farà assumere ad ogni punto la posizione media più conveniente che tiene conto perciò di tutti i vincoli planimetrici.

Il procedimento è semplice, ma anche assai approssimativo. I risultati sono assai modesti; i punti di connessione assumono una posizione media il cui errore è di circa $0,7/1,0$ mm alla scala del fotogramma. Questi valori però possono assai migliorare se si aumenta in modo sensibile il numero dei punti di appoggio sul terreno.

Questo procedimento è ottimo per ottenere mosaici controllati anche a scale non molto piccole.

Il metodo dello « stereo templet », costituisce già un sostanziale miglioramento, anche se il principio rimane lo stesso. I fotogrammi con le fessure vengono sostituiti da opportune piastrelle in materia plastica che rappresentano non più i fotogrammi, ma i modelli già ricostruiti negli strumenti restitutori. La fessura viene praticata su queste piastrelle in corrispondenza della posizione planimetrica di ciascun punto nel modello e con una direzione volta al centro del modello stesso. La connessione delle piastrelle fra loro e del blocco col terreno è ottenuta come nel caso precedente mediante una vibrazione d'insieme della maglia. A vibrazione effettuata, la posizione dei punti di legame fra le piastrelle del mosaico risulta compensata degli errori di orientamento e di scale dei singoli modelli.

Questo procedimento introdotto e usato su larga scala presso l'Istituto Géographique Notional (I.G.N.) francese portò a risultati brillantissimi.

L'applicazione di questo metodo non ha limitazioni, potendosi applicare anche a terreni montuosi.

Sia lo « slot templet », sia lo « stereo templet » giunge direttamente a valori compensati nel suo insieme. La altimetria è però al di fuori delle possibilità di questi metodi.

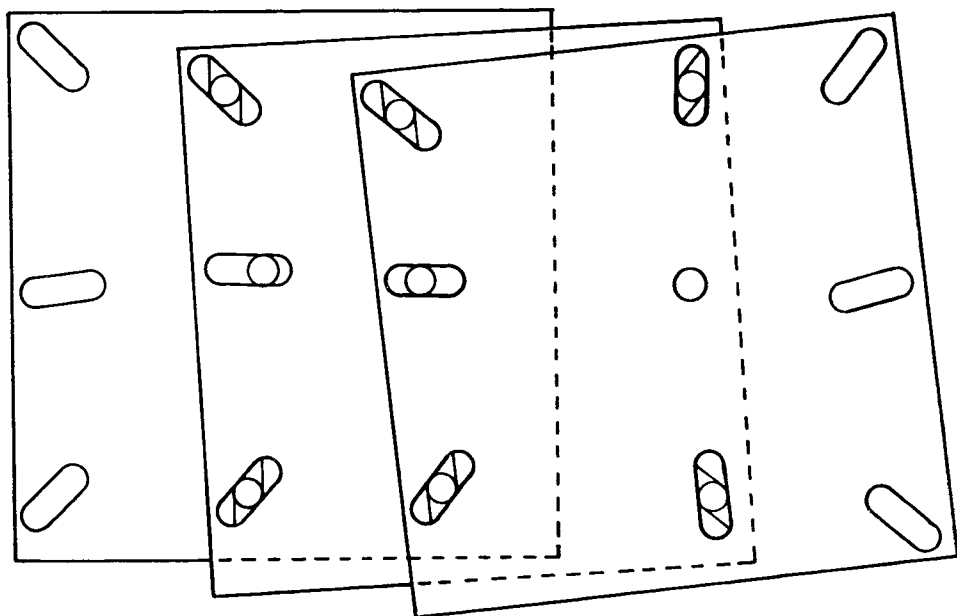


FIG. 3.

Partendo anziché da fotogrammi o modelli isolati dalle singole strisciate già concatenate, si può giungere anche alla soluzione del problema altimetrico. Ogni strisciata parte da punti noti e perviene su punti noti. Questi punti possono essere o punti determinati topograficamente o appartenenti a strisciate trasversali. Ogni strisciata viene perciò ad essere determinata nel modo solito.

Il problema del blocco nasce quando volendo comporre le strisciate si da costruirne un tutto unico, si devono compensare sia le discrepanze relative tra strisciata e strisciata, sia le discrepanze assolute del blocco sui punti di appoggio.

Il problema è un vero e proprio problema di compensazione che la molteplicità delle condizioni vincolanti e la complessità della loro rappresentazione analitica rende estremamente difficile da risolvere con procedimenti rigorosi.

Questo problema è stato risolto con varie modalità, in generale però, per aggirarne la difficoltà si sono scelte vie approssimate. A tutt'oggi solo un procedimento giunge ad una soluzione del problema per via rigorosa. Gli schemi fondamentali di soluzione intorno ai quali sono nate un certo numero di varianti sono i seguenti.

Metodo grafico numerico – In questo metodo le singole strisciate del blocco già singolarmente compensate, vengono collegate confrontando innanzitutto le discrepanze sui punti comuni nella zona di sovrapposizione laterale. Queste discrepanze sia in planimetria che in altimetria vengono ripartite fra le strisciate con procedimenti grafici assai approssimati ma che, dato il notevole numero di vincoli, possono portare a buoni risultati.

Metodo analogico di Jerie – Questo metodo nella sua parte planimetrica ha parecchi punti in comune con lo stereo templet, ma come principio ne differisce sostanzialmente. Dare una descrizione sommaria di tale metodo è impossibile; riuscirebbe estremamente oscura. Basti accennare che per mezzo di semplici apparecchiature meccaniche, si determinano le correzioni di posizione e di scala da apportare a certi gruppi di modelli per ottenere la posizione corretta. I risultati ottenuti sono stati, a detta di alcuni applicatori, molto soddisfacenti. La compensazione altimetrica è invece simile a quella grafico-numerica, solo che le discrepanze fra strisciate vengono compensate misurando le deformazioni elastiche che subiscono le strisce metalliche con le quali si rappresentano le strisciate singole per adattarsi l'una all'altra ed ai punti di appoggio sul terreno.

