

**Capitolo XL**  
**Consulenza radaristica Neri-Giubbolini 25.05.93.**

Il 25 maggio 93, i consulenti di parte imputata presentano un documento di commento alle analisi dei rilevamenti dei radar di Fiumicino

(dati precedenti all'incidente) effettuate dai consulenti di parte civile Vadacchino e Pent. Vengono considerati tre diversi livelli di commento alle analisi.

Per quanto riguarda il primo livello: “Il metodo per discriminare da plots radar rumorosi uno o più bersagli che stanno sulla stessa rotta segue una metodologia a dir poco nuova e originale, che non solo non è dimostrata, ma che non tiene conto di anni di ricerche e studi sulla tematica concretizzata in una tecnica, che è per altro modo nota, utilizzata nell'ATC da oltre 30 anni e che prende il nome di Radar Tracking.

Tale tecnica consiste nell'operare un filtraggio preliminare sui dati non identificati dal codice velivolo mediante un filtro spaziale denominato “associatore plot traccia [1]”. Questo filtro consente di separare nel miglior modo possibile i plots appartenenti al velivolo sotto traccia da quelli generati da falsi target o da target reali diversi.

Il filtraggio verifica l'appartenenza del plot ad una finestra spaziale le cui dimensioni sono legate alla posizione e qualità della traccia ed il cui centro coincide con la posizione prevista del velivolo sotto traccia.

In caso di più plots che cadono nella finestra viene selezionato quello avente più probabilità di essere il plot giusto.

Nel caso di velivoli identificati dal codice SSR l'associazione è immediata in quanto non esiste la possibilità di associazione non corretta (questo è il caso dei tracciati radar considerati).

Una volta che i plots sono associati alla traccia esistente vengono aggiornati i dati di traccia attraverso un processo di riduzione degli errori di misura che consente di valutare la posizione presente e di prevedere la posizione che assumerà il velivolo alla successiva scansione del radar. Il processo di cui sopra è noto come il filtro ottimo di Kalman spesso implementato in modo sub ottimo (filtro  $\alpha$ ,  $\beta$ ) allo scopo di ridurre i tempi di calcolo”.

Per quanto riguarda il secondo livello, viene affermato che i consulenti Vadacchino e Pent hanno esplicitato varie “ipotesi semplificative arbitrarie che non solo dimostrano come i proponenti non tengano in nessun conto gli strumenti di analisi propri della consolidata teoria radar ATC, ma portano alla invalidazione del metodo, il quale ancorchè non dimostrato, potrebbe assumere una parvenza di logicità”. Nella successiva parte intitolata “Commenti all'appendice” riportano alcune osservazioni su questo argomento.

Per quanto riguarda il terzo livello, sono presi in esame la scelta dei radar e l'applicazione del metodo ai dati, ipotizzando “per assurdo” che il metodo proposto dagli autori sia valido.

Le conclusioni che i consulenti di parte imputata propongono sono: “quando due bersagli si trovano nella stessa cella di risoluzione danno come risultato un unico plot la cui posizione non è associabile con alcuna legge alla posizione dei due bersagli in quanto i due echi interferiscono fra loro in modo imprevedibile (interferenza coerente).

Il tentare pertanto un’analisi tendente a discriminare le tracce di suddetti bersagli è inutile.

Supponendo comunque che un aereo privo di trasponder abbia volato per circa 20 minuti nell’ombra radar del DC9 IH870, rimarrebbe da spiegare come e quando tale aereo, senza essere osservato, sia entrato nell’ombra e come sia riuscito ad uscirvi quando il DC9 è precipitato, senza essere stato osservato dai radar civili e militari”.

Esaminando la parte delle appendici i consulenti di parte imputata si addentrano in una critica profonda e puntuale di quanto affermato nel documento depositato dai loro colleghi di parte civile.

Nello specifico:

Appendice A.1/A.2 - ritengono che la parola traiettoria sia stata usata in maniera impropria in quanto attribuita ad una “spezzata che congiunge le misure”, mentre deve intendersi come “la curva spazio-tempo percorsa da un aeromobile”.

