

SGUARDO ALLO STATO ATTUALE DEGLI STUDI TEORICO-SPERIMENTALI DI RADARGEODESIA E DI RADARAEROFOTOGRAMMETRIA

PROF. ING. BARTOLOMEO BONIFACINO

SOMMARIO: Si dà uno sguardo panoramico agli indirizzi odierni della geodesia e della fotogrammetria aerea in relazione agli sviluppi della tecnica elettronica.

§ I. — Tra i problemi che sono oggi allo studio — ricerche sulla forma del geoide poggiate su lunghi itinerari di livellazione geometrica di precisione con numerose determinazioni gravimetriche, ricerche nel campo gravimetrico per lo studio delle superfici equipotenziali, nuovi studi per la riduzione isostatica, compensazioni d'insieme delle reti trigonometriche di regioni estendentisi su vari Paesi, ecc. — assumono un ruolo importante quelli che si riferiscono alla utilizzazione dei mezzi radioelettrici nelle applicazioni della Geodesia e della Fotogrammetria.

Le aumentate esigenze cartografiche in relazione ai progressi attuati nelle vie di comunicazione e in vari campi dell'attività umana, nonché l'interesse per vaste estensioni di terreno inesplorate o poco note — comprendenti una notevole percentuale della superficie terrestre — richiedono oggi nuove prestazioni ed in parallelo a tali esigenze è venuta gradualmente affermandosi, in questi ultimi anni, una nuova tecnica per la misura delle distanze le cui possibilità operative semplificano notevolmente le laboriose e costose operazioni sin qui seguite.

Il primo stimolo in questo senso è stato dato, com'è noto, dall'ultima guerra, in relazione alla necessità di individuare aerei nella nebbia o di notte, o per la navigazione cieca di navi ed aeroplani, e con i nuovi mezzi è stato possibile localizzare gli obbiettivi anzidetti mediante il loro riferimento a punti a terra sui quali venivano collocate delle stazioni emittenti radiazioni elettromagnetiche.

Questa nuova tecnica ha due importanti riflessi, e cioè in geodesia per quanto riguarda la misura di lunghi allineamenti, e in fotogrammetria per la determinazione della posizione spaziale dei fotogrammi nell'istante della presa, eliminando così l'onere dei punti di appoggio a terra.

È da notare che i nuovi mezzi sono particolarmente appropriati per regioni ancora prive di una cartografia dettagliata per cui ci si viene a trovare di fronte ad un bivio e su di una strada continueranno a procedere, se-

condo l'indirizzo classico, i Paesi di piena civiltà, a sfruttamento intensivo; l'altra, invece, è aperta a quei Paesi sprovvisti di rappresentazione cartografica dettagliata, nei quali la colonizzazione e civilizzazione richiedono in breve tempo elaborati cartografici da servire di base per la progettazione di strade, ferrovie, regolazioni fluviali, ecc. In questi casi, infatti, i fattori tempo ed economia hanno un'incidenza preminente, sì da consigliare più che la precisione dei dettagli, rilevamenti di minor costo ed in tempo minore.

I nuovi mezzi di misura hanno dato luogo ad una vasta fioritura di lavori teorici e di ricerche sperimentali in tutti i Paesi e pur non essendosi raggiunto un grado di perfezionamento del tutto soddisfacente, appaiono già come una conquista di alto livello.

Cercheremo di occuparci brevemente di tali questioni che hanno aperto nuove vie di studi e di ricerche, ritenendo non privo d'interesse uno sguardo a questo campo che si presenta così promettente e da cui possono scaturire innovazioni sostanziali nella prassi dei metodi impiegati finora.

§ 2. — Ci sia consentito premettere alcuni cenni introduttivi. È ben noto che i moderni metodi per la misura diretta delle distanze si possono distinguere a seconda della portata: nel campo ottico si prestano bene il metodo basato sull'emissione di segnali luminosi modulati ad alta frequenza (*Bergstrand*) ed il metodo interferometrico del Väisälä, mentre nel campo supertotico sono idonei i procedimenti radar e derivati. Ricordiamo che questi ultimi sono fondati sul principio dell'eco, e con essi la misura di una distanza si riduce a quella della durata di un intervallo di tempo, potendosi considerare nota la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche, che si muovono all'incirca con la velocità della luce, e perciò il tempo tra le emissioni di un segnale e la ricezione dell'eco è una piccola frazione di secondo. Per misurare questi tempuscoli si adopera l'oscillografo catodico, che misura anche frazioni del microsecondo.

