

SULL'IMPIEGO DELLA FOTOGRAFIA AEREA NELLO STUDIO DEI PROBLEMI DI TRAFFICO (*)

DOTT. ING. LUIGI FERRETTI

Ricordata la mole di lavoro occorrente per i rilevamenti del traffico, si prospetta la convenienza per lo studio di determinati problemi dell'impiego della fotografia aerea illustrando con esempi i due sistemi usati, panoramico e planimetrico. Costo dei rilievi aerei.

Per risolvere qualsiasi problema di circolazione è necessario conoscere i dati relativi al traffico.

Per conoscere questi dati sono necessari dei rilevamenti.

I sistemi di rilevamento consistono essenzialmente nel controllo numerico dei veicoli, distinti per categoria, che transitano in determinati punti di osservazione.

La compilazione delle statistiche del traffico comporta un lavoro complesso e lungo, e per rendersene conto basta esaminare la statistica della circolazione sulle strade statali nell'anno 1955 pubblicata recentemente a cura dell'A.N.A.S.

Si tratta di 660 pagine di tabelle (formato 33×24) presentate in bella veste tipografica. È una opera completa ed organica ed i dati esposti risulteranno ancora meglio e più efficacemente rappresentati quando verrà integrata col volume dei diagrammi.

Il rilevamento è stato effettuato in conformità alle norme fissate dal Comitato Trasporti Interni della Commissione Economica per l'Europa dell'O.N.U.

In dette norme sono specificate 11 categorie di veicoli ed i criteri in base ai quali rilevare e calcolare i valori medi del traffico diurno e notturno nei due sensi. Per cui le statistiche dei 15 Stati che hanno aderito alla convenzione, per la loro omogenea esposizione risulteranno di utile ed interessante consultazione ai fini di un migliore coordinamento del traffico internazionale.

Dalle premesse si rileva la mole di lavoro che la opera ha comportato.

Nell'anno (1955) vennero effettuati 20 rilevamenti (14 diurni e 6 notturni) per i quali vennero impiegati 6000 fra cantonieri, casellanti ed operai ausiliari.

Sono riportate le formule stabilite dal Comitato Trasporti Interni del-

(*) A complemento degli argomenti trattati nel 5° Convegno Nazionale della S.I.F.E.T. (Palermo 1957, vedere Bollettino S.I.F.E.T. n. 2-3 anno 1957) riportiamo con il permesso dell'Autore questo interessante lavoro dell'ing. L. Ferretti, Presidente di Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici, già pubblicato nella Rivista « Politica dei Trasporti » n. 9, anno 1957.

l'O.N.U. in base alle quali sono state calcolate le medie per ogni senso di marcia.

La compilazione delle tabelle (effettuate presso la Direzione Generale) e la stampa ha richiesto un anno di lavoro da parte di 6 impiegati sotto la guida di un ingegnere e di un ragioniere.

A ciò si aggiunge il lavoro di preparazione, coordinamento, sorveglianza, raccolta e preliminare elaborazione compiuto presso i singoli Compartimenti dell'A.N.A.S.

L'utilità di tali statistiche consiste principalmente nella possibilità che offrono di fare esami comparativi e di rilevare le direttrici di traffico più intenso.

Quando però si debbono risolvere particolari problemi di circolazione, o di dimensionamento, oltre ai valori medi globali è indispensabile disporre anche di dati sulla qualità, densità, velocità e direzione del traffico medio diurno e notturno debbono essere integrati dalla conoscenza del traffico nell'ora di punta e della frequenza di detta punta nell'anno.

Come è noto, in base alla dichiarazione di Ginevra del 16 settembre 1950 la categoria e quindi il dimensionamento di una strada è funzione del traffico di punta. In detta dichiarazione è infatti precisato che quando il traffico di punta supera per 30 volte in un anno i 600 veicoli ora, è necessario costruire strade a doppia carreggiata di m. 7,00 ciascuna (strade di II cat.).

Esistono dei metodi di valutazione del traffico di punta partendo dal traffico medio, basati su criteri statistici, per esempio: $1 \div 3$, ma i fenomeni che determinano le punte di traffico sono di varia natura ed uno studio serio deve sempre basarsi su dati di rilevamento diretto.