Metodo rigoroso numerico – È stato sperimentato, programmato ed applicato presso l'I.G.N. francese dall'Ing. De Masson d'Autume; è l'unico procedimento numerico per compensare nella sua totalità il blocco senza trascurare nessun vincolo, separando la compensazione degli errori accidentali da quella degli errori sistematici, ripartendo infine gli errori accidentali sulle reali misure eseguite secondo il principio dei minimi quadrati. Tutto ciò però ha richiesto una tale complicazione, concatenamento di operazioni, successione di calcoli, ecc., che sarebbe assolutamente impossibile riassumere. È ovvio che tutto ciò non si può fare a mano, neppure con macchine calcolatrici meccaniche. Solo i grandi calcolatori elettronici possono venire in aiuto, e, con le loro enormi capacità mnemoniche, le loro velocità prodigiose possono portare in fondo questa impresa.

L'I.G.N. francese usa ormai questo procedimento come routine normale. I risultati comunicati ufficialmente in assemblee internazionali sono veramente sorprendenti. Qualche metro di errore medio in planimetria e quota, su blocchi di 80/100 km di lato comprendenti da 150 a 200 fotogrammi.

Tutto ciò ha del meraviglioso.

In coloro che, abituati agli errori delle strisciate, si attendevano errori residui ben maggiori oltre le decine di metri, sorge una notevole diffidenza. Essa è però ingiustificata. Quello che può sembrare un irragionevole aumento di precisione dal passaggio dalla strisciata singola al blocco è invece pienamente giustificabile. Si pensi infatti quale aumento di vincoli interni si ottiene con la connessione fra le strisciate.

La strisciata singola vincolata agli estremi è infatti dal punto di vista della rigidità interna estremamente debole. Ogni modello si concatena, è vero,

con il successivo, ma tale collegamento avviene su una base assai piccola rispetto alla lunghezza della strisciata cosicché piccoli errori intrinsecamente tollerabili provocano errori e sbandamenti intollerabili nella posizione e nella forma d'insieme della strisciata. Nel blocco, a compensazione intrinseca avvenuta, ogni direzione è equivalente, i legami intrinseci risultano, potremo così dire, isotropi e trasmettono in ogni punto il vincolo esercitato, sia pure in poche posizioni, dai punti di appoggio esterno. Inoltre l'abbondanza dei controlli reciproci fra le strisciate sia in planimetria sia in quota permette una più minuziosa, approfondita analisi degli errori, una quindi più rigorosa eliminazione preventiva di quegli errori a comportamento sistematico, dovuti ad errore nella conoscenza dell'orientamento interno delle camere. Tutto perciò concorre a far sì che il blocco porti ad un risultato più soddisfacente.

Ho citato il caso più clamoroso, ma in ogni altro caso il blocco ha portato a queste liete sorprese: un aumento insperato della precisione totale.

Questo fatto, unito alla notevole diminuzione del lavoro a terra ha costituito le premesse per una inevitabile affermazione del procedimento del blocco nelle operazioni fotogrammetriche.

Spero così di avere assolto il primo compito, quello di precisare le possibili ragioni dello sviluppo registrato alla fine del quadriennio 1956-1960, da questo nuovo procedimento.

Mi auguro di essere riuscito a mettere in luce un altro fatto assai importante e cioè che il problema dei blocchi in fotogrammetria costituisce un insieme complesso di operazioni tese ad un unico preciso scopo e che abbracciano sia la fase della presa, sia quella della restituzione.

Procedere alla cartografia per blocchi di strisciate richiede una organizzazione preventiva particolare che condiziona ogni passaggio e non la sola fase finale di collegamento delle strisciate. La compensazione d'insieme è sì la fase finale, sia pure la più complessa, ma essa potrà portare a risultati omogenei nella loro precisione solo se ogni fase è stata dimensionata sullo schema totale del blocco.

Secondo quanto avevo premesso, mi tocca ora tentare di giustificare la seconda caratteristica che ha tipizzato lo sviluppo del metodo dei blocchi, quello di non aver fatto molto baccano, ma di essersi presentato alla ribalta della indagine tecnico-scientifica quando già si era imposto nella pratica.

Come ho già premesso ciò è dipeso dalla complessità stessa del problema che si è faticosamente avviato alla soluzione attraverso gli inevitabili compromessi che l'operatore economico accetta pienamente, ma che l'operatore cosiddetto scientifico cerca di evitare e quando non ne può fare a meno cerca di ignorare.

Le prime soluzioni sono infatti dei compromessi, delle approssimazioni, dei tentativi eseguiti sotto l'urgenza del fattore economico che intravede il beneficio, ma che non permette di ponderare una soluzione più radicale e meno approssimativa. Bisogna riconoscere però a questi primi tentativi un

coraggio ammirevole. Colui infatti che anche ora si accinge ad operare sui blocchi deve innanzitutto superare il senso di smarrimento che lo invade non appena si vede sommerso dal numero enorme di dati che deve organizzare, interpretare, far concordare per giungere al risultato finale.

Ritengo che forse anche scientificamente non si sarebbe potuto affrontare altra via se non quella stessa di tentare prima con mezzi semplici, limitati nel loro operare, ma per ciò più accessibili ad una interpretazione sintetica complessiva sempre necessaria nelle prime impostazioni della soluzione di così vasti problemi. Solo quando una certa abitudine e familiarità col problema si è instaurata sono possibili schemi più complessi e quindi affidati ad una routine di manipolazioni implicanti via via un numero sempre più grande di valori numerici.

Ora che sul campo già parzialmente arato è intervenuta anche la ricerca più propriamente scientifica, si potrà per merito proprio di quei primi sforzi pratici, giungere più facilmente alla impostazione più consapevolmente conveniente del problema.

Con ciò non si vuole dire che le soluzioni adottate non siano buone, anzi esse lo sono in quanto praticamente soddisfano la richiesta, ma piuttosto si intende che la successiva analisi scientifica del procedimento potrà permettere una più approfondita valutazione dei metodi già esistenti e suggerirne altri migliori.

Non vorrei però che al di là di questo vago aggettivo venisse sospettata una perdurante indecisione sull'indirizzo di ricerca in questo campo.

