

Unità 2 Strumenti di Navigazione e Controllo

2.1 Strumenti di navigazione

La navigazione è l'insieme delle operazioni atte a stabilire la posizione geografica del velivolo ed a mantenere la giusta rotta. Essa può essere:

- **stimata** quando, partendo da punto noto, conoscendo direzione e velocità si determina la posizione in base al tempo trascorso;
- **osservata** se trasformo le stime in certezze riconoscendo elementi fisici del terreno (dalla mappa al terreno o dal terreno alla mappa);
- **radioguidata** se ci si avvale di segnali radioelettrici emessi da apposite stazioni. Il volo a vista (VFR), ad esempio, è una combinazione di navigazione stimata e navigazione osservata.

Ciò premesso, gli strumenti di navigazione, possono suddividersi in due categorie:

➤ strumenti di navigazione stimata

sono quelli utilizzati per il volo a vista (VFR) che presuppone sempre il contatto visivo con il terreno al fine di riconoscere i punti geografici di riferimento. Appartengono a questa categoria: la BUSSOLA MAGNETICA, il GIRODIREZIONALE, e l'OROLOGIO.

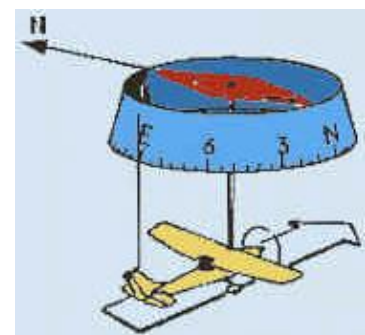
➤ strumenti di radio-navigazione

sono tutti quei strumenti utili nel volo a vista ma assolutamente indispensabili nel volo strumentale e che si basano sulla ricezione di segnali radio emessi da appositi radiofari situati sulla superficie terrestre. Tra di essi i più importanti sono ADF, VOR, DME, RMI, HSI, ILS. Ad essi si aggiunge poi il GPS che, diversamente, si basa sulla ricezione di segnali provenienti da satelliti artificiali.



2.2 La bussola magnetica

È lo strumento più antico, basato sul campo magnetico terrestre. Nella sua forma più semplice, **la bussola magnetica** è costituita da un ago magnetizzato, libero di ruotare su un piano orizzontale, montato su un perno posto al centro di un quadrante graduato. La graduazione è fatta ad intervalli di 5° (da 0 a 360) e, sui 4 punti cardinali, è disegnata la lettera iniziale corrispondente al punto (N, E, S, W). Il tutto montato all'interno di un involucro riempito di liquido smorzante.



L'ago della bussola magnetica si orienta esattamente verso il nord magnetico e pertanto fornisce la direzione di volo rispetto al Nord magnetico della Terra soltanto se non si verificano fenomeni magnetici e non vi sono oggetti di ferro o acciaio, o in generale di materiali ferromagnetici, nelle vicinanze dello strumento; nel caso contrario può verificarsi la deflessione dell'ago magnetico. Per correggere questo errore, detto **deviazione**, che dipende dallo strumento e dalla sua installazione, si procede alla taratura. Un altro possibile errore è dovuto alla non coincidenza tra il meridiano geografico e quello magnetico, (noto anche come **declinazione magnetica**). La declinazione magnetica subisce variazioni quantitative, direzionali e temporali che sono note per la maggior parte delle località terrestri, e quindi registrate sulle carte; tuttavia, in conseguenza di tempeste magnetiche essa è soggetta a modifiche temporanee e imprevedibili, soprattutto a latitudini elevate. Da quanto detto sopra è facile intuire che la bussola è usata per determinare la prua del velivolo, cioè l'angolo (misurato in senso orario) tra una direzione di riferimento e l'asse longitudinale del velivolo. Le



