

POSSIBILITÀ D'IMPIEGO DELLA FOTOGRAMMETRIA TERRESTRE

DOTT. ING. ENRICO VITELLI

La fotogrammetria terrestre ha ancora una possibilità di sopravvivere ? Può essa rappresentare qualcosa in un prossimo domani ?

A questi due interrogativi non è cosa molto agevole rispondere e soprattutto in maniera netta.

Indubbiamente la possibilità di poter fotografare dall'alto i punti del terreno da stazioni che sono praticamente indipendenti dalla natura del terreno stesso e con una rapidità, nella successione delle varie prese, davvero sorprendente, ha fatto sì che la fotogrammetria aerea è subentrata quasi totalmente a quella terrestre. Quel « quasi » tradotto in cifre potrebbe corrispondere, sì e no, appena all'uno o al due per cento del totale lavoro fotogrammetrico mondiale.

Questa constatazione potrebbe di per se stessa già dare una risposta al quesito che ci siamo posti. Sarebbe tuttavia una risposta affrettata e che comunque rappresenterebbe un aspetto contingente del problema e non già la sua soluzione.

Praticamente oggi la fotogrammetria terrestre nel rilievo del terreno non viene più impiegata e ciò soprattutto perché gli ingegnosi apparati moderni di presa aerea e di restituzione hanno raggiunto un così discreto grado di precisione nelle loro parti ottiche e meccaniche da consentire una buona determinazione dell'orientamento esterno degli aerofotogrammi, sia assoluto che relativo. Oggi, quindi, la fotogrammetria terrestre e con questo nome vogliamo indicare in un senso molto lato tutta l'attività fotogrammetrica non aerea, viene limitata a scopi che potremmo chiamare marginali e che appresso esamineremo. Prima conseguenza di tale stato di cose è che gli apparati fotogrammetrici terrestri sono rimasti pressoché quelli di molti anni fa, poiché nessuna ragione determinante, da che si è sviluppata la fotogrammetria aerea, ha richiesto una revisione ed un perfezionamento degli apparati stessi.

Le attività marginali di cui si è accennato possono riassumersi nelle seguenti:

a) *Studi e ricerche su modelli architettonici ed archeologici.*

È questa, ora, una forma marginale ma che fu già uno dei primi aspetti applicativi della nuova arte del rilievo. Basterà qui ricordare il primo vero tentativo del *Laussedat* e cioè la restituzione della Chiesa di S. Maria delle Grazie in Milano, nonché la copiosa mole di lavori architettonici con la quale fu inaugurata in Germania (ad opera del *Meidembauer*) l'attività fotogrammetrica.

Mi sono limitato a citare questi due esempi a titolo di semplice curiosità storica rimandando, per maggiori particolari, a pubblicazioni di carattere storico che ampiamente hanno trattato della questione.

Oggi, nonostante tale glorioso passato, un siffatto metodo di studio dell'architettura è abbastanza negletto e non già perché sia stato soppiantato dalla presa aerea, che, in questo campo, non può arrecare pressoché alcun contributo.

A nessuno sfugge la grande importanza di disporre di fotogrammi che permettano, mediante opportuni restitutori, di poter determinare con sufficiente esattezza le vere dimensioni di interi complessi architettonici o particolari di essi che altrimenti sarebbe difficile o addirittura impossibile accertare. In passato poterono essere studiati con tutta tranquillità al tavolino, in nazioni civili, le caratteristiche di monumenti la cui ubicazione topografica (India, Siam Persia, Perù, ecc.) non avrebbe permesso ad appassionati studiosi di soddisfare il loro desiderio scientifico.

Spesso anche di monumenti nostrani non si conoscono le dimensioni di alcuni particolari importanti quali per esempio fregi e volte perché situati in posizione tale da non permettere alcuna misurazione se non a costo di lavori d'impalcatura difficili e costosissimi.