Gli anzidetti procedimenti si distinguono anche in base alla gamma d'onda, differiscono ancora per il tipo di segnale, per il tipo di determinazione, che può essere diretta oppure ad intersezione, ecc.

Le apparecchiature che più si prestano per misure aventi interesse geodetico sono quelle che impiegano onde corte o cortissime. Conviene notare che queste non seguono la curvatura terrestre, ma si propagano in linea retta, onde si rende necessaria la visibilità reciproca delle stazioni di riflessione e di ricezione. Tale condizione impone, nella maggioranza dei casi, che l'una delle due stazioni sia collocata a bordo di un aeroplano, a conveniente altezza ed a metà distanza tra gli estremi della lunghezza da misurare, con rotta all'incirca normale alla distanza da misurare: la somma minima delle distanze parziali, apportandovi le correzioni per la quota di volo e per le quote delle due stazioni, fornisce la lunghezza della geodetica tra i due punti.

L'intervallo di tempo misurato sull'oscillografo catodico va poi corretto

dei ritardi all'emissione e alla ricezione tanto alla stazione emittente che a quella riflettente. L'altra quantità che interviene nel calcolo della distanza è la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche, che dipende dalla velocità di propagazione nel vuoto – che allo stato attuale degli studi si può ritenere una costante – e dall'indice di rifrazione dell'atmosfera, che è invece variabile con le caratteristiche fisiche di essa.

La prima è stata oggetto di numerose misurazioni: il suo valore più probabile ($299\,791,7 \pm 2,3$ Km/sec) risultante dalla media dei valori ottenuti da vari sperimentatori – Jones e Conford, Essen, Bohls, Aslakson, ecc. – ha ricevuto conferma nel 1956 dal fisico russo K. S. Vufson con un nuovo metodo fondato sul computo delle eccitazioni in un secondo di una cellula fotoelettrica investita da un lampo luminoso emesso da una lampada.

L'indice di rifrazione è funzione, invece, dello stato atmosferico, dell'altitudine e della diffrazione. Sino al 1951 ha avuto larga applicazione, per tale indice, la formula di Englund-Crawford-Munford, basata sulle ricerche teorico-sperimentali di Appleton; hanno fatto seguito numerose determinazioni sperimentali e sono stati proposti vari tipi di formule, opportunamente tabellate; la più recente è quella di Smith-Weintraub, che sembra la più attendibile.

L'indice in parola presenta anche una variazione con la quota, grosso modo lineare; di essa viene tenuto conto mediante formule ricavate dall'esperienza, come per esempio quella della *Air Warfare Analysis Section*, largamente impiegata dagli inglesi.

La traiettoria a rigore non è rettilinea, ma curvata in modo da percorrere gli strati che permettono all'onda la velocità maggiore. La sua configurazione è stata oggetto di studi da parte di K. Kroll: con riguardo alla terra supposta sferica ed a sfere ad essa concentriche, assumendo per ciascuna di esse una dielettrica costante, essa risulta convessa, con curvatura inferiore a quella terrestre, e s'identifica prossimamente con un arco policentrico multiplo. Dalla lunghezza della traiettoria, che si determina a mezzo di integrazione della velocità di propagazione in funzione del tempo, si ricava, note le quote degli estremi della distanza, la lunghezza della corda.

Non staremo qui ad entrare in dettagli relativi ai vari tipi di apparecchiature ed ai problemi di elettronica che si sono dovuti gradualmente affrontare onde apportare agli apparati perfezionamenti intesi ad attenuare gli errori insiti in essi: molteplici sono i fattori influenti sul risultato, in parte propri delle apparecchiature, in parte connessi con l'ambiente.

