

I DISTANZIOMETRI ELETTRONICI IN TOPOGRAFIA

Riflessioni sugli aspetti tecnici ed umani del loro impiego

COMUNICAZIONE PRESENTATA AL XIX CONVEGNO S.I.F.E.T. - FRASCATI, OTT. 1974

Mario Carlà

Immagino che, a quanti si vengano a trovare di fronte allo sviluppo della strumentazione moderna messa a disposizione del topografo dalla tecnica, giunga abbastanza spontaneo domandarsi quale sarebbe stata l'evoluzione storica della topografia e della geodesia se l'uomo avesse potuto sin dai primordi misurare direttamente le distanze. E' un pò come chiedersi quale sarebbe stata la storia del mondo se il naso di Cleopatra fosse stato diverso, ma in realtà con la differenza di poter effettivamente provare, oggi, sia pure con un pò di secoli di ritardo, cosa succede a misurare distanze anzichè angoli.

In fondo, riflettendoci sopra, il procedimento della triangolazione appare abbastanza innaturale e quasi un rigiro artificioso per arrivare a conoscere quei valori, le distanze, che non è possibile avere direttamente. D'altra parte l'uomo si è trovato realmente di fronte ad una difficoltà insormontabile non appena ha accentuato, sia pure di poco, le esigenze di precisione e di convalida delle sue affermazioni in materia di distanze. Infatti dopo la brillante e geniale determinazione di Eratostene, che era sulla via maestra del problema, le misure della terra dovettero aspettare diversi secoli prima di poter disporre di quella altrettanto geniale soluzione attribuita allo Snellius, che trovò la scappatoia della triangolazione. E' stata questa soluzione e i procedimenti che su di essa si basano a permettere quello straordinario sviluppo della geodesia e della topografia che, oltre a consentire la misura in grande e in piccolo della terra e della sua superficie, ha dato avvio ed impulso, molla spesso invisibile, a tanti progressi della tecnica e della matematica connessi con la soluzione dei suoi problemi.

In tempi recentissimi, però, si è verificato il fatto veramente straordinario, che l'uomo è riuscito a risolvere quel suo annoso problema di misurare le distanze e di risparmiare tanto di quel lavoro che con il vecchio procedimento gli toccava fare.

E' pur vero che non è una misura proprio diretta, a tutto rigore, ma la trovata è ancora una volta geniale: si misura un tempo. Come ben sappiamo c'è un qualcosa di misterioso, che è l'onda elettromagnetica, la quale viaggiando a velocità costante va e viene da un capo all'altro della nostra distanza. Misurando il tempo che impiega in questo viaggio, la magica formula $ct = d$ ci dà bell'e pronto il nostro valore.

La storia delle misure elettroniche di distanza in Italia ha avuto inizio, credo, nel 1948 quando, sulla scia dello sviluppo bellico del radar e delle sue utilizzazioni dell'immediato dopoguerra in vari campi tecnici, l'IGMI prese l'iniziativa di promuovere ricerche per le utilizzazioni geodetiche del radar, analogamente a quanto Hotine ed Aslakson, in prima linea, facevano all'estero.

Nel 1950, a seguito di suggerimenti e proposte la cui paternità va attribuita, mi sembra, al Prof. Marussi e al Magg. G. Del Monte, lo SME autorizzò la costituzione di un Centro Esperienze, che con la collaborazione dell'allora Centro per la Fisica delle Microonde in Firenze avviò una impegnativa ricerca speri-

mentale sulla possibilità di realizzare un sistema radar ad impulsi di alta potenza, idoneo a misurare distanze geodetiche fra 50 e 200 km con precisioni dell'ordine del metro, ossia circa 1/100 000. La ricerca si sviluppò, con varie fasi di crescente complessità, sino al 1962 pervenendo a risultati sostanzialmente positivi, che furono anche segnalati in sede internazionale.

Nel frattempo dallo stesso Centro veniva seguito con la dovuta attenzione lo sviluppo, in paesi esteri, di studi e ricerche paralleli secondo linee di tecnica elettronica diverse. Infatti già nel 1952 veniva invitata la ditta AGA ad effettuare presso l'IGMI una dimostrazione del 1° modello operativo di Geodimetro, il famoso mod. 2. Negli anni successivi veniva provato il Tellurometro mod. MRA 1 e nel 1960 entrambe le apparecchiature venivano acquisite in dotazione all'Istituto. Nel 1961 veniva eseguita, se non erro per la prima volta in Italia, una campagna di misure col Geodimetro e col Tellurometro in Sicilia e Lucania.

La maggior praticità e rendimento di questi apparati, in confronto alla complessità e minor mobilità dei complessi radar, anche se più potenti e di più lunga portata, fece in sostanza decidere per l'adozione definitiva degli strumenti ad onda continua anzichè ad impulsi.