Ultimamente, nel 1950, l'Istituto di Geodesia e Topografia della Facoltà di Ingegneria di Roma, per incarico dello Istituto di Architettura della stessa Facoltà ha compiuto, sia pure in misura limitata, alcuni interessantissimi rilievi fotogrammetrici di particolari architettonici di Villa Adriana (Tivoli) dimostrando ancora una volta la bontà e l'utilità del metodo.

b) *Chirurgia e Medicina Interna.*

È questo un campo in cui, la fotogrammetria potrà, ancor meglio nel futuro, far sentire la sua parola decisiva.

Oggi, nonostante che appassionati studiosi abbiano dedicato attività di ingegno e di pratica realizzazione quali per esempio, qui in Italia, la professoressa PIAZZOLLA-BELOCH dell'Università di Ferrara, la chirurgia ufficiale non è troppo propensa a servirsi del metodo.

Senza dubbio occorrerà perfezionare gli strumenti di presa e di restituzione, ma deve essere altrettanto certo che in un prossimo domani non debba più sussistere alcuna ragione, almeno nei casi più importanti, di preferire le classiche radiografie e stratigrafie al nuovo metodo della roentgenfotogrammetria che potrà localizzare la parte malata o colpita, con molta esattezza.

c) *Polizia scientifica.*

L'uso della fotografia da parte delle Polizie di tutti i Paesi Civili è una cosa assai vecchia ma non altrettanto può dirsi dell'impiego della fotogrammetria. Soprattutto in Germania e parzialmente anche in Francia si è notevolmente diffuso l'impiego del nuovo metodo ai fini giudiziari. Specialmente nel caso di disastri ferroviari e stradali, del crollo di importanti opere, di franamenti, ecc. l'ausilio che può dare la fotogrammetria terrestre è grandissimo per poter ricostruire, attraverso l'esatta ubicazione che avevano le cose subito o quasi subito dopo gli avvenimenti, come si svolsero gli avvenimenti stessi.

Non dobbiamo dimenticare che oggi la tecnica ha fatto dei grandissimi progressi per cui il giudice è naturalmente portato a servirsi di tutti quei mezzi che la tecnica stessa gli può mettere a disposizione per avvicinarsi quanto più è possibile alla realtà dello svolgimento dei fatti.

d) *Rilievo dei ghiacciai e controllo del relativo movimento.*

È questo un aspetto del rilievo fotogrammetrico che ancora è rimasto, in gran parte, campo di dominio della fotogrammetria terrestre. Ciò lo si deve al fatto che di solito i grandi ghiacciai sono profondamente crepacciati fra alti pendii rocciosi e quindi in gran parte defilati per una buona ripresa aerea. Infatti la forte altezza di volo e i giuochi d'ombra creati dalle vette sul biancore del ghiacciaio non permettono una buona restituzione.

L'impiego della fotogrammetria terrestre, invece, sia pure con maggiore dispendio di tempo e di fatica, permette di « *frugare* » la zona dando dei risultati superiori ad ogni aspettativa.

Sono queste, sino ad oggi, per sommi capi le attività marginali di maggior risalto svolte dalla fotogrammetria terrestre. Si può pensare, tuttavia, che il numero di dette attività potrebbe, in un prossimo futuro, notevolmente ampliarsi. È noto, per es., quale grande interesse rivestirebbe, per la progettazione del calcolo di importantissime opere marittime di difesa, la conoscenza attendibile del fenomeno del moto ondoso.

Numerose sono le teorie, tutte più o meno basate su complicate deduzioni analitiche e fra queste ricorderò la teoria trocoidale del GERTNER e quella del CORNAGLIA, ma nel complesso esse sono insufficienti a stabilire una vera dinamica del fenomeno stesso. Conseguenza di questo stato di incertezza è che le opere marittime ancora oggi, in genere, si progettano sulla base di soli fenomeni di sollecitazioni statiche e maggiorando il valore di dette sollecitazioni in base a coefficienti del tutto empirici e ciò allo scopo di tener conto, in un certo qual modo, dell'applicazione dinamica delle sollecitazioni stesse. Il porto di Algeri che fu progettato con larghezza di idee e con ricchezza di mezzi da parte di espertissimi tecnici ebbe, ciò non di meno, a subire notevoli danni nelle sue ope-

di difesa esterna per una forte mareggiata. Vero è che in quell'occasione si registrarono ondate che furono stimate di notevole altezza, ma è anche vero che in base al criterio delle sollecitazioni statiche, sia pure maggiorate, i fenomeni erano stati preventivati in via cautelativa.