“Gli autori definiscono che due plots di una sequenza sono “congruenti” quando la distanza intercorrente divisa per il tempo produce un valore di velocità minore o uguale di una certa velocità  $V$ . Nell’ipotesi che “congruente” abbia il significato di “compatibile con la rotta dell’aeromobile”, la definizione di cui sopra appare profondamente errata e ciò è evidente. Basti pensare a come opera l’algoritmo di tracking [ 1 ] che apre una finestra di accettazione dei plot attorno alla posizione prevista, scartando tutti i punti con velocità vettoriali maggiori o minori di quella stimata, mentre in questo caso si parla solo del modulo velocità e si accettano tutti i valori di  $V$  al limite anche quelli con velocità nulla.

Nel seguito gli autori considerano una finestra di accettazione temporale entro la quale si va a verificare la “congruenza” di ogni punto con tutti quelli rientranti nella finestra stessa. Una traiettoria viene inoltre definita “congruente” quando è composta da punti connessi con tutti quelli rientranti nella finestra temporale sopra definita.

Viene affermato inoltre che la scelta dei valori fra “2 e 4 volte il massimo intervallo di tempo intercorrente fra due lati adiacenti rappresenta normalmente la scelta ottimale”.

Riguardo alla definizione di cui sopra non si capisce che cosa aggiunga ad ogni punto il fatto di essere “connesso” con i punti oltre il successivo ed inoltre riguardo al dimensionamento della finestra sarebbe

opportuno spiegare il “normalmente” dal momento che il metodo suggerito è una novità nella trattazione del radar tracking”.

Pag.A3: “ viene ipotizzata l’indipendenza statistica degli errori di misura, in x, y, che è un’ipotesi fattibile solo nel caso particolare di traccia radiale che, come vedremo, è vera solo nel tratto terminale del volo del DC9.

In generale gli errori in coordinate cartesiane sono mutuamente correlati e dipendenti dalla posizione del target [ 1 ] pag.155”.

“pag.A.4/A.5.

La trattazione non è applicabile per le ipotesi non vere di pag. A3 di cui sopra.

Comunque i successivi ragionamenti e assunzioni semplificative non poggiano su nessuna dimostrazione nè hanno alcun riferimento con la realtà dei plot radar nè con le traiettorie di aeromobili.

Per esempio la scelta ottimale della soglia di velocità W, che è quel valore che rende pari al 50% la probabilità di superamento del test per i plot di velocità propria pari a quella massima che può assumere l’aeromobile, è un’affermazione del tutto immotivata, indimostrata e incomprensibile.

pag.A.6.

La trattazione per la conseguenza di plots non consecutivi appare del tutto illogica.

Utilizzando la stessa soglia di velocità la probabilità di scarto è ovviamente minore rispetto ai plots consecutivi e quindi non si capisce il perchè dei confronti con tali punti.

pag.A.7.

Si fa l’ipotesi che la varianza dell’errore secondo x sia ridotta del rapporto tra le distanze, come se la rotta fosse radiale anche per il tratto distante 60-90km da Ciampino che, come si vede in figura 1, non è affatto radiale.

pag.A.8.

La probabilità a posteriori di errata non congruenza è calcolata integrando per tutti i valori  $R_0 < R$ , supponendo una distribuzione di  $R_0$  che, nella formula, si ipotizza uniforme all’interno di un cerchio. Ciò è in contraddizione con l’ipotesi che i plot siano misure della posizione di un aereo che vola a velocità confinata in un campo di valori ristretto.

Questa probabilità viene usata per dimostrare che l’analisi ha una bassa probabilità di errore e ciò è fuorviante.

Appendice 2.

pag.A.2.1/A.2.6.

Lo scopo dell’analisi è duplice:

a) quantificare il bias dell’integratore del radar Marconi

b) caratterizzare con uno spettro le fluttuazioni dei rilevamenti azimutali.