Pertanto sulle strade di traffico medio più intenso occorrerebbe effettuare dei rilievi nei giorni e nelle ore di maggiore traffico e ripetere questi rilievi per stabilire la frequenza delle punte.

Compito certamente laborioso, costoso e soprattutto difficoltoso, perché quando il traffico è molto intenso (600 automezzi all'ora rappresentano una media di 10 transiti al minuto) il personale addetto è nella impossibilità di seguire e registrare con la necessaria esattezza. Ed anche supposto di avere dei rilevamenti esatti, manca sempre la visione e la valutazione dinamica del problema.

Un efficace contributo all'esame dei problemi del traffico può essere dato dalla fotografia aerea la quale è in grado di fornire elementi di valutazione preziosi anche di carattere dinamico.

Limitandosi ad esporre in modo sommario i mezzi ed i sistemi che possono essere utilmente impiegati per effettuare indagini sul traffico, diremo che il rilevamento aerofotografico è di due tipi: panoramico e planimetrico.

Le foto panoramiche vengono effettuate con la macchina da presa montata sul muso dell'aereo con l'asse ottico a due inclinazioni sulla orizzontale: 12° e 35°.

Le fotografie che si ottengono sono del tipo di quelle di cui alle figg. 1-2-3.

Le foto planimetriche sono invece riprese con la macchina da presa montata con asse ottico verticale.

Con questo sistema si ha il vantaggio di avere una striscia fotografica in scala e quindi la possibilità di effettuare agevolmente anche delle misurazioni.

Le macchine da presa hanno distanze focali di 4 dimensioni e precisamente: cm 15-30-60-90.

Il rapporto: distanza focale - quota di volo, dà la scala del rilievo fotografico, perciò una ripresa planimetrica effettuata a quota 750 con macchina avente una distanza focale di cm 15 risulterà in scala 1 : 5.000. In effetti quel rapporto è un indice di grandezza per programmare l'operazione di ripresa in relazione ai risultati che si desiderano. Ossia per il rilevamento del traffico di una strada può essere sufficiente una ripresa in scala dell'ordine di grandezza 1 : 5.000; per altre necessità potrebbe essere sufficiente anche una scala a denominatore più grande ed allora la ripresa può essere fatta ad altra quota e con altre distanze focali.

Una volta in possesso dei fotogrammi la determinazione della scala esatta è una semplice operazione di rapporto fra distanze reali note o ricavabili da una carta topografica e distanze misurate fra gli stessi punti individuati sul fotogramma.