Se non presumo troppo mi pare di poter individuare le direttrici di ricerca per migliorare il procedimento operativo dei blocchi in queste proposizioni generiche.

– Trovare un punto di equilibrio fra la necessaria approssimazione e semplificazione nei calcoli e la richiesta di maggior rigore nella trattazione dei dati.

– Impiego dei dati degli strumenti ausiliari per rendere più precisi i risultati dei procedimenti più sbrigativi senza togliere ad essi la prerogativa di agilità e maneggevolezza proprie e per permettere anche migliori risultati negli schemi risolutivi più complessi.

– Rendere accessibile a tutti gli applicatori della fotogrammetria l'impiego di questo metodo che presenta vantaggi economici innegabili.

In queste direzioni si sta attualmente lavorando a Milano, presso il Centro di Addestramento e Studi Fotogrammetrici del Politecnico. Vorrei perciò un po' più diffusamente illustrare quelle tre proposizioni.

Come ho già riferito in questi ultimi tempi, l'I.G.N. francese per opera di un suo valente tecnico, l'Ing. De Masson d'Autume, ha messo a punto un metodo di calcolo e compensazione del blocco il cui risultato è rigoroso dal punto di vista della applicazione dei principi basilari della teoria degli errori. Si giunge a ciò però con procedimenti di approssimazione successive con va-

riazioni degli schemi di calcolo a seconda delle varie fasi, con ritorni molteplici sugli stessi elementi che veramente fanno stupire per la genialità con cui sono stati concepiti. Ma non si può fare a meno di dubitare che tutto ciò serva veramente a qualche cosa. Ecco perciò il quesito: trovare fino a che punto si può lasciar perdere il rigore della soluzione senza rimmetterci eccessivamente in precisione dei risultati.

Solo l'indagine sperimentale saggiamente condotta può rispondere, ma è abbastanza probabile che una porzione assai abbondante di quel rigore possa essere abbandonata ottenendo una semplificazione notevolissima di procedimento. Fa parte di questa indagine cercare soluzioni il più possibile schematiche, con il minor numero possibile di variazioni nel procedimento e quindi facili nella loro impostazione, e i cui risultati si possono ottenere con routine di calcoli anche laboriosi per i calcolatori elettronici ma semplici per gli esecutori umani.

Inoltre sarebbe utile poter estendere questa uniformità di trattamento sia alla planimetria che alla altimetria.

La seconda proposizione prevede un più appropriato uso dei dati degli strumenti ausiliari nella esecuzione del blocco. Gli strumenti ausiliari sono quelli che, come è ben noto, permettono di ottenere informazioni sulla posizione e sulla giacitura delle singole lastre indipendentemente l'una dall'altra e quindi dal procedimento stesso di concatenamento. Ne cito qualcuno dei tanti; periscopio solare, statoscopio, radar altimetrico, ecc.

Quali i benefici che si possono trarre da questo impiego? Bisogna a questo proposito ricordare che la fotogrammetria non può prescindere dalle lastre e queste sono imperfette. A volte notevolmente imperfette per cause quasi inevitabili che possono essere le deformazioni dell'obbiettivo stesso in volo o le deformazioni anisotrope del supporto della gelatina. Ne consegue che a volte per queste alterazioni si hanno deformazioni locali accentuate nel risultato cartografico dovuto anche al carattere sistematico dell'influenza di questi errori. I dati degli strumenti ausiliari in attesa che si migliorino le qualità delle lastre e della presa, possono aiutare e ridurre questa influenza con l'intervento loro sicuramente indipendente da quello stesso sistematismo ed anzi a volte sicuramente esente da fattori sistematici. Quello che si può ottenere con un certo numero di punti a terra, lo si può ugualmente ottenere con gli strumenti ausiliari. Conseguenza: blocchi di dimensioni maggiori, diminuzione superiore del lavoro preparatorio sul terreno.

L'ultima proposizione deriva dal fatto che se il lavoro di impostazione e di calcolo non viene in un certo senso normalizzato, perdurerà lo stato attuale in cui cioè solo grossissime organizzazioni per grossissimi lavori possono pensare alla applicazione del metodo dei blocchi. Si vuole invece che anche più modeste organizzazioni usufruiscano di questo mezzo. Ecco perché occorre che venga impostato un procedimento standard accessibile a tutti i casi, anche ai casi isolati, che non sia vincolato a schemi di presa prefissati, a disposizioni caratteristiche di punti. Qualora tale problema di generalizzazione potesse

essere raggiunto senza scapito della semplicità, tutti potrebbero usufruire di un unico programma di calcolo opportunamente diffuso. Solo allora vinte le ultime barriere il procedimento per blocchi di strisciate potrà dirsi saldamente ancorato nei procedimenti fotogrammetrici.

Si sta lavorando presso molti istituti e grosse organizzazioni a questo scopo e c'è da augurarsi che la soluzione più conveniente non tardi troppo ad arrivare.

Quando sarà arrivata abbiamo già pronto un altro bel problema; i blocchi di blocchi di strisciate.

Ci dobbiamo spaventare per questo? Neppure per sogno. Il progresso è bello proprio perché all'inizio sembra sempre una irraggiungibile utopia.

Anche la Relazione del Prof. Cunietti viene applaudita. All'applauso dei presenti il Presidente si associa ed esprime al Prof. Cunietti il suo vivo compiacimento per il lavoro compiuto anche nella veste di segretario della III Commissione della S.I.P. per il quadriennio 1956-1960, di cui ha avuto occasione di constatare al Congresso internazionale di Londra.

Dà poi la parola al Maggiore Birardi, il quale presenta la seguente relazione:

TRIANGOLAZIONE AEREA A MODELLO RIGIDO

(Note su un particolare procedimento di T. A. applicato dall'I.G.M. nei rilievi per la carta al 25.000)

PREMESSA.

I. Solo in tempi relativamente recenti l'I.G.M. ha preso in seria considerazione l'opportunità di adottare i procedimenti di T. A. a fini non solo sperimentali, ma di normale produzione per le carte al 25.000.

