



II FACOLTA' DI INGEGNERIA

Progetto: Ricostruzione virtuale di incidenti aerei

1	Introduzione	2
2	Descrizione generale del progetto.....	3
2.1	Interfaccia di simulazione grafica	4
3	Addestramento P.N. (personale navigante) (simulatore di approaching and landing).....	8
4	Sicurezza Volo	8
5	Human Factors.....	9
6	Possibili Estensioni.....	9
6.1	Interfaccia di simulazione grafica in rete.....	9
6.2	Interfaccia di simulazione grafica attiva	10
7	Valore aggiunto e previous work.....	10

Candidato:

Alessandro Boccalatte

Tutor:

Francesca De Crescenzo

1 Introduzione

Il progetto si propone la realizzazione di un software per la ricostruzione e l'analisi di incidenti aerei, facendo ricorso all'utilizzo delle moderne tecniche di rappresentazione grafica tridimensionale.

Primo fondamentale elemento del software e' la possibilita' di creare un ambiente virtuale che riproduca il piu' fedelmente possibile lo scenario in cui ha luogo l'incidente aereo. Questo significa ricostruire l'ambiente geografico circostante e simulare, se in possesso dei dati, le condizioni meteorologiche presenti sulla scena.

Per quanto riguarda il primo punto (ambiente geografico), viene prestata particolare attenzione alla riproduzione della morfologia del terreno, degli edifici o gruppi di edifici piu' rilevanti presenti nelle aree di interesse, e degli aeroporti.

In particolare, per la ricostruzione del terreno si vuole fare ricorso a tecniche basate sull'utilizzo di mappe altimetriche digitali (DEM, digital elevation maps), e ad algoritmi per la visualizzazione a livello di dettaglio variabile, in grado di gestire data-sets di grandi dimensioni garantendo il mantenimento di frame rates sufficientemente elevati per ottenere un buon livello di interazione da parte dell'utente. Il sistema deve infatti operare in real time, consentendo all'osservatore virtuale di navigare liberamente e rapidamente all'interno dell'ambiente virtuale, e di interagire con lo stesso. Oltre alle mappe dem, utilizzate per la ricostruzione geometrica del terreno, si richiede l'uso di textures da applicare alla superficie del terreno stesso. Tali textures potranno essere costituite da immagini aeree o satellitari, preventivamente ortorettificate, oppure generate in modo automatico o semiautomatico ove non siano disponibili le immagini satellitari.

Anche in questo caso si ricorre all'utilizzo di tecniche di rappresentazione multi-risoluzione (ovvero a livello di dettaglio variabile), sia per l'ottimizzazione delle prestazioni del software in termini di visualizzazione, sia per far fronte alla possibilita' di avere una copertura non uniforme in termini di dettaglio (risoluzione) delle textures su tutto il territorio che si vuole ricostruire.

Per la rappresentazione degli edifici si prevede l'uso di tecniche di ricostruzione degli insiemi di edifici partendo dalle foto aeree o da altre mappe supplementari; in particolare il software dovra' essere in grado di riprodurre almeno quei particolari edifici o gruppi di edifici che rappresentino un elemento importante ai fini dell'analisi dell'incidente o che risultino di aiuto ai fini di una migliore identificazione visiva della zona geografica interessata (specialmente nel caso di volo a bassa quota).

La ricostruzione degli aeroporti sara' resa possibile grazie allo sviluppo di un apposito editor dotato di strumenti ad hoc per la rapida creazione delle piste di decollo-atteiraggio, di rullaggio e delle infrastrutture aeroportuali maggiormente rilevanti.

Per quanto riguarda le condizioni meteo, verranno in particolare riprodotte le condizioni di visibilità dovute a foschia, nebbia, attraversamento di nuvole.

In secondo luogo, il software prevede di rappresentare con sufficiente accuratezza i modelli virtuali dei velivoli presenti sulla scena, prevedendo la possibilità di visualizzare i carrelli di atterraggio nelle loro posizioni effettive, ed anche le principali superfici mobili di controllo dell'aeroplano (come timone, flaps, alettoni, ecc.).

Lo scenario virtuale dovrà poi essere arricchito con informazioni grafiche in grado di evidenziare le condizioni di volo, come ad esempio velocità rispetto al suolo, rateo di salita-discesa, quota, assetto, direzione del vento.

Il software si basa sulla ricostruzione della dinamica di una manovra attraverso la lettura e la decodifica dei dati provenienti dalle scatole nere dei velivoli interessati. La dinamica dell'incidente può poi essere visualizzata in modo interattivo, con particolare riferimento alla possibilità di spostarsi liberamente sull'asse del tempo, in modo analogo a quanto avverrebbe con una sequenza videoregistrata.