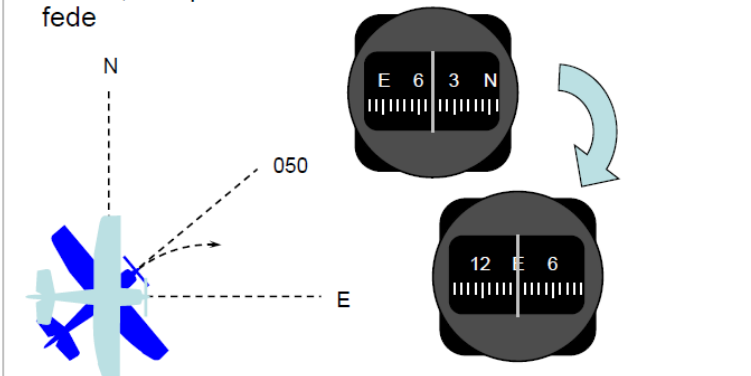
indicazioni che si hanno prendendo come riferimento il NORD geografico si chiamano di **prua vera**, mentre quelle riferite al NORD magnetico di **prua magnetica**. Da ricordare che in assenza di vento non vi è alcuna differenza angolare tra la prua e la rotta del velivolo. Questo tipo di bussola non risulta molto affidabile per la navigazione aeronautica, dati

gli errori dovuti alle improvvise virate e alle rapide variazioni della velocità dell'aereo, ma costituisce in ogni caso uno strumento di riferimento molto importante se usato in associazione con altri (Girodirezionale).

La lettura della bussola va fatta in volo livellato e possibilmente in aria calma ed attenzione al fatto che le

Comportamento Antiistintivo

- Per ottenere prua Est, occorre virare a destra anche se Est, sul quadrante si trova a sinistra della linea di fede



indicazioni della bussola sono anti-istintive: virando a DX la bussola ruota a SX ma in realtà è l'aereo che ruota mentre la bussola indica sempre il Nord. Per raggiungere una nuova prua indicata a destra della linea di fede occorre virare a sinistra

2.3 Strumenti di radio-navigazione

I sistemi di radioguida nacquero dopo la I° guerra mondiale con lo sviluppo dell'aviazione commerciale, e si basano sulle informazioni, che il velivolo riceve via radio, inerenti la sua posizione rispetto ad una o più stazioni al suolo, note al pilota attraverso le carte di navigazione.

Di seguito sono elencati i principali di strumenti di radio navigazione, alcuni di frequente impiego su velivoli civili altri di utilizzo esclusivo degli aerei militari, tenendo presente che la radio-navigazione esula dai contenuti della presente disciplina (cfr. Scienza della Navigazione) e pertanto ci limiteremo ad una breve descrizione delle caratteristiche senza soffermarci troppo sui principi alla base del loro funzionamento.

ADF (Automatic Direction Finder)

L'ADF (o radiogoniometro automatico) è uno dei strumenti di navigazione più antichi e più largamente usati dai piloti. Il suo funzionamento è basato su un segnale emesso da stazioni chiamate NDB (Non Directional Beacon), in pratica radiofari non direzionali MF di terra, sulla ricezione tramite antenna non direzionale e direzionale e quindi sul confronto tra i due segnali per individuare la direzione delle onde elettromagnetiche.

Gli NDB emettono onde radio che si propagano in tutte le direzioni con una frequenza compresa tra i 200-400 KHz.

Con intervalli di 1 kHz. La strumentazione si compone di un ricevitore e di un indicatore. L'indicatore dell'ADF è formato semplicemente da un ago che gira su una ghiera