È preponderante su tutti gli altri l'errore nell'apprezzamento dell'intervallo di tempo fra punti corrispondenti delle marche luminose, che dà luogo ad un errore indipendente dal valore della distanza – onde l'errore relativo corrispondente è tanto minore quanto maggiore è la distanza da misurare – e che definisce a priori il limite di applicabilità del metodo. Influiscono pure errori sistematici dipendenti da cause varie, come per esempio la propaga-

zione delle onde, che è influenzata dall'indice di rifrazione locale, ritardi nei circuiti che sono la causa di una maggiorazione dell'intervallo teorico, ecc.

È da tener presente, al riguardo, una proposta dell'ing. Alessandrini che si basa sulla ripetizione multipla d'impulsi che si traduce in un'amplificazione fittizia della distanza da misurare, consentendo così una maggiore precisione al metodo radartelemetrico.

Sono tuttora allo studio i perfezionamenti necessari per ridurre gli accennati errori a limiti accettabili, in modo da realizzare il raggiungimento delle precisioni richieste: notevoli sono le ricerche effettuate in questo campo nei vari Paesi e gli errori delle misure vanno ormai riducendosi ad un ordine di grandezza non superiore al metro. In particolare, secondo gli esperimenti più recenti effettuati dal nostro Istituto Geografico Militare per distanze fino ad un centinaio di chilometri le discordanze tra i valori geodetici e le singole misure radar non eccedono i 70 cm. in valore assoluto.

Su distanze maggiori, invece, le ricerche hanno messo in luce discordanze di entità piuttosto rilevante, da attribuire probabilmente alla maggiore influenza delle perturbazioni nella propagazione delle onde elettromagnetiche, per cui sono state programmate ulteriori esperienze con apparecchiature radar più idonee.

§ 3. – I primi studi teorici per la compensazione di figure trilaterate, con lati brevi, risalgono a Kruger (1934) e Boaga (1935). Il Warchalowski nel 1948 riprese tali studi ed elaborò procedimenti di compensazione per figure tipiche più complesse, sia sul piano conforme, la cui utilizzazione per la risoluzione dei problemi geodetici è ormai di uso universale, che direttamente sull'ellissoide.

Numerosi sono ancora gli studiosi – Boaga, Aslakson, Kroll, Dupuy, Baeschlin, Inghilleri, Dragonetti, ecc. – che si sono occupati della questione, con riguardo alle prestazioni di cui è suscettibile il radar, e quindi per geodetiche di lunghezza notevole. Il Baeschlin, in particolare, ha proposto un procedimento idoneo per trilaterazioni con lati di parecchie centinaia di chilometri, facendo ricorso alla rappresentazione gaussiana dell'ellissoide sulla sfera.

Il problema in parola, per vaste reti di trilaterazioni radar, si può trasferire direttamente sul piano gaussiano anche mediante le formule di trasformazione per fusi di notevole ampiezza (Ballarin, Bonifacino).

Come ha mostrato l'Inghilleri, alle correzioni delle lunghezze sul piano occorre dare pesi uguali ai reciproci dei quadrati dei rapporti di deformazione lineare delle corrispondenti lunghezze. Operando, invece, la compensazione direttamente sull'ellissoide si può procedere con il metodo delle osservazioni indirette od anche con quello delle osservazioni condizionate. Il primo consente di portare in calcolo le misure esuberanti senza complicare il sistema normale e conduce direttamente alla variazione delle coordinate: le equazioni

generatrici saranno in numero pari a quello dei lati radar-misurati ed ogni singola equazione mette in relazione le variazioni degli estremi di un lato per una variazione della lunghezza misurata. I coefficienti di esse sono di forma alquanto complessa (Helmert), ma si possono ridurre ad espressioni più convenienti (Marussi, Krassowski). Per tale procedimento occorre partire da valori provvisori delle coordinate dei punti della rete, che potranno facilmente aversi in funzione della distanza radar-misurata (ridotta alla geodetica) e dell'azimut corrispondente: all'uopo, bastano valori soltanto approssimati, le formule classiche di questo fondamentale problema sono sufficienti.