Oltre a ciò, la scena potrà essere visualizzata da differenti punti di vista, attraverso l'uso di telecamere virtuali manipolabili dall'utente e/o attraverso l'uso di un sistema intuitivo di navigazione dell'ambiente virtuale.

2 Descrizione generale del progetto

L'obiettivo del progetto è la realizzazione di un prototipo software di Flight Data Visualization basato sulla ricostruzione realistica di scenari di volo. Il prodotto software descritto di seguito è stato concepito in modo da potere sfruttare una piattaforma grafica configurabile per diversi scopi applicativi. In particolare ci si rivolge ai processi di Addestramento e Sicurezza Volo.

Per esso è stata individuata una lista di requisiti di progetto. Tali requisiti, che riguardano sia la forma ed il modo dell'interfaccia di comunicazione, sia l'infrastruttura nella quale il sistema verrà integrato, sono di seguito indicati:

- Le procedure devono essere descritte in modo chiaro e verosimile.
- Le procedure devono essere descritte combinando simulazioni grafiche a dati suppletivi che supportino l'utente nella corretta comprensione delle stesse.
- Il sistema si basa sulla possibilità di acquisire dati provenienti da diverse tipologie di fonti (flight data recorder – simulatore di volo – dati generici).

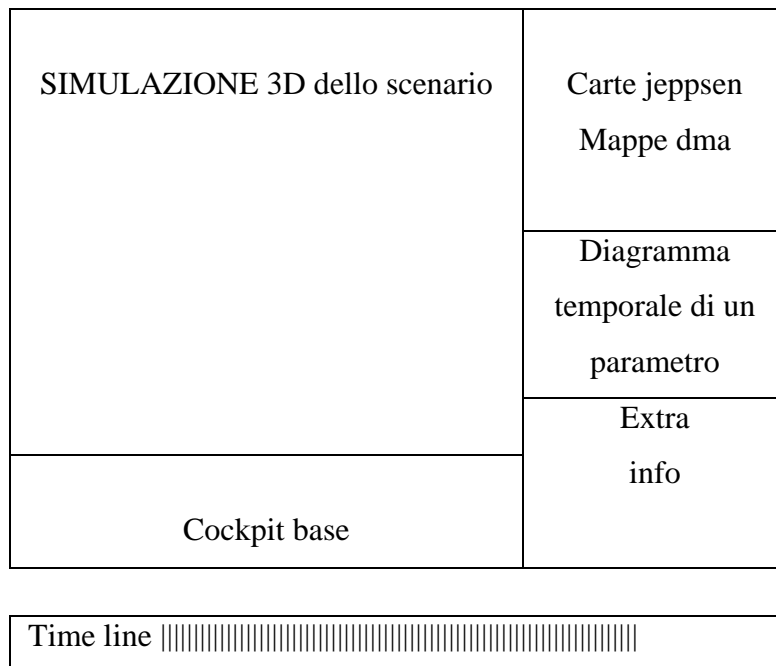
- Deve essere possibile rilevare il feedback del grado di apprendimento/comprendimento (situation awareness) dell'utente
- L'utente del sistema può intervenire nella configurazione dell'interfaccia.

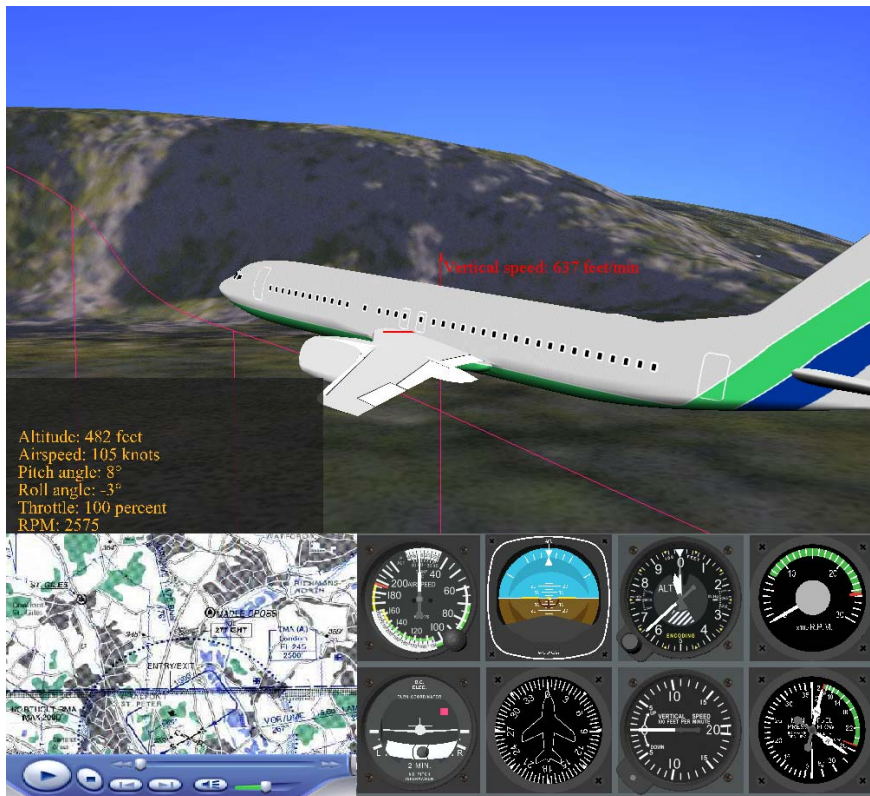
Il progetto del software di Flight Data Visualization è stato elaborato in funzione della struttura modulare del prodotto. Il modulo base viene definito come **modulo di simulazione grafica** e rappresenta l'applicazione principale.