Vi era infatti una certa prevenzione al riguardo: prevenzione più che giustificata, ove si tengano presenti da una parte il dovere di conservare una buona precisione alla carta fondamentale dello Stato, dall'altra le risultanze invero non incoraggianti che i procedimenti di T. A. - studiati per sopperire a situazioni ben diverse da quelle incontrate dall'I.G.M. nei suoi rilievi - fornivano in pratica quanto a precisione di determinazione.

Recentemente una serie di studi e di esperienze ha modificato questo stato di cose. Da una parte si è dimostrato (1) che per il 25.000 è sufficiente tenere nella determinazione a terra dei punti d'appoggio una precisione carat-

(1) BIRARDI GIUSEPPE, *Sulla precisione dei punti di appoggio per la restituzione grafica delle carte al 25.000.* « Bollettino di Geodesia e Scienze Affini dell'I.G.M. », n. 5, 1960

terizzata da s.q.m. dell'ordine di $2 \div 3$ m per la planimetria, di $1 \div 1,50$ m per la quota; dall'altra si è intravista la possibilità di ottenere, con procedimenti di T A opportunamente studiati per il territorio italiano – ove la densità dei punti trigonometrici già esistenti è elevatissima – una precisione di determinazione comparabile con quella anzidetta. Decisiva al riguardo, è stata la coraggiosa iniziativa di alcune Ditte civili – in particolare l' E I R A di Firenze – nei lavori eseguiti per conto dell'I.G.M.; e l'applicazione di un eccellente metodo di correzione (per isotransitive appoggiate ai trigonometrici intermedi) ideato dal Prof. Trombetti dell'I.G.M. (1).

2. Visti i risultati di alcuni saggi sperimentali eseguiti nell'autunno 1959 con l'applicazione del procedimento oggetto di questa nota, la Direzione dell'I.G.M. decise di compiere un esperimento su larga scala nella campagna di rilievi 1960. L'esperimento ha interessato una trentina di tavolette (20 in Sardegna, 5 in Alto Adige, 3 nelle Dolomiti); delle sue modalità esecutive e dei suoi risultati si dirà in seguito.

Infine il 15 gennaio u.s. la Direzione dell'I.G.M. ha deciso, con lungimirante provvedimento, l'istituzione di una Sezione T A nel seno dell'I.G.M. dotandola di uno Stereocartografo Santoni IV e di un Fotostereografo Nistri Beta. La Sezione ha iniziato la sua opera in mezzo a notevoli difficoltà, inevitabilmente connesse alla transizione da una prassi operativa ad un'altra del tutto nuova; essa tuttavia si va allineando al ritmo della produzione, e si spera potrà dare sempre migliori risultati, con l'adeguarsi dei mezzi e la crescente pratica degli uomini.

Con ciò, anche in questo campo l'I.G.M. ha dimostrato di sapere accogliere quanto di meglio il progresso della tecnica va offrendo; e di sapere a sua volta portare, fedele ad una nobile tradizione, il proprio contributo di studio e di lavoro.

I. – LINEAMENTI DEL PROCEDIMENTO

Campo d'impiego e finalità

3. Lo scopo fondamentale della T A è quello di consentire la restituzione di vaste zone con pochi punti d'appoggio. La distribuzione e densità dei punti di appoggio sono ovviamente in relazione alla precisione del prodotto cartografico desiderato: se si tratta di carte a media o a piccola scala di territori deserti o semiselvaggi, si potranno utilizzare strisciate anche di centinaia di Km semplicemente appoggiate agli estremi, avendo scarsa importanza errori in planimetria e quota dell'ordine di diverse decine di metri. Se invece si tratta di costruire carte a media scala di territori di alta civiltà, o carte a grande

(1) TROMBETTI CARLO, *La triangolazione aerea nella preparazione dei punti d'appoggio per la restituzione della Carta d'Italia alla scala 1 : 25.000*. Ibid., n. 4, 1960.

scala destinate a fini ingegneristici e tecnici, occorre contenere gli errori in limiti di gran lunga più ristretti. A tal fine, due soli ordini di provvedimenti sembrano oggi efficaci:

a) ridurre la lunghezza delle strisciate, o meglio il numero n dei fotogrammi concatenati. Se n non supera certi limiti, il modello M , ottenuto concatenando gli $(n - 1)$ modelli m_i , può essere considerato sufficientemente rigido e assai poco deformato rispetto alla realtà;

b) inserire fra gli appoggi estremi un numero conveniente di vincoli intermedi, obbligando il modello M a coincidere con la superficie reale nel loro intorno. E cioè, inserire razionalmente un certo numero di punti d'appoggio e punti quota intermedi lungo la strisciata, in aggiunta a quelli estremi; e forzare col calcolo il modello M a contenerli.

4. È chiaro che entrambi questi provvedimenti limitano grandemente la portata ed i vantaggi della T A ; purtuttavia anche con tali restrizioni la T A presenta ugualmente un sensibilissimo vantaggio economico nei confronti della lunga e costosa determinazione a terra di *tutti* i punti d'appoggio occorrenti a servire isolatamente i singoli stereogrammi. Se, al limite, si concatenassero due sole coppie ($n = 3$), servendole a terra con 4 P A marginali - e sarebbero più che sufficienti - si risparmierebbe sempre la determinazione a terra di almeno 4 P A (fig. 1), con una economia del 50 %; economia tutt'altro che disprezzabile, ove si pensi che la determinazione a terra di un P A costa mediamente dalle 10 alle 15.000 lire. Concatenando 5 ÷ 6 coppie, e introducendo prudenzialmente qualche punto intermedio di controllo, oltre ai quattro marginali di appoggio, l'economia raggiunge facilmente l'80 ÷ 90 %; mentre la precisione delle determinazioni è, come si vedrà, di poco inferiore a quella conseguibile a terra, e comunque ampiamente sufficiente a garantire successivamente una restituzione del tutto inalterata.

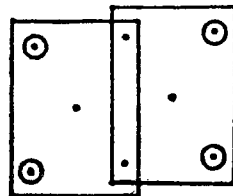


FIG. 1.