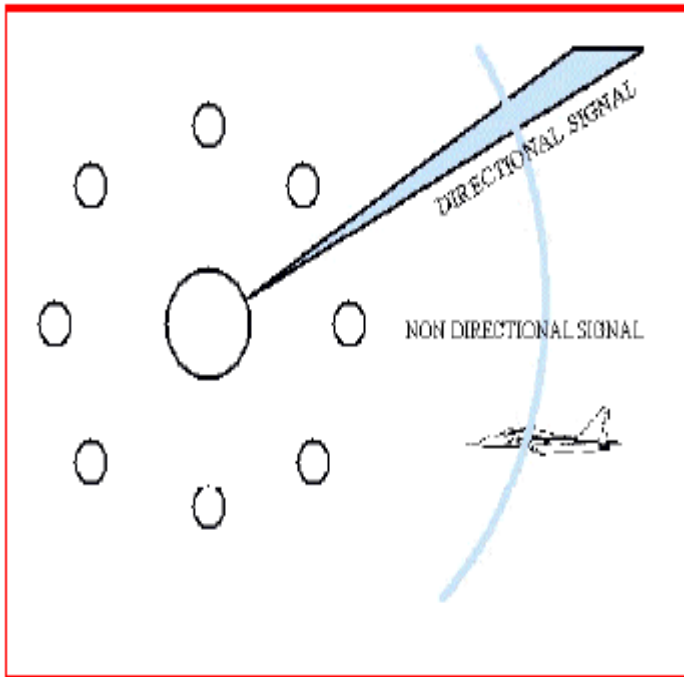


graduata da 0° a 359°. La ghiera può essere fissa, cioè con l'indice 0° che coincide con la prua dell'aereo, oppure può essere anche girevole tramite un nottolino (HDG) posto immediatamente in basso e alla sua sinistra. L'indice dello strumento, una volta che il ricevitore viene sintonizzato sulla frequenza del radiofaro individuato, rimane sempre costantemente puntato verso la stazione trasmittente a terra, indicando sulla rosa graduata l'angolo sotto cui la stazione stessa è rilevata rispetto all'asse longitudinale dell'aereo.

VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range)

Il VOR (o radiosentiero omnidirezionale in VHF) è un altro sistema di radionavigazione per aeromobili simile all'ADF ; dal 1949 ICAO (International Civil Aviation Organization) lo ha definito come standard per le navigazioni a corto e medio raggio, sostituendo i radiosentieri funzionanti in bassa frequenza. Una stazione a terra VOR, chiamata anche radiofaro, trasmette onde radio in VHF comprese tra 108 e 117.95 Mhz con intervalli di 50 kHz che vengono captate da un ricevitore a bordo che le elabora e fornisce informazioni utili al pilota per capire la sua posizione rispetto al radiofaro.


Il principio di funzionamento si basa sull'emissione di segnali direzionali rotanti emessi dalle stazioni VOR (radiali VOR) e da un segnale omnidirezionale emesso ad ogni passaggio del segnale direzionale dal Nord e dalla ricezione e confronto di quest'ultimi.



A bordo del velivolo sono pertanto presenti sia un ricevitore che un indicatore. Poiché le onde VHF si propagano solo in linea retta, la ricezione delle stazioni VOR è possibile solo quando non ci sono ostacoli tra il velivolo e le stazioni a terra.

DME (Distance Measuring Equipment)

Il DME è lo strumento che offre al pilota la possibilità di conoscere la distanza tra l'aereo e una stazione a terra, di solito un VOR oppure un NDB. la determinazione della distanza è resa possibile tra un "dialogo continuo" tra un trasmettitore a bordo ed un stazione a terra. La distanza indicata dal DME, indica (in miglie