Con il secondo metodo, invece, dovremo imporre dei vincoli ed è da notare che nelle relazioni angolari cui si possono assoggettare figure trilaterate occorrerà esplicitare i lati, ed incognite del problema saranno le correzioni da applicare ad essi affinché la configurazione della rete radar venga resa geometrica. Le dette relazioni potranno essere espresse in funzione dei lati mediante il teorema di Carnot, non essendo conveniente dedurre gli angoli dai lati mediante le formule di Briggs.

Le equazioni di condizione oltre che angolari possono essere laterali, che si hanno quando in una catena trilaterata un lato colleghi due punti non contigui, e poligonali quando la catena si chiude su se stessa: gli ultimi due tipi di equazioni sono stati studiati rispettivamente da Baeschlin e da Warchalowski.

Per il controllo astronomico dell'orientamento della rete basterà considerare l'equazione di Laplace; infine è da considerare l'eventuale equazione alle basi quando la rete si svolga tra basi note.

Con questo metodo il calcolo delle coordinate geografiche e dell'azimut non può essere che rigoroso e le formule classiche per archi non eccedenti i limiti del campo di Weingarten non sono più sufficienti considerate le lunghezze in gioco: dovrà quindi farsi ricorso a formule di ampia portata (Bonifacino).

Dette formule sono altresì necessarie per il controllo astronomico angolare per il quale si richiede il trasporto, con rigore assoluto, delle coordinate geografiche e dell'azimut dalla stazione astronomica fondamentale su ogni punto di Laplace compreso nella rete.

§ 4. — Il radar potrà anche condurre ad una migliore conoscenza del globo terrestre, con riguardo alla sua configurazione esterna, potendo essere utilizzato per la misura di lunghi archi di meridiano (Bonifacino) e quindi il vecchio metodo degli archi per la determinazione dei parametri dell'ellissoide terrestre potrà attirare di nuovo l'attenzione dei geodeti.

Recentemente è stata effettuata negli Stati Uniti una determinazione del raggio equatoriale terrestre mediante due lunghi archi di meridiano radar-misurati, uno dall'Alaska al Cile e l'altro dalla Finlandia al Sud-Africa. I risultati dei calcoli portano ad attribuire al raggio equatoriale un valore di 6.378.260 m cioè inferiore di 128 m di quello di Hayford.

Le misure di distanze mediante radar potranno essere eventualmente utilizzate per determinare a posteriori l'errore medio relativo da cui è affetta la posizione dei vertici di grandi reti trigonometriche secondo un metodo proposto da Paroli. Con tale procedimento vengono considerate le terne di punti che siano tra loro sufficientemente allineati e determinate mediante il radar le distanze fra coppie di vertici contigui, nonché la distanza fra il primo e il terzo vertice di ogni terna, si perviene speditamente all'errore medio e alla posizione del complesso dei vertici.

§ 5. – Conviene anche accennare brevemente al metodo svedese Bergstrand fondato sull'emissione di segnali luminosi modulati ad alta frequenza e che sfrutta il principio applicato da Fizeau per la misura della velocità della luce. Nelle sue linee schematiche consta di una sorgente luminosa situata nel fuoco di uno specchio parabolico che concentra la luce verso un altro specchio collocato all'altro estremo della distanza da misurare; la luce riflessa viene raccolta da un altro specchio parabolico collocato presso il primo e convogliata su di una cellula fotoelettrica. La sorgente luminosa è controllata da un oscillatore a quarzo della frequenza di alcune migliaia di chilocicli al secondo, che a sua volta controlla la tensione di alimentazione della fotocellula. L'apparecchio è in grado di determinare la distanza da misurare – che non deve superare una trentina di chilometri – a meno di un numero intero di lunghezze d'onda: occorre pertanto conoscere la lunghezza da determinare con la precisione di una decina di metri.

Sono in corso esperienze per accertare le prestazioni di tale strumento, che sembrerebbe offrire una precisione superiore a quella dei lati geodetici di una triangolazione fondamentale.

Nell'ambito delle applicazioni dei mezzi elettronici rientra anche un distanziometro elettronico – tellurometro – costruito dal « Research Laboratory of South African Council for Scientific and Industrial Research » che secondo i primi risultati sperimentali fa intravedere un suo impiego particolarmente efficace ad un'ampia gamma di lavori geodetico-topografici, anche in condizioni di lavoro non facili.