Allo scopo dell'analisi viene selezionato un certo numero di tracce che secondo gli autori:

- si trovano al limite della portata radar;
- si presentano come traiettorie sostanzialmente radiali cioè con azimuth praticamente costante;
- i cui rilevamenti più lontani devono essere di solo SSR.

Nella Fig.3 abbiamo riportato le tracce sulle quali si basa l'analisi. C'è da osservare che poche di esse assomigliano a rotte radiali. In pratica con decente approssimazione soltanto la A1236 e al limite le A1234, A5345 e A5350.

Tutte le altre hanno azimuth fra  $28^\circ$  e  $41^\circ$  e di conseguenza l'errore in azimuth rispetto alla rotta – per azimuth rispetto alla rotta si intende il rapporto tra l'errore trasversale alla rotta rispetto alla distanza bersaglio– radar - è una composizione fra gli errori di range e di azimuth del radar.

Questo porta sicuramente ad una sottostima del bias dovuto all'effetto dell'integratore.

pag.A.2.7.

Al punto 3 si afferma che i rilevamenti azimutali vengono depurati di eventuali variazioni lente sinusoidali di periodo  $2T$ ,  $T$ ,  $2T/3$ ,  $T/2$ ,  $2T/5$ .

La scelta di cui sopra è incomprensibile ed ingiustificata in quanto è tutto da dimostrare che un aeromobile in rotta nominalmente rettilinea subisca tali variazioni di rotta e comunque non si capisce quale fase debbano avere le suddette sinusoidi.

La procedura viene applicata a soltanto dieci fra le 18 traiettorie per la valutazioni dell'effetto dell'integratore.

La ragione per cui le altre curve sono state scartate è poco credibile.

A nostro avviso altre sarebbero state conformi ai requisiti richiesti: esempio A1142, A1234, A4347, 5355”.

Nel commentare le conclusioni dei consulenti Vadamchino e Pent, i consulenti di parte imputata premettono che l'uso dei plot è come risultato della fusione dei dati SSR e primario. Poichè la risposta SSR “non può essere che un dato relativo al DC9, e solo di esso, poichè nessun altro oggetto mobile è capace di influenzare tale risposta “ed il dato SSR viene utilizzato per la misura in range, mentre per la misura in azimuth si utilizza il dato del “primario”, per “scoprire un aereo nascosto, solo il dato di azimuth potrebbe sotto certe ipotesi aver un senso e solo per il radar Marconi (in quanto il radar Selenia al limite della portata ha la quasi totalità delle risposte prive del plot primario) e non certo il dato in range. Gli autori non tengono conto di quanto sopra detto perchè l'analisi utilizza gli errori

in X e Y che sono considerati non solo dipendenti (e non lo sono), ma che sono una mescolanza di errori in range e azimuth, utilizzando così un dato sicuramente di un solo aereo (SSR) con l'altro dato frutto di ipotetiche interferenze (dato primario)".

I consulenti indicano che il dato di azimuth è caratterizzato da una precisione e da una risoluzione.

"Si definisce precisione il valore dell'errore della misura intorno al valore vero, mentre per risoluzione si intende la distanza tra due target per la quale il radar riesce a dare due misure separate e distinguibili".

"Gli autori, partendo dall'accertato e noto peggioramento della precisione in azimuth del tratto terminale della traccia A1136, spiegato dal prof. Picardi [2] come dovuto al variato assetto del velivolo (di coda con bassa riflettività) e alla aumentata distanza dal radar (limite di portata) e ipotizzato dall'Itavia come causato dalla presenza di un aereo estraneo in vicinanza del DC9, arrivano, con l'uso del nuovo metodo, a "discriminare" il suddetto aereo estraneo associandogli dei plots rumorosi e disegnando 2 differenti traiettorie ottenute unendo direttamente gruppi di plots".