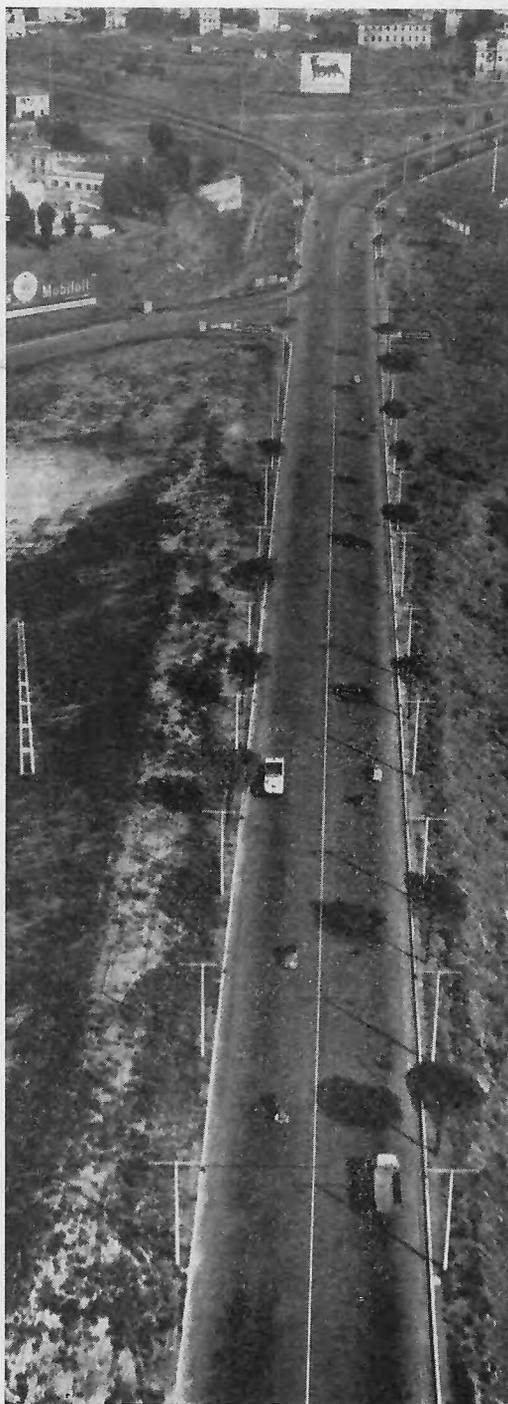


Fig. 1. - Roma: Via Cristoforo Colombo (inizio).

I fotogrammi hanno formato 24×24 e gli intervalli di scatto delle riprese vengono regolati, in funzione della velocità dell'aereo, in modo da avere una zona di ricoprimento fotografico del 60 % circa.

Il ricoprimento e cioè la doppia ripresa da punti diversi per tutta la striscia, consente una visione stereoscopica e, come vedremo più avanti, la determinazione di elementi sulla dinamica del traffico.

Le figg. 4-5-6-7 rappresentano la ripresa di via Nomentana a Roma effettuata con aereo ad elica a quota 750 con macchina da presa avente una distanza focale di mm 153 e con intervallo di scatto di 4 secondi.

Vediamo ora quali possibilità di analisi consente la osservazione delle fotografie riportate nel testo.

Le figure 1 e 2 sono fotografie panoramiche della via Colombo (strada Roma-Ostia), riprese evidentemente in epoca di scarso traffico, in ogni modo è facile arguire che le stesse riprese effettuate in ora di punta, darebbero subito una idea del volume di traffico nei due sensi, con la possibilità di determinare il numero ed il tipo di automezzi che contemporaneamente circolano sulla strada e di stabilire la densità per chilometro, elemento certamente più importante del rilevamento dei transiti in un punto di controllo.

Infatti, anche senza essere un esperto osservatore, non presenta alcuna difficoltà il conteggio dei mezzi in circolazione distinti nei vari tipi: motocicli, automobili, autobus, autocarri con e senza rimorchio etc.

La figura 3 mostra con molta chiarezza l'efficacia della fotografia aerea per l'analisi del traffico in un incrocio. Anche senza arrivare al conteggio (del resto molto facile) appare in tutta la sua evidenza la distribuzione del traffico.

Una serie di rilevamenti effettuati nelle ore di punta consente la esatta valutazione analitica della circolazione (intensità, direzione e senso) e l'apprezzamento degli elementi di giudizio necessari per giungere a soluzioni giustamente dimensionate, con evidente vantaggio per la sicurezza del traffico e l'economia delle opere da costruire.

Ritornando alla fig. 2, la semplice osservazione delle strisce scure di usura della pavimentazione rivela la completa irrazionalità del tracciato dei bordi stradali agli innesti, irrazionalità che porta allo strozzamento della corrente di traffico, per cui si riduce la larghezza utile della carreggiata (vedi differente larghezza della striscia scura) proprio nel tratto *A-B* dove, per la esistenza dei bivi, dovrebbe essere maggiore.

Il punto *A* è addirittura saliente, mentre, come in *B*, sarebbe molto opportuna una conveniente smussatura; inoltre per facilitare l'inserimento e l'uscita dei veicoli, sia pure sulla sola corrente Roma-Ostia, nel tratto *A-B* dovrebbe provvedersi all'allargamento con una via di metri 3,50 oltre il limite marcato con striscia della carreggiata diretta.