Esso utilizza onde di 10 cm e permette di valutare con la precisione di un millimicrosecondo il tempo impiegato dalle onde elettromagnetiche per percorrere la distanza da misurare, anche attraverso nebbia, caligine, ostacoli non compatti. La condizione più conveniente si realizza intorno ai trenta chilometri; per distanze superiori diventa essenziale la reciproca visibilità insieme a condizioni meteorologiche favorevoli. Lo strumento è attualmente in corso di studio per vagliare le sue possibilità di impiego. Anche presso il nostro Istituto Geografico Militare esso è oggetto di sperimentazioni onde accertarne il campo di conveniente applicabilità nelle più disparate condizioni di lavoro e di terreno; è anche prevista la misura con i fili invar di un'altra base geo-

detica nella zona di Piombino, della lunghezza di circa 12 chilometri, da servire come base di taratura per gli apparati che utilizzano per la misura delle distanze mezzi elettronici oppure onde luminose.

§ 6. — Il radar ha fatto la sua comparsa anche nel campo della fotogrammetria in relazione ad alcuni aspetti del metodo aerofotogrammetrico per rilievi coloniali, a differenza del rilievo aerofotogrammetrico a grande e a media scala la cui metodologia può ritenersi ormai assestata.

Diamo brevemente uno sguardo a tale settore tuttora aperto alle ricerche.

Con l'industrializzazione della fotogrammetria si è manifestata la tendenza a sganciarsi dai punti di riferimento a terra per evitare il dispendioso infittimento della rete fondamentale nei Paesi evoluti, o l'esecuzione di una rete trigonometrica nelle regioni di recente colonizzazione; qui, infatti, le carte richieste sono a piccola scala e ragioni di economia e di tempo, nonché difficoltà di accesso e condizioni di vita dell'ambiente, renderebbero gravose le normali operazioni di rilievo. Tale esigenza si presentò, come è noto, nell'impostazione del progetto per il rilievo dell'Etiopia (1936), avvertendosi la necessità di procedere al rilievo di alcune zone prima ancora dell'esecuzione su di esse di una triangolazione geodetica, appoggiando il rilevamento ad una triangolazione aerea.

Teoricamente il problema è risolvibile senza dati complementari, poiché i fotogrammi di una catena aerea hanno in sé gli elementi geometrici necessari; in pratica, però, giova disporre di ulteriori elementi noti a priori, che hanno il fine di sottrarre all'orientamento esterno dei fotogrammi alcuni gradi di libertà. Per la risoluzione di tale problema vengono utilizzati i giroscopi, che possono fungere da stabilizzatori della camera di presa oppure da indicatori di pendenza (Dubuisson, Nistri, ecc.).

Per esempio il dispositivo realizzato recentemente dal nostro Nistri utilizza due giroscopi con gli assi primari ad angolo retto e di ognuno di essi si utilizza la sola oscillazione dell'asse primario, lasciando libero il secondario, in guisa da ottenere nel fotogramma le due componenti della distanza nadirale.

Vi sono anche metodi informati a criteri diversi tra cui quello del Nennen, che ricava i valori dell'inclinazione longitudinale e trasversale della camera fotografando l'orizzonte in due direzioni tra loro perpendicolari, e quello del nostro Santoni che utilizza il sole, punto di cui è nota la posizione altazimutale in ogni istante.

Il concetto di tale metodo consiste nell'introdurre nel restitutore, per ogni singolo concatenamento, due elementi indipendenti da esso e cioè due angoli (inclinazione longitudinale e trasversale) che definiscono la direzione istantanea dell'asse della camera, dedotta dal periscopio solare con il quale si fotografa,

al momento della presa, il disco solare ed il quadrante di un cronometro: ne consegue che la camera di restituzione non potrà che avere una sola rotazione incognita, quella intorno al raggio solare locale, riducendosi così ad uno i tre gradi di libertà.