Difficile problema quindi a risolversi e che trova un qualche riscontro in quello analogo della costruzione delle case antisismiche. Non sono mancati perfevolissimi studi ed accurate esperienze per la determinazione migliore del fenomeno. Qui in Italia, per esempio, fu progettata ed installata sulle opere fondanee del porto di Napoli a cura del Prof. Ing. Luigi GRECO, attuale Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, una Stazione Dinamometrica. Lo scopo di tale Stazione era quello di studiare sperimentalmente le azioni dinamiche esercitate dalle onde, alle diverse profondità, sul paramento esterno dei moli e delle dighe del tipo verticale. Gli apparecchi usati furono numerosi e perfezionatissimi, quali per esempio il « dinomarcometrografo a molle con registratore elettrico » e il « dispositivo di AMSLER », entrambi idonei a registrare gli sforzi esercitati dalle onde sui paramenti dei moli e delle dighe, il dispositivo per la registrazione delle altezze delle onde di interferenza alle diverse quote dei paramenti ed altri strumenti ancora.

I risultati ottenuti furono assai interessanti e servirono a far conoscere meglio il problema della dinamica del fenomeno.

L'idea di applicare la fotogrammetria per lo studio del moto ondoso non è comunque nuova e tentativi, in passato, furono compiuti in varie nazioni, compreso l'Italia, per l'impiego della fotogrammetria aerea.

I risultati però, a quanto ci consta, non furono troppo soddisfacenti e probabilmente ciò dipese dalla grande difficoltà di operare una buona restituzione di fotogrammi presi da stazioni mobili (aeroplano) su cose mobili (onde). Migliori risultati, invece, si pensa che si potrebbero ottenere con l'impiego della fotogrammetria terrestre utilizzando stazioni ubicate sulla sommità dei moli o sulla cornice di coste alte. Il moto ondoso a carattere tranquillo e la così detta « onda lunga » si potrebbero studiare ancor meglio materializzando, mediante boe e altri tipi di galleggianti, alcuni punti sull'acqua. Sono queste idee a carattere del tutto generale ma che potrebbero prendere maggiormente corpo qualora si pensasse di riprendere questo genere di studi.

Altra brillante applicazione della fotogrammetria terrestre, sia pure del tutto particolare e in forma assai limitata, potrebbe avvenire nel campo della *speleologia*. È noto infatti che è abbastanza semplice fare un rilievo planimetrico dell'andamento di grotte, cunicoli, passaggi sotterranei, ecc. e, a titolo di esempio, possiamo citare la pianta dello sviluppo delle grotte ex demaniali di Postumia e quella delle grotte di Castellana (Bari). Non altrettanto semplice, invece, si presenta il problema di effettuare sezioni longitudinali e trasversali. È, in definitiva, una questione assai simile per molti aspetti a quella dei rilievi architettonici e quindi, al pari di essa, potrà trovare la sua soluzione. Non si nascondono tuttavia le difficoltà, quali per esempio la scelta di una base

bene ubicata, le difficoltà derivanti da una illuminazione che, comunque intensa e rapida, lascerebbe sempre numerosi e profondi coni d'ombra, ecc. Il problema, quindi, meriterebbe di essere studiato e soprattutto sperimentato in alcuni suoi aspetti di pratica realizzazione.

La fotogrammetria terrestre potrebbe essere usata, altresì, per *sondaggi ed esplorazioni subacquee*, ubicando le stazioni di presa a bordo di sottomarini o installandole in appositi batiscafi, ove i comandi verrebbero trasmessi dalla superficie. Si avrebbe in tal modo un notevole contributo agli studi di fauna e flora sottomarina e potrebbe, altresì, essere integrata con sufficiente precisione la rappresentazione a linee batimetriche dei fondali di rade ristrette, di passaggi difficili e comunque interessanti in modo speciale la navigazione.