La regolare scorrevolezza del traffico che appare nella fig. 3 rivela la perfetta ragionabilità dei singoli tracciati che nell'insieme offrono la visione

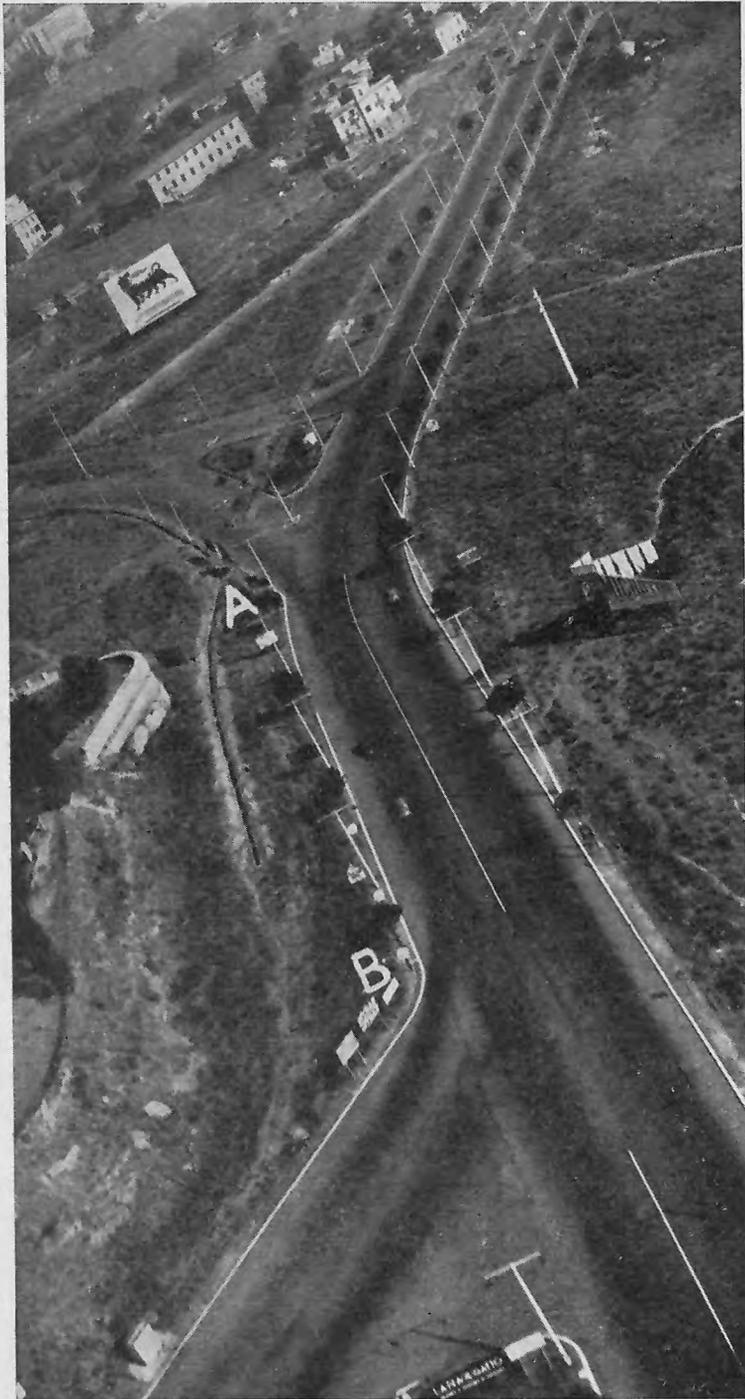


FIG. 2. - Roma : Innesso di due strade alla via Cristoforo Colombo.

di una estetica funzionale completamente assente, invece, nei due banalissimi bivi della via Colombo.

La sicurezza e la speditezza del traffico è spesso affidata alla razionale soluzione di questi problemi che la fotografia aerea rivela con efficace evidenza.

Altra constatazione che si può fare osservando le figg. 1 e 2 è la inopportunità non solamente estetica, dei cartoni pubblicitari, completamente assente in tutto il complesso sistema viario della fig. 3.

Passiamo ora all'esame della striscia fotografica delle figure 4-5-6-7.

Per quanto è stato detto in precedenza l'ordine di grandezza della scala è di 1 : 5.000 circa; fatte le opportune misurazioni e rapporti la scala effettiva dei fotogrammi è risultata 1 : 4.350.

Con l'osservazione stereoscopica, realizzabile con un comune stereoscopio e con l'ausilio di una lente di ingrandimento, sono possibili esami e valutazioni di dettaglio del massimo interesse per il tecnico del traffico.