E' seguita poi la diffusione di questi strumenti, Tellurometri prima e subito dopo Geodimetri, ad iniziativa di altri Istituti Universitari e Ditte private e poi, con il meraviglioso progresso dell'elettronica, l'arrivo di una serie veramente stupefacente e un poco imbarazzante di nuovi strumenti, ognuno più interessante e geniale degli altri concorrenti. E non si vede ancora un traguardo a questa corsa al meglio.

Quale è l'effetto di questa novità, nel nostro senso piuttosto sconvolgente, sull'uomo tecnico?

Per riallacciarci alla domanda iniziale, di quale sarebbe stata l'evoluzione della « Misura della Terra », possiamo soffermarci un momento sulle caratteristiche sostanziali del procedimento operativo di misura diretta della distanza che da questi strumenti scaturisce.

La prima impressione direi che è un senso di liberazione, di soddisfazione: la misura della distanza è proprio quello che occorre, è la soluzione operativa ultima del problema, la chiave di tutti gli ulteriori sviluppi. Se ci fermiamo ad un secondo momento di riflessione ci accorgiamo, forse con un pò di delusione, che non è esattamente vero. L'estremo lontano della distanza, il punto che in effetti si vuol fissare sul piano, ci sfugge lungo la circonferenza di cui la distanza misurata è il raggio.

Se vogliamo continuare ad utilizzare soltanto distanze per determinarlo dobbiamo ricorrere ad un'altra diversa misura per fermarlo e almeno ad una terza per conoscere anche il grado di attendibilità, la precisione. Ma tre distanze formano un *trilatero*, ed ecco ricomparire il triangolo, il vero protagonista della storia, con la differenza di vederlo vestito delle formule di Erone, anzichè di quelle della trigonometria.

Dovremmo allora concludere che tutto sarebbe andato allo stesso modo? Penserei di sì, almeno in parte. Probabilmente non sarebbe cambiato il principio di formare le grandi reti trigonometriche coprendo le aree più vaste con triangoli o meglio con trilateri. Ma un aspetto nuovo ci sarebbe stato: la conoscenza dei lati avrebbe dato triangoli già completamente determinati ed avrebbe eliminato la misura delle basi ed i calcoli per il dimensionamento della rete, con una sostanziale semplificazione di procedimenti, almeno concettuali se non algoritmici.

A questo proposito val la pena di citare che un primo lavoro nel senso di applicare in grande nel campo geodetico la distanziometria diretta è stato

realizzato nella misura del tratto italiano della poligonale Catania-Tromsø: una delle basi di dimensionamento della rete geodetica mondiale americana rilevata mediante osservazioni ai satelliti artificiali. Si tratta di una poligonale di 35 lati della rete di 1° ordine per una lunghezza complessiva di 1425.5 km. E' un vero e proprio arco di geodetica lunghissimo misurato direttamente.

Nel campo della topografia, che più ci interessa da vicino, è chiaro che la moderna misura elettronica delle distanze può portare una qualità di risultati capace di migliorare di quasi un ordine di grandezza la precisione della precedente metodologia classica.

E il povero angolo? sarebbe dunque relegato in un « angolo »? Personalmente credo di no; anzi oserei arrischiare l'affermazione che proprio nella simbiosi distanza + angolo, cioè nel sistema di coordinate polari, vi sarebbe stata la più naturale soluzione sia dei problemi geodetici (vedasi infatti il primo problema geodetico del trasporto delle coordinate), sia di quelli topografici.

Tanto per avere un'idea di tipo quantitativo possiamo considerare che a 10 km. di distanza un punto può esser determinato con la precisione angolare di 1" cioè circa 5 cm in senso trasversale. La misura elettronica della distanza è dello stesso ordine, di alcuni cm di precisione, radialmente.

Quindi possiamo ritenere normale la possibilità di determinare la posizione, in direzione e distanza, di un punto entro un cerchietto di qualche cm di raggio. Ricordiamo che ai trigonometrici della triangolazione attribuiamo un e.q.m. dell'ordine dei 20 cm.

Non solo, ma anche le determinazioni altimetriche possono risultare avvantaggiate nella precisione. Infatti l'errore nella distanza, che qui è misurata lungo la visuale spaziale e non è quella orizzontale, viene moltiplicato per il coseno dell'angolo zenitale e non più per la ctg, sicché l'errore in dislivello rimane sempre inferiore a quello di misura della distanza, anche nei casi di distanze zenitali inferiori ai 45° che vanno presi in considerazione teoricamente anche se non si presentano nella pratica.