Ciò viene criticato e ritenuto errato perchè le "misure sono soggette ad errore e quindi per ricavare una traccia è comunque necessario passare attraverso un processo di riduzione (filtro di Kalman,  $\alpha/\beta$ ).

"Si noti che la risoluzione in azimuth alla distanza di 220 km per il radar primario Marconi è all'ordine dei 13.500 m (vedi [2]). Ciò significa che due oggetti a distanza inferiore non generano alcun plot separato ossia due plots per lo stesso range, bensì un unico plot che è per definizione non è associabile nè all'uno nè all'altro.

Gli autori vanno oltre perchè, non solo associano plot a "sinistra" a bersaglio a sinistra e plot a destra a bersaglio a destra, ma indicano come traiettorie incrociatesi, le due che si ricavano dalla congiunzione di tali punti. Le tracce così ottenute distano al massimo di circa 4km il che è notevolmente al di sotto della risoluzione del radar. In altri termini vengono, grazie al metodo di analisi seguito, risolti due bersagli e ne vengono tracciate le traiettorie usando i dati forniti da uno strumento (il radar) le cui caratteristiche non consentono per definizione tale prestazione".

Passano quindi alla considerazione, del tratto terminale della traiettoria ed analizzano "la congruenza dei dati dei due radar ciascuno sui dati dei due estrattori".

Poichè Vadamchino e Pent concludono:

"a) Le traiettorie desunte dai dati Marconi 1 e 3 sono praticamente sovrapponibili come lo sono le traiettorie desunte dai dati Selenia 1 e 4.

b) La traiettoria “aggiuntiva” descritta dall’analisi dei dati Marconi è praticamente coincidente con l’unica traiettoria desunta dall’analisi dei dati Selenia e quindi la traiettoria aggiuntiva Marconi anche se di scarsa qualità è confermata dal radar Selenia.

c) La probabilità che lo scostamento tra le due traiettorie ottenute sia casuale è pari a  $8 \cdot 10^{-3}$ .

d) I dati radar nel loro complesso forniscono due traiettorie differenti non sovrapponibili fra di loro per un tratto significativo.

e) Si fa notare che l’azimuth Selenia è prevalentemente proveniente dal secondario mentre l’azimuth del Marconi è prevalentemente proveniente dal primario.

f) Si chiama in causa l’effetto indotto dall’integratore del radar Marconi e si conclude che l’entità del massimo spostamento è pari a  $0.31^\circ$  e che pertanto l’integratore non spiega “completamente l’anomalia della traccia Marconi”.

g) Facendo poi il confronto dello spettro delle fluttuazioni azimutali della traccia A1136 e di altre 10 tracce presenti nello scenario si rileva una diversità dell’uno rispetto agli altri 10.

h) Si fa l’ipotesi che l’anomalia della traccia sia chiaramente spiegabile con l’effetto di cattura mostrando un simile caso in cui il fenomeno si presenta, ed infine si attribuisce la causa alla “presenza all’Est del DC9 Itavia di un qualche oggetto non dotato di trasponditore ma in grado di produrre un’eco radar”.

Neri e Giubbolini commentano:

a) Lo sdoppiamento dalla traccia Marconi è ottenuto con un metodo non validato e quindi anche il risultato non è validato.

Comunque la coincidenza di quanto ottenuto dagli estrattori 1/3 e 2/4 è scontata dal momento che gli estrattori operano a coppie sugli stessi dati radar.

b) La traiettoria “aggiuntiva” Marconi confermata dal Selenia sembra essere alla fine quella assunta come la vera traiettoria del DC9 (vedi anche punto h). Nel confronto non si tiene in alcun conto del disallineamento esistente fra i due radar.

c) La valutazione delle probabilità è errata in quanto valutata con un metodo errato.

d) La conclusione continua ad essere errata per gli stessi motivi richiamati al punto a.

e) L’osservazione è corretta e conferma che il Selenia vede soltanto la traccia DC9 A1136.

f) Nelle prove teoriche e sperimentali il prof. Picardi dimostra la variabilità del baricentro del target tra  $0.4^\circ$  e  $0.5^\circ$ . La sottostima deriva

probabilmente dal campione utilizzato in cui le rotte sono tutt'altro che radiali.

g) Le informazioni spettrali sono state ottenute dopo ingiustificabili elaborazioni e quindi il confronto non ha significato.

h) Dalla conclusione sembra chiaro che la traiettoria “aggiuntiva” Marconi è la traccia del DC9 A1136 mentre la traiettoria “principale” Marconi spostata verso Est è dovuta ad un ipotetico oggetto non dotato di trasponder.