Con l'esame stereoscopico si riesce a distinguere i veicoli in sosta da quelli in movimento, infatti le immagini dei veicoli fermi si sovrappongono e si vedono stereoscopicamente, mentre ciò evidentemente non si verifica per le immagini dei veicoli in moto che hanno posizioni diverse nei due fotogrammi.

L'osservazione diretta con l'aiuto di una lente di ingrandimento, permette il riconoscimento dei vari tipi di veicoli che si trovano sulla strada ed il loro conteggio.

La doppia ripresa fotografica (i fotogrammi hanno un ricoprimento del 60 % circa) permette inoltre la valutazione di un dato importantissimo, e cioè la velocità dei veicoli al momento della ripresa. Infatti individuate le immagini di un veicolo nella zona sovrapposta dei due fotogrammi consecutivi e misurata, nella scala del fotogramma, la distanza percorsa dal veicolo nell'intervallo di scatto che è noto, è facile calcolare la velocità al momento della ripresa.

Naturalmente si tratta di risultati non rigorosi, ma con approssimazione più che sufficiente per la valutazione degli elementi di giudizio da assumere come base per la soluzione dei più importanti e complessi problemi di traffico.

A titolo esemplificativo, prendiamo in esame il tratto fra il Piazzale di Porta Pia e l'incrocio con il Viale della Regina, lungo m. 500 circa, che appare il più denso di traffico.

La scala dei fotogrammi, come è stato detto, è risultata 1 : 4.350; questa scala consente di fare il rilevamenti e le valutazioni descritte con sufficiente approssimazione e che osservatori esperti sono in grado di effettuare anche su fotogrammi in scala con denominatore molto più grande.

D'altra parte è da tenere presente che fotogrammi in scala con de-

nominatore più piccolo non sono consigliabili, perché riuscirebbero affetti da errori di trascinamento e quindi presenterebbero maggiori difficoltà di osservazione.



FIG. 3. - Incroci della Grand Central Parkway (da « *Le strade degli altri* »).

Dall'esame stereoscopico e con la lente, nel tratto di strada anzidetto sono risultati presenti 44 veicoli in sosta e 107 in movimento così distinti:

	<i>in sosta</i>	<i>in moto</i>
1) Autobus	—	10
2) Autocarri	—	2
3) Automobili	44	84
4) Motocicli	—	11
	<hr/>	<hr/>
TOTALE	44	107

Nel numero dei veicoli in moto sono stati compresi quelli fermi al semaforo e due autobus che al momento della ripresa sono risultati anche essi fermi.

In totale su 500 metri di strada alle ore 12,20 del giorno 17 aprile 1957 erano presenti circa 150 veicoli dei quali circa il 30 % in sosta.

Le 44 automobili in sosta, se fossero tutte in fila da un solo lato, impegnerebbero (sulla base media di 5 metri ciascuno) una fascia lunga 220 metri, in effetti la disposizione su due lati e non consecutiva comporta un ingombro di entità molto maggiore.

A questi veicoli sono da aggiungere gli altri, in numero molto maggiore, in sosta nella piazza.

Questa constatazione non solo mette in evidenza la necessità di provvedere alla creazione di un parcheggio fuori sede stradale, ma quello che interessa è che il rilievo periodico può fornire dati sufficienti per il giusto dimensionamento delle esigenze e quindi del parcheggio da realizzare.

I veicoli in moto risultano 107 fra i quali 10 filobus. La densità non è eccessiva ed infatti l'ora della ripresa (12,20) non è quella di massima punta.

Piuttosto rilevante è invece il numero dei filobus (il 10 % circa), 5 per ogni senso di marcia su un tratto di 500 metri di strada, il che significa un intervallamento medio, fra due consecutivi, molto ridotto e comunque tale, anche per effetto delle frequenti fermate, da dover considerare la via (larga m 3,50) da essi impegnata, pressoché inutilizzabile ai fini del traffico automobilistico veloce.

Per analoghe considerazioni è pure da ritenere inefficiente la striscia marginale di circa m. 2,50, impegnata dai veicoli in sosta, per cui, specialmente sul lato sinistro, partendo dal Piazzale di Porta Pia, dove maggiore è il numero dei veicoli in sosta, la carreggiata, che è di m. 14,20, si riduce mediamente di m. 6. Quindi, sullo stesso senso di marcia, al traffico veloce automobilistico restano disponibili solamente m. 1,20; ciò significa che per il sorpasso le auto sono costrette ad uscire dalla linea centrale di demarcazione, invadendo la sede della semicarreggiata di senso contrario, con conseguente disagio e pericolo per la circolazione.