Notevoli, senza dubbio, le difficoltà anche in questo campo. Basta pensare al problema della forte rifrazione causato dalla densità del mezzo, del movimento dell'acqua che sempre sussiste anche in profondità a causa delle correnti, di una non buona illuminazione e tante altre piccole e grandi difficoltà connesse a queste. Anche quest'aspetto della fotogrammetria può essere preso in considerazione ed eventualmente venire accettato o scartato soltanto dopo alcune esperienze e relative deduzioni.

È doveroso ricordare che qualche esperienza di rilievi di bassi fondali è stata già condotta per mezzo della aereofotogrammetria, specie in Germania, ma le difficoltà incontrate sono state ancora più notevoli a causa dei percorsi ottici nei due mezzi di densità differente: aria ed acqua.

La fotogrammetria terrestre, infine, potrebbe essere di grande aiuto integrando quella aerea nei rilievi delle masse boschive.

Già da parecchi anni, infatti, in Germania viene applicata la fotogrammetria aerea per la *determinazione della massa legnosa forestale* e con brillanti risultati. Ultimamente tale metodo è stato introdotto anche in Italia e per notizie al riguardo si rimanda alle esaurienti pubblicazioni in materia del Dottor COSMA del Ministero dell'Agricoltura e Foreste. Parrebbe tuttavia che per numerose ed estese foreste ubicate su forti pendii di valli alquanto incassate la fotogrammetria aerea non corrisponda troppo bene allo scopo. Problema, quindi, analogo a quello dei ghiacciai e per la cui soluzione non vi è altra via migliore che quella dell'adozione della fotogrammetria terrestre scegliendo opportunamente le stazioni in posizioni dominanti.

A quanto abbiamo detto sopra vi è da aggiungere una considerazione molto importante e che cioè anche nel campo più strettamente topografico non tutti gli aspetti della fotogrammetria terrestre sono assolutamente negativi nei riguardi di quella aerea, ma che ve ne sono alcuni che militano a suo favore. Per esempio la precisione della determinazione dell'orientamento esterno dei fotogrammi come può avvenire nella fotografia da terra non può essere conseguita in egual misura su quella realizzata con prese aeree. L'attacco sia planimetrico che altimetrico alla rete geodetica della regione avviene assai più facilmente e con maggior precisione nel caso del rilievo da terra che non nell'altro.

Si è sempre detto che in terreni vari ed accidentati l'uso della fotogrammetria terrestre presenta l'inconveniente di richiedere numerose stazioni e che, nonostante questo, sempre numerosi rimangono gli « angoli morti » per i quali occorre quindi l'integrazione tacheometrica. Tutto ciò è verissimo, ma non deve autorizzare a pensare che una vallata, una gola montana, comunque incasata, possa essere ugualmente rilevata bene, specie dal lato altimetrico, col metodo della presa aerea.

Si avrebbero in tal caso ugualmente degli « angoli morti » ricoprenti estensioni assai più vaste e con dannose conseguenze. A tale inconveniente si può, in parte, ovviare aumentando l'altezza di volo, ma allora nascono altre difficoltà fra le quali, non ultima, l'interpretazione dei particolari topografici e la sensibilità della emulsione ricoprente le lastre. Esistono quindi, anche per la presa aerea, dei limiti oltre i quali può divenire conveniente nuovamente l'uso di quella terrestre. A quanto ci consta, per esempio, nella Svizzera per la progettazione di sbarramenti idroelettrici si impiega la fotogrammetria aerea per la determinazione, con sufficiente approssimazione, del bacino imbrifero, ma viene poi usata quella terrestre per il rilievo del tratto di gola montana ove verrà impostata la diga e si formerà il lago artificiale.

Tale metodo meriterebbe di essere generalizzato, anche se esso richiede un qualche aggravio economico.