Trasmettitore di bordo genera sequenza random di impulsi

Transponder di terra riceve, attende e ri-genera sequenza

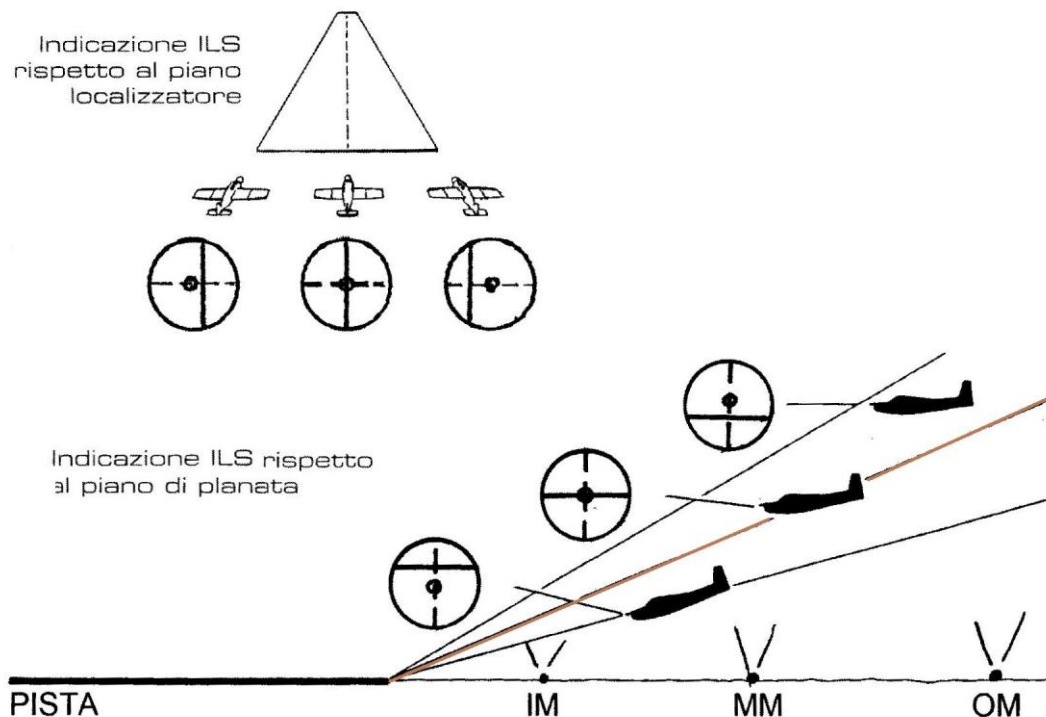
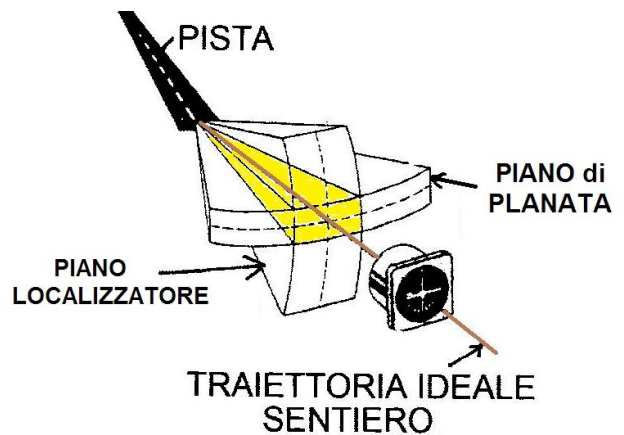
Ricevitore di bordo riconosce, calcola tempo e distanza

nautiche) lo spazio tra l'aereo e la stazione a terra e perciò fornisce una distanza obliqua e non una distanza sul terreno. Inoltre il DME fornisce anche la velocità al suolo (in nodi) e il tempi (in minuti primi) necessari raggiungere la stazione.

L' ILS (Instrument Landing System)

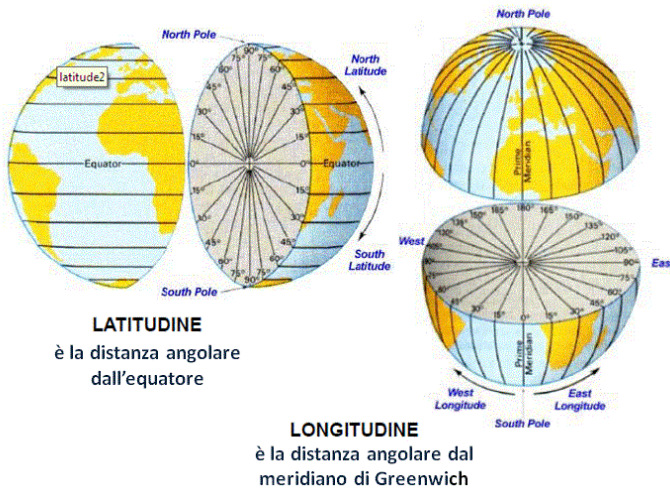
L'instrument landing system, comunemente abbreviato come ILS, è un sistema di terra e di bordo ideato per guidare gli aeromobili nella fase finale di un avvicinamento strumentale di precisione (atterraggio strumentale) verso la pista di un aeroporto. In particolare si tratta di un sistema radioguidato standard ICAO per gli avvicinamenti strumentali di precisione, per i quali è fornita sia la guida che mantiene l'aereo allineato alla pista, sia la guida di discesa che lo mantiene su di un piano inclinato che termina sulla superficie della pista. Il sistema è utilissimo, se non addirittura indispensabile, in atterraggio in condizioni di bassa visibilità (soprattutto dovute a nebbia), consentendo di portare a termine manovre con una visibilità orizzontale ridotta anche a meno di 100 metri.