FIGG. 4) - 5). - Roma / Via Nomentana, Tratto: Piazzale di Porta Pia - Inceccio Via XXI Aprile - Ripresa planimetrica -
Scala 1 : 4350



FIG. 6) - 7) - *Roma*: Via Nomentana, Tratto; Piazzale di Porta Pia - Incrocio, Via XXI Aprile - Ripresa planimetrica - Scala 1 : 4350.

Che il traffico non è agevole non solo lo può constatare chi percorre la strada, ma si rivela anche dalla visibile poco ordinata disposizione dei veicoli in marcia che è ben lontana dalla regolarità che appare nella figura 3, e ciò è da attribuire fundamentalmente allo ingombro dei filobus che riducono notevolmente la capacità di trasporto della strada. Sembra pertanto logico dedurre che la creazione di una ferrovia metropolitana e la conseguente soppressione dei filobus (una media di 20 per km in ora non di punta) renderebbe la circolazione molto più sicura e veloce in quanto, per un traffico omogeneo, la larghezza della Via Nomentana è tale da sopportare agevolmente densità molto superiori a quella delle punte attuali.

Col procedimento precedentemente illustrato, sono state determinate, sullo stesso tratto di strada, le velocità, al momento della ripresa, di 3 automobili, indicanti con cerchio nero sul fotogramma della fig. 5.

Le velocità sono risultate le seguenti:

auto	n.	1	velocità km/ora	63
»	»	2	»	»
»	»	3	»	»

Come è stato detto il calcolo viene fatto in base a due elementi di cui uno esatto e cioè l'intervallo di scatto che nel caso in esame è stato di 4 secondi, l'altro affetto dall'errore di apprezzamento, nella scala del fotogramma, della distanza delle immagini dell'auto, nei due fotogrammi consecutivi. Si tratta perciò di valutazioni non rigorose ma sufficientemente approssimate.

Effettuando più misure i valori medi compensano gli eventuali errori di apprezzamento ed il risultato che si ottiene, mediante opportuni confronti e rapporti con la densità del traffico, permetterà di giungere a conclusioni molto attendibili sulla capacità di trasporto delle strade.

Le figure 4-5-6-7 rappresentano una via cittadina di grande traffico, con molte auto in sosta, ingombri di visuali per ombre di vegetazione, edifici, etc.

Lo stesso rilevamento su strada aperta risulterà certamente ancora più chiaro e di più facile ed immediata interpretazione.

Comunque si tratta di operazioni da affidare a osservatori specializzati i quali, riferendosi alla acutezza dei rilevamenti che vengono effettuati per altri scopi e che sono stati sommariamente, ma molto efficacemente illustrati nelle pubblicazioni citate, saranno in grado di risolvere agevolmente tutti i temi di traffico anzidetti.

Passiamo ora alla trattazione di un argomento che nei problemi di impiego di ogni sistema di lavoro e di produzione ha importanza quasi determinante e cioè il costo.

Per il rivelamento con mezzi aerofotografici, la maggiore incidenza sul costo è dovuta al nolo dell'apparecchio.

I prezzi dipendono dal tipo di apparecchio e precisamente:

a) aerei convenzionali (ad elica) con velocità media oraria di 220 km = L. 70.000 ora = L. 318 km;

b) aerei a reazione = con velocità media oraria di 800 km = L. 300.000 ora = L. 375 km.

Sulla base del puro costo l'aereo ad elica è più conveniente; in sede di impiego si deve però tener conto della distanza totale da percorrere e della autonomia degli apparecchi.

L'autonomia degli aerei convenzionali è di 4 ore, pari a circa 880 km di volo; quella degli aerei a reazione è di 2 ore, pari a circa 1.600 km di volo.