Tutto ciò conferma l'errato concetto di traiettoria (come unione di plots) assunto dagli autori. Secondo tale concetto la traiettoria del DC9 A1136 risulta conforme a quella relativa ad un aereo in rotta in quanto in poco più di 2 minuti avrebbe compiuto 3 manovre senza significato e con accelerazioni laterali elevate ( $0.3 \div 0.6g$ .)

Per valutare mediante le teorie classiche la compatibilità dei plots del radar Marconi con la traiettoria del velivolo stimiamo la traiettoria dell'aereo ottenuta attraverso modelli lineari di  $\rho_g$  e  $\phi_g$  (utilizzando i dati di tabella 2.1.3 dichiarati provenienti dal Marconi 3).

Il risultato della stima è il seguente:

$$\rho_g = 207.25 + 0.2371t$$

$$\phi_g = 165.77^\circ + 4.398 \cdot 10^{-3} t \quad (t \text{ in sec}).$$

Dalla stima si ricava una velocità di 237.1m/s corrispondente a 853.56km/h.

La rotta nel tratto esaminato è praticamente radiale con una leggera deviazione verso ovest di  $0.59^\circ$  nei 2' e 14" di osservazione a partire da  $165.77^\circ$ . La deviazione standard dall'errore di range è pari a 85m mentre quella dell'errore di azimuth è pari a  $0.27^\circ$ .

In fig. 4 oltre ai plots è riportata la rotta stimata (al centro) con i punti veri stimati (corrispondenti alle intersezioni con i segmenti ortogonali) e sono inoltre riportate le linee a  $\sigma$ ,  $2\sigma$ ,  $3\sigma$ . Si può direttamente rilevare che 19 plots su 25 sono confinanti entro  $\sigma$  che è pari al 76% contro il 68% previsto dalla distribuzione gaussiana, 5 plots cadono fra  $\sigma$  e  $2\sigma$  corrispondente alla frequenza di presentazione del 20% contro il 27.4% teorico previsto dalle distribuzioni gaussiane. Ed infine 1 plot cade fra  $2\sigma$  e  $3\sigma$  corrispondente al 4% contro il 4.3% teorico previsto dalla distribuzione gaussiana.

Oltre questo niente di più si può dire, dato che il test del  $\chi^2$  non è applicabile con un numero così ridotto di campioni.

Comunque non c'è niente che faccia pensare a qualcosa di anormale dal punto di vista statistico in quanto nei limiti dell'approssimazione



consentita dalle dimensioni del campione le frequenze di presentazione sono in buon accordo con la teoria.

L'analisi è stata ripetuta utilizzando i valori di range e azimuth riportati nella bozza della relazione del prof. Picardi [2] ed i risultati sono mostrati in fig. 5.

L'andamento di range e azimuth è stimato con le relazioni seguenti:

$$\rho_g = 207.16 + 0.2368t$$

$$\phi_g = 165.24 + 4.854 \cdot 10^{-3}t \text{ (t in sec)}$$

Dalla stima si ricava una velocità di 236.8m/sec corrispondenti a 852.48km/h.

La direzione stimata è pari a 165.24° con una deviazione verso ovest di 0.65° nel tempo di osservazione.

Evidentemente i dati riportati nella relazione del prof. Picardi e quelli usati dagli autori sono diversi.