5. Qualora poi nella zona già si disponga di un cospicuo numero di punti noti, determinati per altri scopi con elevata precisione, distribuiti sul terreno con densità uniforme - così avviene per tutto il territorio italiano, e per buona parte di quello europeo, ove numerosissimi sono i trigonometrici delle reti geodetiche e catastali - il vantaggio diviene così evidente da non richiedere illustrazioni. Tali punti possono in molti casi, se la loro situazione risulta conveniente, essere direttamente utilizzati come P A marginali dei modelli M , in sostituzione di altrettanti P A appositamente determinati; possono sempre essere utilizzati come vincoli intermedi, nel modo indicato al par. 3, b) oppure come punti di controllo; possono infine, con ovvia estensione costituire *da soli* un eccellente appoggio per un blocco di strisciate, se non per una strisciata singola suddivisa col calcolo in corti tronchi mutuamente vincolati. Tali punti esistono sul terreno e non costano niente (o co-

stano assai poco, dovendo sempre essere riferiti alla fotografia): sarebbe un assurdo non utilizzarli, un peccato non utilizzarli bene.

6. Il procedimento « a modello rigido » è stato studiato in primissimo luogo per conseguire nella determinazione una elevata precisione, indispensabile per la restituzione del 25.000 I.G.M. Nella ferma convinzione che la T A non possa oggi seguire altra via per arrivare a tanto, essa applica contemporaneamente i provvedimenti *a)* e *b)* del par. 3; e cioè spezza col calcolo le strisciate osservate in corti tronchi di $4 \div 7$ fotogrammi, servendoli con pochi P A appositamente determinati e con tutti i trigonometrici intermedi. Con ciò l'economia rispetto alla completa determinazione a terra dei P A raggiunge e supera l'80 %.

In secondo luogo esso mira a semplificare al massimo il calcolo della T A, in modo da renderne l'esecuzione accessibile a chiunque, e non solo a pochi specialisti. E invero col procedimento « a modello rigido » la semplificazione è spinta al limite, non eseguendosi alcuna compensazione di strisciata; il modello *M* è trattato come fosse un modello singolo, e come tale orientato assolutamente sui punti noti, e successivamente restituito, con semplici formule di rototraslazione di assi.

Infine, la suddivisione in corti tronchi consente di utilizzare anche pessimi voli, purché le interruzioni vengano fatte coincidere con le più evidenti rotture in sbandamento, quota e deriva. Gli effetti degli errori sistematici e pseudosistematici propri del concatenamento vengono ridotti al minimo, essendone a intervalli regolari bloccata la propagazione; onde è consentita una più larga tolleranza in fatto di imperfezioni di orientamento interno, di rettifica strumentale, di orientamento relativo, di dimensionamento, di osservazione. In breve, si ha un sensibile guadagno anche quanto a generalità di applicazione e a celerità operativa.

Fondamento teorico

7. Si supponga di dover concatenare una strisciata di l fotogrammi ($l \leq 50$), e di disporre dei seguenti elementi noti nel riferimento assoluto (fig. 2):

a) cinque P A nella coppia iniziale m_1 , cinque in quella finale m_{l-1} , disposti come in figura;

b) una coppia di P A ogni n fotogrammi ($n \leq 7$), situati nella zona alta e in quella bassa del fotogramma, e preferibilmente coincidenti con i punti *A* e *B* del suo asse nadirale y_0 ;

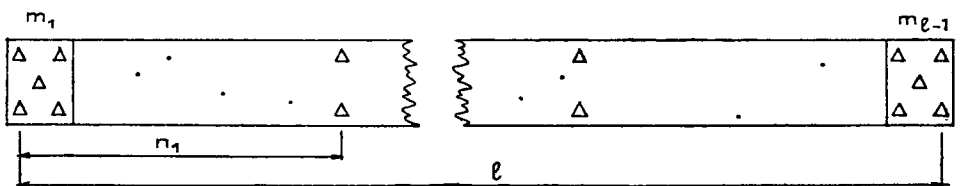


FIG. 2.

c) un certo numero di punti intermedi, noti anche solo in planimetria o solo in quota, comunque disposti entro la strisciata.

Eseguito con un procedimento qualsiasi, libero o condizionato, il concatenamento della strisciata, si riportino ad un'unica origine le coordinate strumentali osservate $X' Y' Z'$, e si porti alla quota Z' la sola correzione per la sfericità terrestre. Si consideri quindi il modello M_1 ottenuto dai primi n_1 fotogrammi; ammesso che la coppia m_1 sia stata bene orientata assolutamente a mezzo dei suoi cinque P A, il modello M_1 possiede una situazione assoluta assai prossima al vero. Di più, stante il limitato numero di fotogrammi concatenati, il suo errore di forma è abbastanza piccolo, purché si supponga di avere operato con uno strumento adeguatamente rettificato, e di avere eseguito in modo corretto tutte le operazioni di concatenamento strumentale.

Se pertanto si impone per via numerica l'orientamento assoluto al modello M_1 , servendosi anche solamente dei due P A iniziali e dei due finali, il modello si giustappone quasi perfettamente alla superficie reale del terreno. Ricavati i coefficienti delle note formule di trasformazione di coordinate strumentali in coordinate terreno, potranno essere calcolate le coordinate assolute di quanti si vogliano punti del modello; ed in particolare quelle di tutti i punti noti – siano essi intervenuti o meno nel calcolo dei coefficienti – e quelle dei punti A N B dei singoli fotogrammi. Le prime, raffrontate con le coordinate misurate sul terreno, consentiranno di valutare la bontà del concatenamento eseguito; per quanto detto, gli scarti nelle tre coordinate risulteranno generalmente di entità molto limitata, ed avranno carattere prevalentemente accidentale, derivando principalmente da errori di osservazione. Le seconde forniranno gli elementi di appoggio dei singoli modelli m_i per la successiva restituzione.

Qualora l'orientamento assoluto ed il calcolo dei coefficienti venga eseguite utilizzando tutti i punti noti di cui si dispone, la situazione assoluta del modello M_1 migliorerà ulteriormente, se pure non di molto; in tal caso la bontà del concatenamento potrà essere valutata dai residui di compensazione sui singoli punti noti, mentre tutto il resto rimane invariato.