In sintesi la novità sostanziale potrebbe essere di cominciare a vedere la tecnica delle operazioni topografiche fondata sulla determinazione di tipo vettoriale in coordinate polari da punti centrali, anziché sulla classica intersezione, mentre la trilaterazione o triangolazione, con misura di lati e degli angoli interni dei triangoli interverrebbe in campo geodetico per assicurare la sovrabbondanza di dati ai fini del controllo e della compensazione della rete fondamentale, che potrebbe anche ridursi ai soli 1° e 2° ordine.

Dover curare un minor numero di punti avrebbe un aspetto vantaggioso anche nei riguardi della manutenzione e conservazione dei manufatti, che lo sviluppo delle costruzioni ed impianti per esigenze sociali tende a ridurre in numero ed utilizzabilità.

In effetti mi sembra che non sia ancora ben sviluppata una metodica organica che codifichi e fornisca prescrizioni d'impiego delle nuove strumentazioni, per cui le modalità della loro utilizzazione rimangono ancora molto affidate alla inventiva e iniziativa dei singoli.

Questo fatto se da un lato contribuisce a render lenta la generalizzazione dell'uso del distanziometro (un altro fattore determinante è il costo), è dall'altro anche conseguenza di tale limitata, almeno per ora, diffusione, che non stimola la fantasia e la moltiplicazione dei casi di applicazione.

Ma i riflessi dell'introduzione di questo nuovo mezzo non si limitano agli aspetti puramente tecnici; ce ne sono anche di carattere psicologico: sono le sensazioni e le reazioni dell'operatore umano, dell'uomo topografo, abituato da una esperienza di secoli al solido, tranquillo e fidato strumento

ottico, che ha visto nascere, anzi all'inizio ha costruito personalmente, in consistente e lucido metallo, su cui ha tracciato le graduazioni con meticolosa cura. Poi lo ha visto perfezionarsi, divenire sempre più elegante, lindo, leggero e facile da maneggiare, chiaro e semplice nella sua struttura come la luce che lo attraversa, lungo un cammino che tutto sommato rimane comprensibile anche quando l'ottica diventa « complicata ». Uno strumento fedele come un cane e sicuro come un mulo.

Invece nel nuovo strumento la stessa luce fa cose da pazzi. Intanto comincia a chiamarsi onda elettromagnetica o radiazione, poi si agita, oscilla, si amplifica, esce, torna, cambia frequenza, fa un mucchio di altre cose e alla fine o traccia strani disegni come cerchi e impulsi, oppure addirittura dà... i numeri.

E' vero che sono i numeri buoni, quelli che occorrono, ma forse non sempre la cosa appare veramente convincente. E poi chi li garantisce? Con lo strumento ottico la mira lontana si vede e le graduazioni si possono toccare con mano; ma le onde, dove sono, in questa macchina così strana, misteriosa, impenetrabile nei suoi segreti recessi, in cui nulla si muove e tutto funziona? e che magari smette di funzionare senza apparente motivo e reagisce scortesemente regalando una scarica elettrica se uno vuol metterci le mani o addirittura diviene pericolosa se si vuol curiosare mettendo l'occhio direttamente a guardare la sorgente del misterioso e luccicante raggio laser?

Non stupisce che al nostro tecnico, anche se persona preparata e moderna, abituato alla televisione, all'aereo e a tante meraviglie attuali, il distanziometro elettronico faccia un certo effetto di soggezione o di poca familiarità, almeno a prima vista.

In effetti l'atteggiamento del topografo che si trova per la prima volta di fronte allo strumento elettronico è caratterizzato da una specie di soggezione, che lo rende esitante circa l'affidamento dei possibili risultati e la loro convenienza in rapporto anche al costo dello strumento (soprattutto quando questo prezzo lo interessa direttamente) mista ad ammirazione e meraviglia alle prospettive di misurare distanze mai sognate, in pochi secondi (quanta fatica in meno!) e con pochi millimetri o centimetri di errore!

Indubbiamente lo strumento elettronico è più difficile da capire, anzi da sentire; richiede una sensibilità affinata da comprensione di fenomeni e da esperienza. Occorre percepire, anche senza sapersene render conto, se qualcosa non va; occorre curare certi particolari o certe azioni elementari, come la registrazione dei dati meteorologici, il connettore ben collegato, la batteria carica e simili sfumature. Il timore del guasto, dell'interruzione del funzionamento, magari per un motivo banale, ma a cui non sa o non può porre rimedio, tiene l'operatore, non sufficientemente preparato ed esperto, sotto una sottile angoscia. Il lavoro non è d'altra parte meno faticoso della stazione ottica e spesso si svolge in condizioni più scomode, eventualmente in ore di minor luminosità, inconveniente che gli strumenti più moderni tendono però ad eliminare.