Di molto poco in range e di circa 0.53° azimuth. La differenza dovrebbe essere spiegabile con il fatto che il prof. Picardi riporta dati riferiti al radar mentre gli autori dichiarano che i dati sono riferiti al centro di sistema.

E' stato effettuato un controllo delle coordinate riferite al centro di sistema riportate nella bozza di relazione [2]. Il controllo è limitato agli ultimi 2 plots prima dell'incidente.

In tabella allegata (n.1) sono mostrate le coordinate di sistema per i 4 estrattori rilevabili dai tabulati [2] e quelle riportate dagli autori.

Dalla tabella risulta uno scostamento (riportato nelle ultime due colonne) in tutti i valori. Pertanto rimane da capire quale elaborazione abbiano subito i dati radar prima dell'analisi che è l'oggetto principale della relazione.

Tale elaborazione non è dichiarata ma è ovviamente importante in quanto influenza sicuramente il risultato dell'analisi in modo particolare quando i dati dei due radar vengono confrontati tra di loro.

Quanto ai risultati statistici della nostra analisi ripetuta sui dati di [2] non risulta alcuna differenza in quanto a parte un bias sull'azimuth di circa 0.5° le distanze relative tra i punti non sono praticamente cambiate.

Rif. [2] (Picardi)				Pent/Vadacchino			
Plots	estr at.	x(km)	Y(km)	x(km)	y(km)	$\Delta x(km)$	$\Delta y(km)$
	m1	55.87	230.02	56.58	230.95	-0.71	-0.93
-1	s2	54.02	230.15	54.73	231.36	-0.71	-1.21
	m3	55.76	230.05	56.23	231.07	-0.47	-1.02

	s4	53.91	230.16	54.38	231.42	-0.47	-1.26
	m1	55.76	231.78	56.23	232.52	-0.47	-0.74
0	s2	55.61	231.81	55.77	232.63	-0.16	-0.82
	m3	55.63	231.76	55.83	232.46	-0.20	-0.70
	s4	54.63	231.81	55.42	232.63	-1.18	-0.82

TAB.1

La stessa analisi è stata effettuata sui dati Selenia 3 e 4 dove risulta un bias in azimuth di 0.14° rispetto ai valori riportati dal prof. Picardi alla bozza di relazione [2].

L'analisi lineare è stata inoltre effettuata sui dati della traccia A1236 utilizzata dagli autori per il calcolo degli spettri di riferimento. Tale traccia è stata scelta in quanto è l'unica ad essere quasi radiale. I valori delle coordinate sono state direttamente ricavati dalla Fig.A2.14.

Il risultato della stima è il seguente:

$$\rho_g = 229.55 + 0.268t$$

$$\phi_g = 12.50 - 1.58 \cdot 10^{-2}t \quad (t \text{ in sec})$$

Dalla stima si ricava una velocità di 268m/s pari a 964.8km/h. La rotta è abbastanza vicina a una radiale; infatti nei 145 secondi di osservazione la deviazione standard è pari a 2.29°. La deviazione standard dell'errore di range è pari a 112 m mentre quella dell'errore di azimuth è pari a 0.07°.

Sono poi riportate in fig. 5 la rotta stimata (al centro) le linee  $\sigma$ ,  $2\sigma$  e  $3\sigma$  ed i plots. I plots entro  $\sigma$  sono pari a 16 con una frequenza di presentazione pari al 69% (gaussiana 68%) 7 plots cadono fra  $\sigma$  e  $2\sigma$  con una frequenza di presentazione del 31% (gaussiana 27.4%) nessun punto cade oltre  $2\sigma$ . Anche in questo caso nessuna anomalia statistica è evidente. E' osservabile un errore in azimuth ridotto all'incirca ad un quarto rispetto alla traccia A1136, cosa oramai nota e sulla quale si è molto discusso.

Questo documento, come tutti gli altri a contenuto radaristico, sarà preso in considerazione con l'analisi nella parte radaristica della parte tecnico-scientifica e della perizia radaristica.

\* \* \* \* \*