Altra ragione che rende favorevole, in determinati casi, l'impiego della fotogrammetria terrestre è il seguente:

L'emulsione delle lastre, come è noto, è costituita da tanti granuli che, chimicamente, sono molto sensibili alla gamma dei colori compresa fra il giallo ed il violetto. D'altra parte più fine è la grana più lenta è l'emulsione e più forte è il potere risolutore del sistema obbiettivo-lastra cioè maggiore è il tempo richiesto perché l'emulsione stessa agisca chimicamente. Nella fotogrammetria aerea è richiesto contemporaneamente un grande potere risolutore ed una notevole rapidità di presa. Da questo fatto nascono due condizioni antitetiche che è difficile conciliare e l'unico espediente al quale oggi si ricorra, per i fotogrammi aerei, è quello di adoperare lastre o pellicole con emulsione a struttura sottile dopo aver fatto subire ad esse un bagno ipersensibilizzatore. In conseguenza di quanto abbiamo detto i fotogrammi terrestri, in linea del tutto generale e a parità di altre condizioni, risulteranno a contorni più nitidi e quindi di più facile interpretazione. Questioni, queste, che debbono trovare la loro naturale sede di discussione e di possibile risoluzione nella Chimica e nella Fisica, ma che tuttavia costituiscono un aspetto assai interessante nella cornice di un unico problema: bontà e precisione dei risultati.

Si è spesso obiettato che le varie parti che costituiscono un fotogramma preso da terra non sono omogenee fra di loro, in quanto che le figure di primo piano si trovano in condizioni di distanza e di luce diversa da quelle di secondo e terzo piano. Vera anche questa obiezione, ma chi giurerebbe che le condizioni

di presa di due fotogrammi aerei successivi o contemporanei siano di omogeneità ideale ?

La grande distanza fra punto di presa e punti oggetto fanno diminuire grandemente le disomogeneità, ma indubbiamente esse esistono anche se attenuate. Comunque sta nella abilità di colui che dirige lavori fotogrammetrici da terra di fare in modo che la parte interessante il rilievo, con la scelta opportuna delle stazioni, venga a capitare praticamente su di un unico piano.

La fotogrammetria terrestre trova, infine, ottima applicazione nei rilievi di piccole estensioni a grande scala, ove non è conveniente effettuare un volo di presa e in tutte quelle operazioni di rilievo che rivestono un carattere speditivo ed esplorativo.

Si è voluto, in questa sede, accennare ad una eventuale estensione dei compiti cui potrebbe essere preposta la fotogrammetria terrestre e ciò allo scopo non di effettuare ad ogni costo una sua rivalutazione, bensì per affermare il principio basilare che questo particolare aspetto della fotogrammetria non deve essere assolutamente trascurato anche se la sua applicazione avviene in settori piuttosto limitati. Purtroppo mezzi e metodi nel rilievo fotografico da terra sono rimasti quelli che erano qualche diecina di anni fa; il rilievo aereo ha, oggi, conquistato tutti ed è logico, sotto un certo aspetto, che sia così. Tutto questo però non deve far dimenticare quali possono essere i limiti di applicabilità della fotogrammetria aerea e che, in taluni casi, dove essa non riesce ad arrivare si può sostituire con ottimo successo l'impiego di quella terrestre. Ne deriva quindi la necessità che gli studi su tale branca del rilievo non sonnecchino su ciò che è stato raggiunto nel passato ma che, invece, nei limiti del possibile arrechino, con continuità, un sia pure modesto contributo al miglioramento del metodo. A chi demandare tale compito ? Non sembra possibile che possa essere assunto dalle grandi Società di rilievo fotogrammetrico e dalle Ditte costruttrici di apparati poiché sia le prime, dal punto di vista commerciale, che le seconde da quello industriale, sono troppo prese attualmente dalla grande mole di lavoro derivante dal rilevamento aereo, quale per esempio i lavori catastali, di bonifica, quelli per conto di Enti della riforma agraria, ecc.

Non resta altro, quindi, che formulare un augurio e cioè che presso appropriati Istituti Scientifici, quali per esempio potrebbero essere quelli di Geodesia o Topografia dell'Università italiane, si formino piccoli nuclei di poche persone appassionate che seguitino a studiare il problema nei suoi vari aspetti e che soprattutto si mantengano in allenamento con parziali pratiche realizzazioni.

Nel prossimo fascicolo, che sarà pubblicato in autunno, daremo un esteso resoconto del VII CONGRESSO INTERNAZIONALE DI FOTOGRAMMETRIA E DELLA ANNESSA MOSTRA.