8. Si consideri ora il modello M_2 ottenuto dai secondi n_2 fotogrammi, ed avente in comune la prima coppia con l'ultima del modello M_1 . La sua situazione assoluta iniziale dipenderà da quella di questa coppia, e sarà certamente peggiore di quella del modello M_1 ; tuttavia essa non sarà in genere eccessivamente discosta dalla realtà – in particolare l'angolo fra gli assi Z e Z' resterà abbastanza piccolo – e potrà ugualmente essere applicato il procedimento di orientamento assoluto descritto per il modello M_1 , utilizzando i punti noti compresi in M_2 (fra i quali dovranno essere immancabilmente introdotti in calcolo i punti noti finali di M_1 , al fine di garantire il collegamento fra M_1 ed M_2). La successiva trasformazione di coordinate darà risultati altrettanto buoni di quelli ottenuti per M_1 , a meno di situazioni locali derivanti da cattiva saldatura dei singoli modelli m_i .

E così via per i modelli $M_3, M_4 \dots M_f$; ci si dovrà arrestare quando la situazione assoluta iniziale del modello M_{f+1} sarà così discosta dalla realtà da invalidare le ipotesi semplificative sulle quali è basato il procedimento corrente di orientamento assoluto numerico, ed in particolare quelle che consentono la scissione del calcolo planimetrico da quello altimetrico. Si potrebbe sempre ugualmente proseguire con procedimento di approssimazioni successive, calcolando in prima approssimazione l'assetto assoluto del modello M_{f+1} con gli elementi di orientamento assoluto ricavati col calcolo per l'ultima coppia del modello M_f ; tuttavia, se l'orientamento assoluto della coppia iniziale m_1 della strisciata è stato eseguito correttamente, e gli errori sistematici e pseudo-sistematici propri del concatenamento non sono eccessivi, la necessità di impiegare questa soluzione non si presenta mai nei casi pratici.

9. La coppia finale m_{i-1} della strisciata potrebbe contenere soltanto i due P A estremi, in quanto il calcolo del modello M_f non differisce da quello dei precedenti, nè il metodo descritto impone di ricavare elementi di chiusura lineari o angolari. Si preferisce tuttavia servirla al completo con cinque P A per le seguenti ragioni:

a) poiché in genere vengono eseguiti due passaggi completi di osservazione (detti impropriamente « di andata » e « di ritorno »), conviene iniziarne uno dal modello m_1 , l'altro dal modello m_{i-1} , al fine di renderli per quanto possibile indipendenti;

b) se la lunghezza della strisciata è notevole, può convenire spezzarla in due tronchi anche in sede di osservazione; e concatenarli separatamente partendo dal modello m_1 e dal modello m_{i-1} in entrambi i passaggi.

II. MODALITÀ ESECUTIVE

Operazioni preliminari.

10. Prima di iniziare il concatenamento i diapositivi della strisciata sono stati preparati con la tecnica della *crocettatura*.

Questa è analoga a quella della puntinatura adottata a Delft (consistente nel forare con un sottile ago o punzone la pellicola in corrispondenza dei punti $A N B$ di ciascun fotogramma); soltanto in luogo dei fori sulla pellicola, vengono graffite direttamente sul diapositivo delle fini crocette. Mediante queste è possibile ottenere un riferimento planimetrico altrettanto preciso, ma un riferimento altimetrico assai migliore di quello fornito dai fori, collimando in quota immediatamente a lato della crocetta in un quadrante prefissato di questa. Basterà che ogni crocetta venga fatta cadere in zona per quanto possibile pianeggiante, sempre nell'intorno dei punti $A N B$; per tale ragione la scelta della zona e l'incisione delle crocette va eseguita allo stereoscopio. Comunque, all'atto del concatenamento sarà opportuno osservare almeno un secondo punto fotografico in vicinanza della crocetta; la sua descrizione in morfografia e la sua identificazione risultano molto facilitate da questa.

Se la strisciata è destinata ad essere inserita in un blocco, oppure deve fornire punti d'appoggio a strisciate adiacenti secondarie, conviene scegliere e contrassegnare sulle copie su carta dei suoi fotogrammi i punti A e B delle strisciate adiacenti, ed eventuali altri punti di saldatura trasversale.

Esecuzione delle osservazioni.

11. Si è adottata la tecnica del concatenamento libero – indubbiamente la più semplice – ritenendo che eventuali variazioni b_y e b_z imposte alla camera fissa nel corso del concatenamento abbiano sulla precisione un'influenza molto limitata, e comunque circoscritta al solo modello M in cui compaiono.

Per gli orientamenti relativi si è impiegato il procedimento numerico di Hallert per terreno piano, eseguendo una sola rapida misura delle parallassi nei sei punti classici. Nell'eliminazione delle parallassi si sono tollerati residui fino a 0,05 mm, né valeva la pena insistere oltre; a ciò si è giunti generalmente con una sola iterazione.

Il dimensionamento è stato ottenuto imponendo il ritorno in quota sui soli punti nadirali (crocetta e punto adiacente) a meno di pochi dm. Sui punti A e B si sono tollerate variazioni di quota di due o tre metri al più, e di segno contrario; se si eccedevano questi limiti venivano ripetute le operazioni di orientamento relativo e dimensionamento. In taluni casi si è addirittura rettificata la centratura della lastra fissa, piazzando quindi nuovamente il modello precedente a mezzo dei parametri d'orientamento registrati, e ripetendo le misure.

12. Le osservazioni sono state eseguite, nell'ordine: 1) ai punti $A N B$ della lastra fissa; 2) agli eventuali punti A e B delle strisciate adiacenti; 3) agli eventuali punti noti compresi nella coppia, e che dovevano essere utilizzati per il calcolo o il controllo. Questi erano generalmente punti multipli, essendo stati per ciascuno appositamente determinati sul terreno due o tre riferimenti fotografici; 4) ai punti $A N B$ della lastra mobile.