Il sistema è composto da un apparato di terra e da un apparato di bordo, la stazione a terra emette due fasci di radioonde, che permettono di definire due piani, uno verticale giacente sul prolungamento asse pista detto **piano localizzatore** e l'altro, perpendicolare a quest'ultimo, inclinato di 3° e chiamato **piano di planata**. La linea formata dall'intersezione dei due piani rappresenta la traiettoria ideale di discesa ed è detta **sentiero di avvicinamento**. Tramite l'indicatore ILS (che è un normale indicatore VOR) il pilota può conoscere la sua posizione rispetto al sentiero di avvicinamento.



2.4 il GPS (Global Positioning System)

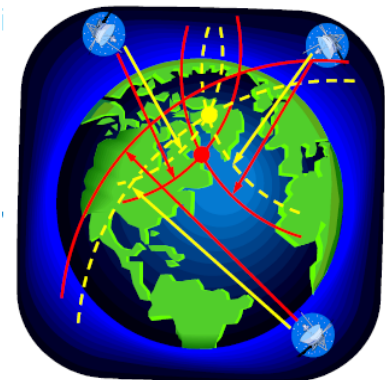
E' lo strumento di radionavigazione più diffuso. E' in grado di fornire le coordinate LAT e LONG (Latitudine e



Longitude) dell'aereo in tutta la parte di superficie terrestre coperta dalla costellazione di satelliti in orbita che forniscono il servizio.

Il sistema calcola la posizione dell'aereo misurando la distanza dai satelliti da cui riceve il segnale. In particolare, per ottenere un dato di posizione in 2 dimensioni (su di un piano senza info sulla quota) occorre ricevere almeno i segnali di 3 satelliti. Analogamente per ottenere un dato in 3 dimensioni occorre ricevere i segnali di almeno 4 satelliti.

Il "satellite in più" è legato all'errore di tempo" nella misura di quest'ultimo. Infatti poiché i satelliti hanno installati costosissimi e precisissimi orologi atomici al cesio mentre nelle riceventi GPS si usano orologi convenzionali al quarzo si genera "un' errore di tempo" dovuti alla mancanza di sincronizzazione. Infatti se il ricevitore avesse anch'esso un orologio atomico perfettamente sincronizzato con quello dei satelliti sarebbero sufficienti le informazioni fornite da 3 satelliti, ma nella realtà non è così e dunque il ricevitore deve risolvere un sistema di 4 incognite (latitudine, longitudine, altitudine e tempo) e per riuscirci necessita dunque di 4 equazioni. Per tale motivo occorre il "satellite in più" e quindi servono 3 satelliti per la posizione 2D e 4 per quella 3D.



— Distanza errata
- - - Distanza corretta

I moderni sistemi GPS integrano, oltre alla "semplice" funzione di calcolo della posizione anche funzioni più

Principio di funzionamento

- Il satellite trasmette una sequenza predefinita di segnali che si ripete periodicamente

Il ricevitore di bordo si sincronizza con i satelliti riconoscendo la sequenza di segnali codificati che si ripete ciclicamente

Conoscendo la struttura della sequenza ed il suo tempo di inizio, il ricevitore ricava il tempo intercorso fra trasmissione e ricezione e, da qui, la distanza del satellite

complesse quali: cartografia digitale, database degli aeroporti, avio-superfici e campi di volo anche di piccole dimensioni, compilazione ed esecuzione di un piano di volo in 2D e3D, ...etc....etc.....

Ciononostante l'utilizzo del GPS non solleva il pilota dalla necessità di avere a bordo carte aeronautiche e dal saperle utilizzare per poter navigare in sicurezza in caso di indisponibilità del GPS