Anche in questo campo è di utile applicazione il radar e sono in fase sperimentale procedimenti destinati alla localizzazione del velivolo mediante la registrazione automatica, sincronizzata con la camera di presa, dei dati radar necessari al calcolo della posizione dell'aereo per ogni singolo fotogramma, nonché delle indicazioni di altri dispositivi per il calcolo delle variazioni di quota e delle inclinazioni. Gli esperimenti attuali hanno il duplice intento di perfezionare la condotta del volo mediante il radar, in modo da assicurare alle strisciate l'esclusione di vuoti o di eccessi di sovrapposizione, nonché di giungere alla determinazione della posizione assoluta dei punti di presa senza la preventiva determinazione dei punti di appoggio a terra. La bontà di tali procedimenti è tuttora in discussione, almeno per il raggiungimento delle precisioni richieste, però essi sono sempre di grande utilità se non altro per la guida dei voli in regioni ancora inesplorate. Senza entrare nei dettagli operativi, cercheremo di dare un rapido sguardo ai sistemi sperimentati.

Particolarmente idoneo per le applicazioni aerofotogrammetriche è il sistema impulsivo Shoran, a geometria circolare, che utilizza impulsi di onde intorno al metro ed è costituito di un radar interrogatore, collocato a bordo dell'aereo di cui si deve determinare la posizione istantanea, e di due radar risponditori posti su punti noti di riferimento.

L'impulso emesso dall'interrogatore e le risposte in arrivo vengono registrati sullo schermo del tubo a raggi catodici su cui compaiono due assi dei tempi, uno per risponditore.

La riduzione all'orizzonte delle due distanze può essere speditamente ottenuta per via grafica mediante rappresentazioni cartografiche doppiamente equidistanti. La restituzione viene generalmente effettuata mediante apparati multipli: il piazzamento planimetrico delle camere si esegue suddividendo la strisciata longitudinale in blocchi di sei proiettori ciascuno ed aggiustando questi in modo da ripartire equamente gli errori. Eseguendo delle strisciate trasversali di collegamento si può effettuare una compensazione degli errori.

Anche del tipo impulsivo, ma a geometria iperbolica, è il sistema Loran, basato sulle misure delle differenze di tempo tra due o più segnali in arrivo, lanciati in sincronismo da radiostazioni su punti noti. Nella sua più semplice accezione il complesso consta di quattro stazioni terrestri trasmettenti e di un apparecchio ricevitore-indicatore installato sull'aeroplano. Occorre disporre di almeno tre punti di appoggio: in uno di essi si pongono due stazioni emittenti e su ciascuno degli altri due si pone una stazione ausiliaria. Un impulso emesso dalla stazione principale viene captato dalla stazione ausiliaria e questa dopo un prefissato intervallo di tempo, emette a sua volta un impulso con la

medesima cadenza. Gli impulsi emessi dalla stazione ausiliaria presentano un ritardo pari alla somma del tempo occorso per percorrere la distanza fino alla stazione ausiliaria e del ritardo con cui quest'ultima ritrasmette l'impulso all'aeroplano. L'apparato ricevitore-indicatore installato sull'aeroplano riceverà i segnali anzidetti con un ritardo differente ed i due impulsi, registrati sullo schermo, permettono di determinare la differenza dei tempi in arrivo, con la precisione dell'ordine di un microsecondo. Da apposite carte Loran, in funzione delle differenze di tempo e delle posizioni dei punti noti, si deducono le due linee di posizione del punto richiesto. Un altimetro fornisce automaticamente la quota di volo.

Anche del tipo iperbolico, ma ad onda continua, è il sistema Decca – impiegato su larga scala in Inghilterra – che consente di seguire rotte prestabilite per cui è particolarmente utile nelle levate aerofotogrammetriche. È fondato sulla misura della differenza di fase fra radio onde – con lunghezza d'onda di alcune migliaia di metri – lanciate da stazioni su punti noti e che seguono la curvatura terrestre.

Schematicamente è costituito da tre stazioni che emettono un segnale continuo costituito da un'onda sinusoidale pura ed i luoghi dei punti in cui si ha concordanza rappresentano due famiglie di iperboli che originano la parametratura alla quale vengono riferite le posizioni planimetriche dei punti da localizzare.