Perciò, se la lunghezza della striscia da rilevare più la distanza dall'aeroporto di partenza, supera i 400 km, l'aereo convenzionale è costretto ad effettuare un atterraggio per rifornimento presso un aeroporto prossimo alla estremità del percorso, con conseguente aumento della durata del volo, mentre l'aereo a reazione, che ha una autonomia di 1.600 km, questo è un inconveniente che praticamente non si verifica, perché è sempre possibile fare capo ad un aeroporto per il quale il percorso totale (lunghezza della striscia di rilevamento più distanza dall'aeroporto) risulti inferiore a km 800.

Inoltre c'è ancora un'altra considerazione da fare. Uno dei pregi fondamentali del rilevamento aereo è di consentire la visione pressoché contemporanea della circolazione sulla strada. Ora se il tratto di strada in esame è abbastanza lungo, ad esempio 100 km, con l'aereo ad elica si impiega a percorrerlo circa 30 minuti e cioè un intervallo di tempo troppo lungo per assumere come contemporanea la situazione del traffico nei tratti estremi, con l'aereo a reazione tutta la ripresa avviene in soli 7'30" e quindi l'assunto della contemporaneità è ammissibile.

Per conseguenza, nel programmare un'operazione di rilevamento occorre valutare tutti questi elementi, in base ai quali stabilire la convenienza effettiva sia nei riguardi economici sia nei riguardi della maggiore efficacia dei risultati del rilevamento stesso.

Prendiamo ora in esame due casi tipici di rilevamento:

- 1) traffico su un tratto di 100 km di strada;
- 2) traffico su alcuni nodi stradali.

Nel primo caso, per le ragioni anzidette, è da preferire l'impiego dell'aereo a reazione. Alla lunghezza della strada si deve aggiungere il percorso dovuto alla distanza in linea d'aria dall'aeroporto all'origine della zona da rilevare, più un percorso fittizio per virate, correzioni di deriva, ecc.

Considerato che i tratti di strada dove l'intensità del traffico assume valori tali da porre problemi che per risolverli occorre effettuare analisi molto dettagliate, sono di massima nelle adiacenze dei grandi centri urbani presso i

quali esiste quasi sempre un aeroporto di notevole importanza, la maggioranza di percorso si può assumere mediamente in 30 km.

Per cui il nolo dell'apparecchio risulta come segue:

$$2 \times (100 + 30) \times 375 = L. 97.500.$$

Per il secondo caso, data la limitata estensione della striscia che interessa ciascun nodo, non si pone il problema del tempo di rilevamento e quindi conviene l'impiego dell'aereo ad elica.

Poiché i nodi stradali di traffico più intenso sono nell'ambito dei centri urbani, si può presumere mediamente che un volo di 100 km sia sufficiente per effettuare il rilevamento degli incroci di maggiore interesse. Pertanto il costo risulterà di L. 31.800 = 318 × 100.

Alle cifre come sopra calcolate si deve aggiungere: la spesa per il materiale fotografico che è di circa L. 1.000 per km di striscia in scala media 1: 5.000 e quella per le operazioni di osservazione e rilevamento statistico (numero e classifica dei veicoli, velocità medie, ecc.) della quale non è possibile dare una indicazione, ma si può affermare che si tratti di importi di scarso rilievo.

In complesso, nei riguardi della spesa il rilevamento aerofotografico del traffico comporta spese di modesta entità ed offre possibilità di indagine che non sono consentite da altri sistemi che per altro, quando si tratta di strade o incroci con circolazione molto intensa, non sarebbero di pratica attuazione e comunque porterebbero a risultati inadeguati, insufficienti e di costo forse superiore.

Concludendo: la statistica della circolazione effettuata dall'A.N.A.S. sulle strade della rete statale, esprime quantità medie di grande utilità per un esame di carattere generale, mentre per la soluzione di determinati problemi di traffico è necessario disporre di dati di carattere più analitico che il rilevamento col sistema del controllo dei passaggi non può fornire, anche se adottato con criteri della massima larghezza che per altro non riuscirebbero mai a fornire elementi di giudizio della efficacia di quelli che, come abbiamo visto, si possono trarre dall'esame della striscia aerofotografica.

A conclusione della presente nota, mi è gradito esprimere un vivissimo ringraziamento al Ministero dell'Aeronautica - Sezione IV dello Stato Maggiore - che oltre alle riprese fotografiche riportate nel testo, mi ha fornito utili ed interessanti notizie tecniche.