La tecnica delle osservazioni è stata tenuta per quanto possibile uniforme e sempre la stessa nel corso di tutta la strisciata. Per il puntamento alle crocette si è ritenuto conveniente procedere come segue: 1) puntare in quota, con entrambi gli occhi, nella immediata prossimità della crocetta, nel quadrante prefissato o indicato in monografia; 2) puntare in planimetria al centro della crocetta servendosi di un solo occhio; 3) leggere o registrare le tre coordinate. Per il puntamento altimetrico sono state sempre eseguite due o tre collimazioni indipendenti per ogni punto, registrandone il valore medio.

Data la molteplicità dei suddetti riferimenti, ci si è limitati ad eseguire un solo giro di osservazioni sui singoli punti della coppia; il guadagno di precisione ottenuto con un secondo giro sarebbe stato limitato, e non commisurato alla perdita di tempo.

13. Particolare attenzione è stata posta nella ripresa delle operazioni dopo una interruzione dovuta al riposo notturno o al cambio dell'operatore. L'interruzione ha avuto luogo solo dopo che erano state eseguite al completo le osservazioni relative ad una coppia, e registrati i parametri d'orientamento delle camere. Alla ripresa, si è controllato in primo luogo che i parametri di orientamento fossero rimasti immutati; indi si sono ripetute le operazioni di misura e registrazione per i soli punti $A N B$ della lastra mobile, e sui nuovi valori di quota per questi ottenuti si è eseguito il dimensionamento del nuovo modello e il controllo della saldatura. Ciò al fine di evitare nella saldatura la dannosa influenza delle mutate condizioni ambientali, e dell'equazione personale dell'operatore.

14. Per ogni strisciata sono stati eseguiti due passaggi di osservazione, per quanto possibile indipendenti, uno alla Stereocartografo Santoni IV, l'altro al Fotostereografo Nistri Beta; al primo strumento ha lavorato una coppia di operatori, al secondo un'altra, e pertanto i due passaggi non sono mai stati eseguiti dalla stessa persona.

L'impiego di strumenti sostanzialmente diversi, quali i due citati, è stato attuato di proposito, allo scopo di ottenere nell'esecuzione dei due passaggi errori strumentali di caratteristiche diverse e per quanto possibile indipendenti. Come risulta dalla parte III, i risultati ottenuti hanno giustificato questo modo di agire: il valore medio di misure talvolta discordanti è risultato quasi sempre assai vicino al valore del terreno.

Stante la diversità degli strumenti impiegati, non ci si è curati di partire in un passaggio con base in dentro, nell'altro con base in fuori. Di più, essendo le strisciate concatenate relativamente corte (una ventina di coppie al più), in ciascuno dei due passaggi si è sempre partiti dalla stessa coppia iniziale.

Entrambi gli strumenti impiegati erano muniti di registratore, e le osservazioni sono state pertanto sempre registrate. Ciò ha consentito di impiegare a turno un solo operatore per ciascun strumento.

La scala di restituzione impiegata è stata $1 : 15.000$. All'inizio del lavoro entrambi gli strumenti sono stati accuratamente rettificati, verificando con proiezione di reticoli le condizioni di esattezza.

Impostazione dei calcoli.

15. La prima operazione da compiere è il riporto delle coordinate strumentali misurate nei vari modelli ad una origine comune. Si è preferito assumere questa nell'origine strumentale del modello *centrale* della strisciata, anziché in quella del primo modello; ciò al fine di ridurre l'accumulo degli errori inevitabilmente conseguenti al riporto delle coordinate da modello a modello. Con questo accorgimento infatti si viene praticamente a dimezzare il numero dei riporti fra l'origine e gli estremi, e si consegue pertanto un lieve guadagno di celerità.

Il riporto ad una origine comune è stato eseguito per tutte e tre le coordinate $X' Y' Z'$, utilizzando per ciascuna sei punti comuni (due alti, due centrali, due bassi) ai due modelli successivi; come costante di riporto si è assunta per ciascuna coordinata la media aritmetica delle sei differenze dopo aver controllato l'andamento regolare di ciascuna di queste. Particolare attenzione si è posta nel controllo delle differenze in quota, al fine di accertare che la torsione o l'imbarcamento del modello non fossero eccessivi; quando si sono verificate saldature decisamente anomali – il che è accaduto rare volte – si è spezzata col calcolo la strisciata in corrispondenza di esse a costo di appoggiare i tronchi in modo meno completo del consueto.

Anche per il passaggio eseguito con lo strumento Beta, per il quale già in sede di registrazione veniva eseguito il riporto al primo modello, si è ritenuto opportuno eseguire nel calcolo un secondo riporto al modello centrale, soprattutto a fini di controllo.

16. Successivamente si è portata alla coordinata Z' misurata la correzione c_s per la sfericità terrestre. Questa è stata applicata con continuità per tutti i punti della strisciata in funzione della X' misurata, applicando la formula:

$$(1) \quad Z'_s = Z' + 6,7 \cdot 10^{-8} \cdot (X'_{N_1} - X')^2,$$

dove X' è l'ascissa del punto considerato, X'_{N_1} quella del punto nadirale del primo fotogramma concatenato; tutte le quantità sono espresse in metri, in scala 1 : 1.

Se le coordinate sono registrate in scala 1 : 1,5 (come avvenuto per i passaggi allo Stereo IV) la precedente diviene:

$$(2) \quad Z'_s = Z' + 10^{-7} (X'_{N_1} - X')^2.$$

A rigore la correzione c_s doveva essere portata solo sulle quote dei punti nadirali, interpolandola per i rimanenti linearmente fra questi in base alla X' . Tuttavia, stante la piccola freccia della parabola rispetto alla spezzata, l'uno o l'altro procedimento è risultato indifferente ai fini pratici.

17. Si è quindi suddivisa la strisciata in tronchi di 4 ÷ 6 modelli, facendo cadere le suddivisioni in corrispondenza delle coppie di PA già predisposti e determinati a terra. In taluni casi, conseguenti a rotture impreviste o a cattive saldature dei modelli, si è ritenuto conveniente suddividere ulteriormente i tronchi in spezzoni, curando comunque che ogni spezzone avesse almeno due punti noti (alto e basso) ad un estremo, un punto all'altro.