Poi, una volta raggiunto il dominio dello strumento e presa confidenza con il suo impiego, può accadere una trasformazione in senso opposto: dalla soggezione alla fiducia eccessiva e acritica, con un qualche compiacimento nel sentirsi « più tecnico ». Salvo poi a sentirsi depresso quando lo strumento comincia a far le bizze e a riprenderci la fiducia.

C'è anche una terza situazione, alquanto più rara: quella della persona iniziata ai misteri dell'elettronica, che tende a vedere nello strumento un qualcosa, sì, di interessante, bellino, magari con una nuova trovata elettronica, ma tutto sommato nulla di eccezionale e lo considera con aria di suffi-

cienza senza arrivare a valutarne a fondo il rendimento pratico e le possibilità che offre.

Ora quali conclusioni potremmo trarre da queste annotazioni? Penso che sostanzialmente si possa dire che al topografo lo strumento elettronico apre nuove e più ampie possibilità di azione; ma anche maggiori motivi di impegno e di fatica.

Il distanziometro e la strumentazione elettronica in genere, richiede uno spirito diverso, che può derivare soprattutto da una preparazione diversa e questa non può che provenire da un adatto corso di studi di base.

Alle tante cose da apprendere e comprendere occorrerà aggiungere anche quel pizzico di elettronica che, come una spezia saporosa, renderà più gustosa la portata... a lunga distanza.

Purtroppo l'uomo spera di poter col progresso rendere più facile e comodo il suo lavoro, ma non sempre, forse mai, ci riesce in pieno e gli tocca anzi far qualcosa in più; ma è anche qualcosa di più bello e appassionante.

A parte gli scherzi, è indubbio che l'avvento di queste nuove strumentazioni cambia il panorama del lavoro topografico e ne ravviva gli aspetti, l'interesse e l'efficacia.

Chissà quindi che non si realizzi veramente il caso di vedere una volta tanto come sarebbe stata la storia essendo cambiato il naso, di Cleopatra.

BOLLETTINO DI GEODESIA E SCIENZE AFFINI

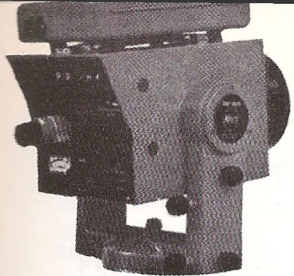
PUBBLICAZIONE SCIENTIFICA E TECNICA TRIMESTRALE EDITA
A CURA DELL'ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE

Pubblica articoli e memorie su argomenti di geodesia, cartografia, topografia, fotogrammetria, ottica, radar. — Intorno a queste discipline: segnala e recensisce opere ed articoli di periodici nazionali ed esteri; fornisce resoconti su congressi, conferenze e convegni, dà notizie dell'attività nel campo delle ricerche ed in quello sperimentale; risponde ai quesiti posti dagli abbonati.

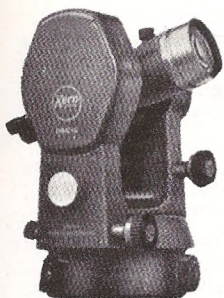
Prezzi e condizioni di abbonamento:

ITALIA	L. 2400
Abbonamento cumulativo con la rivista "L'Universo"	L. 4500
ESTERO	L. 4600
Abbonamento cumulativo con la rivista "L'Universo"	L. 9000
Un fascicolo arretrato (se disponibile)	Italia L. 1000
	Estero L. 1300

L'importo degli abbonamenti o fascicoli arretrati dovrà essere inviato anticipatamente all'Istituto Geografico Militare Via Cesare Battisti 10 - 50100 Firenze (Italia), a mezzo versamento sul Conto Corrente Postale n. 5/5393.



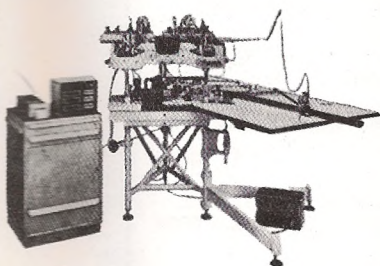
teodoliti



coordinatografi



stereorestitutori



Plan-Variograph



02.878231

è il telefono della
KOH·I·NOOR in Italia.
Chiedete dell'ufficio
KERN o della D.A.A.S.*
qualunque sia la vostra
esigenza nel campo della
topografia, geodesia,
aerofotogrammetria
e degli articoli
per ingegneria.

* Divisione Autonoma Apparecchiature Speciali

VENDITA • LEASING • DIMOSTRAZIONI • ASSISTENZA

KOH·I·NOOR HARDTMUTH SpA
STRUMENTI PER DISEGNO, INGEGNERIA E TOPOGRAFIA
DIVISIONE AUTONOMA APPARECCHIATURE SPECIALI
20121 MILANO VIA SACCHI 5-7 TEL. 878231 • 00198 ROMA VIA NIZZA 63 TEL. 866503