Per ridurre gli errori sistematici, dipendenti dalle anomalie della propagazione delle onde elettromagnetiche e dalle inerzie strumentali, è conveniente adoperare il sistema in parola come metodo d'interpolazione, assumendo un adeguato numero di punti di posizione nota: il confronto fra le posizioni note e quelle Decca originerà delle linee isocorretive.

Circa la determinazione della posizione altimetrica dei punti di presa non conviene seguire la via barometrica poiché le perturbazioni atmosferiche, nonché le anomalie di pressione entro la cabina per i vortici d'aria originati dall'aeroplano, non consentono di ottenere una precisione soddisfacente. Conviene, invece, ricorrere all'altimetro elettronico con il quale vengono lanciate dall'aereo verso il terreno onde elettromagnetiche a fascio di apertura di circa un grado: dalla registrazione dell'onda riflessa si ottiene la quota relativa dell'aereo rispetto al terreno.

Da qualche anno, infine, sta facendosi strada l'indirizzo per una cartografia elettronica, introducendo nel campo topografico procedimenti simili alla televisione.

È naturale che l'adozione delle nuove tecniche, cui abbiamo brevemente accennato, è legata ai progressi ed agli sviluppi delle ricerche in questo campo così attraente; ed in tal senso la vasta sperimentazione effettuata è molto proficua, consentendo di perfezionare via via le apparecchiature.

Il campo è ancora aperto per la sicura definizione delle possibilità effet-

tive di questi nuovi metodi ed è in corso il coordinamento in sede internazionale – da parte dell'O.E.E.P.E. – dei procedimenti escogitati e dei risultati conseguiti nei vari Paesi onde dare una soluzione definitiva alle questioni tuttora allo studio.

BIBLIOGRAFIA

Dei numerosi lavori sull'argomento ricordiamo i seguenti che possono fornire ulteriori notizie sugli aspetti di alcuni punti che sono stati soltanto accennati.

- C. A. HART, *Surveying from air photographs fixed by remote radar control*. Empire Survey Review, 1947.
- P. DORE, *Triangolazione aerofotogrammetrica*. « Bollettino Geodetico », n. 4, 1948.
- G. BOAGA, *Le applicazioni geodetiche del radar*. « Annali di Geofisica », n. 2, 1949.
- E. BERGSTRAND, *Measurement of distances by high frequency light signalling*. « Bulletin géodésique », nn. 11, 14, 1949.
- R. A. HIRVONEN, *Measurement of long distances by means of white light interference*. « Bulletin Géodésique », n. 13, 1949.
- G. POIVILLIERS, *Les progrès récents en Photogrammétrie en liaison avec les problèmes généraux de la Géodésie*. « Bulletin Géodésique », n. 22, 1951, Paris.
- T. E. ROSS, *Shoran Triangulation in Canada*. « Bulletin de l'Association Internationale de Géodésie », n. 24, 1953.
- G. CASSINIS, *Il contributo italiano al progresso della fotogrammetria*. « Conferenze di Fotogrammetria », Firenze, 1955.
- R. WATSON WATT, *Electronics in Surveying and Photogrammetry*. The Canadian Surveyor, 1955.
- L. SOLAINI, C. TROMBETTI, P. BELFIORE, *Rapport sur les travaux expérimentaux de triangulation aérienne exécutés par l'organisation européenne d'études photogrammetriques expérimentales*. Rapporto presentato all'VIII Congresso Internazionale di Fotogrammetria in Stoccolma, 17-26 luglio 1956.
- K. KINNER, *Über die reduktion grosser elektronisch gemessener eut fernungen*. « Zeitschrift für Vermessungswesen », n. 2, 1956.
- H. DRAHEIM, *Bermeskung zur Verwendung des tellurometers bei Punkteinschaltungen*. « Allgemeine Vermessung », Nachrichten, n. 7, 1958.
- K. SCHWIDEFESKY, *Welche Rolle Kann die Photogrammetrie bei der rationalisierung im Vermessungswesen spielen*. « Zeitschrift für Vermessungswesen », n. 11, 1958.