Ogni tronco o spezzone è stato considerato come un modello M a sé stante, rigido ed indeformato rispetto alla realtà; come tale esso è stato orientato assolutamente per via numerica, usufruendo di tutti i punti noti in esso contenuti (il che è conveniente solo se il calcolo viene eseguito per via elet-

tronica), oppure solo di una parte di essi, in genere una coppia all'inizio ed una alla fine (il che consente di eseguire con rapidità il calcolo per via ordinaria).

Ricavati i coefficienti per la trasformazione planimetrica ed altimetrica, le coordinate strumentali $X' Y' Z'_s$ dei punti impiegati per il calcolo dell'orientamento vengono subito trasformate in coordinate assolute $X_c Y_c Z_c$, e raffrontate con le corrispondenti coordinate terreno $X_t Y_t Z_t$. L'entità dei residui di compensazione consente di valutare la bontà della triangolazione eseguita, e di individuare eventuali punti per i quali si sia incorso in errori grossolani di individuazione o di calcolo; naturalmente in questo caso il calcolo dell'orientamento assoluto deve essere ripetuto escludendoli. Successivamente la stessa trasformazione di coordinate viene eseguita per i restanti punti noti, e per tutti i punti da determinare.

18. I calcoli di cui sopra vanno eseguiti separatamente per il passaggio di andata e per quello di ritorno; le coordinate calcolate, ottenute nei due passaggi, vengono quindi raffrontate fra di loro – onde accertare che gli scarti siano contenuti in limiti tollerabili, e che non si sia incorso in errori grossolani nella determinazione dei punti incogniti – e mediate. Le coordinate medie $X_m Y_m Z_m$ così ottenute per tutti i punti noti della strisciata vengono quindi raffrontate con le coordinate terreno $X_t Y_t Z_t$; i valori q. m. degli scarti ΔX , ΔY e ΔZ (considerati come accidentali) possono venire assunti a caratterizzare, sia pure in via approssimata, la precisione planimetrica ed altimetrica del concatenamento eseguito. Le coordinate medie $X_m Y_m Z_m$ ottenute per i punti incogniti sono trascritte negli appositi elenchi per la successiva utilizzazione da parte dei restitutisti.

A questo punto l'oratore accenna alla esecuzione dei calcoli per via ordinaria, e presenta una tabella con un esempio di calcolo di orientamento assoluto per un tronco, eseguito su un tracciato appositamente studiato. Il magg. Birardi mette in luce i controlli di calcolo inseriti via via nell'esecuzione dei calcoli stessi e la possibilità di applicare pesi alle equazioni di osservazione nel caso di impiego di punti multipli.

Successivamente riporta un esempio pratico di trasformazione di coordinate ed uno di accoppiamento di due passaggi.

20. I calcoli di cui sopra – pur essendo ridotti al minimo essenziale, e di gran lunga più semplici di quelli necessari con qualsiasi forma di compensazione – rappresentano sempre un onere ingente nell'economia generale del procedimento; si pensi che per il calcolo completo di un tronco di 5 modelli occorrono da 3 a 4 giornate di un buon calcolatore (da 18 a 24 ore).

Per questa ragione si è ricorso al calcolo elettronico, studiando ed attuando la programmazione dell'intero procedimento – escluso il riporto delle coordinate ad una origine comune – secondo il sistema interpretativo Bell per la

calcolatrice 650 I.B.M. Vengono così ad essere effettuate in modo completamente automatico le seguenti operazioni:

- a) correzione della Z' per la sfericità terrestre;
- b) calcolo dell'orientamento assoluto, introducendo fino a 30 punti noti;
- c) calcolo ed analisi dei singoli residui di compensazione; esclusione delle equazioni corrispondenti a residui che superino tolleranze prefissate in planimetria e quota;
- d) iterazione delle operazioni b) e c) finché tutti i residui siano in tolleranza;
- e) calcolo dei coefficienti per la trasformazione;
- f) trasformazione di tutte le coordinate strumentali in coordinate assolute;
- g) raffronto di queste ultime con le coordinate terreno, ove esistenti;
- h) trascrizione delle coordinate assolute, e dei rispettivi scarti rispetto alle coordinate terreno.

Indi, accoppiati i blocchi di schede contenenti i risultati h) relativi a due passaggi (andata e ritorno), un programma supplementare esegue le seguenti operazioni:

- i) accoppiamento automatico delle schede relative a punti di stesso nome nei due passaggi, e trascrizione delle rispettive coordinate;
- l) confronto di tali coordinate, e trascrizione degli scarti interni;
- m) calcolo e trascrizione delle coordinate medie;
- n) confronto delle coordinate medie con le coordinate terreno, ove esistenti; trascrizione degli scarti delle coordinate medie rispetto alle coordinate terreno;
- o) calcolo e trascrizione dei v.q.m. di tali scarti.

21. In tal modo, l'unica operazione da eseguire manualmente è il riporto delle coordinate dei singoli modelli ad una origine comune (par. 15); anche questa avrebbe potuto essere affidata al calcolo elettronico, ma – data l'opportunità di eseguire su ciascuna saldatura una accurata analisi critica – si è ritenuto più opportuno procedere col calcolo ordinario.

Per l'esecuzione di questa operazione, e la trascrizione dei risultati su appositi modelli per la successiva perforazione, occorrono in media 3 ore per un tronco di 5 modelli (2 passaggi).

Per il calcolo elettronico completo dello stesso tronco – operazioni da a) a o) par. 20 – occorrono da 20' a 30' di macchina.

Il vantaggio offerto dal calcolo elettronico – sia quanto a rapidità che a precisione di risultati – è talmente evidente che non vale la pena sottolinearlo.

La programmazione per il calcolo elettronico di cui al par. 20 è stata studiata ed attuata dall'Ing. geogr. Piero Bencini dello I.G.M.; ad esso l'oratore esprime il più vivo ringraziamento per la preziosa collaborazione ricevuta.