2.1 *Interfaccia di simulazione grafica*

Quest'applicazione deve essere in grado di comunicare in modo chiaro e verosimile le procedure ricostruite in base ai dati disponibili. Lo sviluppo dell'applicazione prevede una fase di raccolta ed organizzazione dei dati ed una fase di presentazione di questi all'utente. Quest'ultima consiste nella generazione di un ambiente costituito da più finestre di dialogo, ciascuna delle quali descrive, istante per istante, la procedura di avvicinamento da diversi punti di vista o in una diversa forma grafica.

Di seguito viene descritto uno schema tipo dell'applicazione:





La finestra principale, indicata come SIMULAZIONE 3D, è quella nella quale viene rappresentata la ricostruzione tridimensionale della procedura di avvicinamento prescelta. In essa verranno rappresentate:

- Riproduzione 3D del modello dell'aeromobile in volo e/o a terra con rappresentazione grafica animata del carrello e delle superfici aerodinamiche mobili.
- Riproduzione 3D della pista e degli edifici che compongono l'aeroporto e dei principali edifici dell'area aeroportuale.
- Riproduzione 3D dello scenario circostante coerente con i dati altimetrici e con l'aspetto reale del territorio.
- Visualizzazione dei profili di avvicinamento, con presentazione di waypoints, nav aids etc.



La pista, gli edifici e lo scenario circostante potranno essere ricostruiti mediante le moderne tecniche di computer grafica sulla base di dati quali:

- il tipo, la lunghezza e l'orientamento della pista
- i dati altimetrici dell'area aeroportuale.
- le immagini satellitari dell'area aeroportuale.
- i dati catastali degli edifici significativi.

I dati relativi alle traiettorie e all'assetto dell'aeromobile in ogni istante dell'avvicinamento, così come i dati necessari per aggiornare in tempo reale l'insieme di strumenti scelti per configurare il cockpit base, possono provenire sia dal "Flight Data Recorder" dell'aeroplano, sia dal simulatore di volo.

La simulazione del volo dell'aeromobile potrà essere integrata, inoltre, con la simulazione dei fenomeni atmosferici con particolare riferimento alla visibilità RVR. Integrando la possibilità di assumere il punto di vista interno al cockpit con questa funzione si può effettuare l'analisi degli eventi con particolare riferimento ai fattori umani.

In relazione all'ultimo punto le librerie grafiche disponibili consentiranno di ottenere scenari di tipo "Augmented": si potrà visualizzare insieme all'ambiente 3D, ad esempio, un "tunnel grafico" che evidenzia le corrette traiettorie da percorrere. L'aggiunta di elementi grafici particolari alla

ricostruzione fedele della procedura ha lo scopo di incrementare il grado di apprendimento dell'utente. La forma, le modalità e l'occorrenza di tali elementi verranno concordati.

Le altre finestre conterranno:

- Riproduzione di una navigation chart in uso durante la missione, con sovrapposta la track dell'aeromobile.
- Strumentazione parziale o totale tipica dell'aeromobile, sincronizzata con la situazione riprodotta.
- Visualizzazione in formato grafico di qualsiasi parametro di volo scelto da una lista disponibile all'utente.
- Timeline sempre visibile che permetta all'utente di muoversi avanti, indietro e a diverse velocità nella ricostruzione dell'evento, combinata con la possibilità di scegliere diversi punti di vista ("Moviola 3D"):

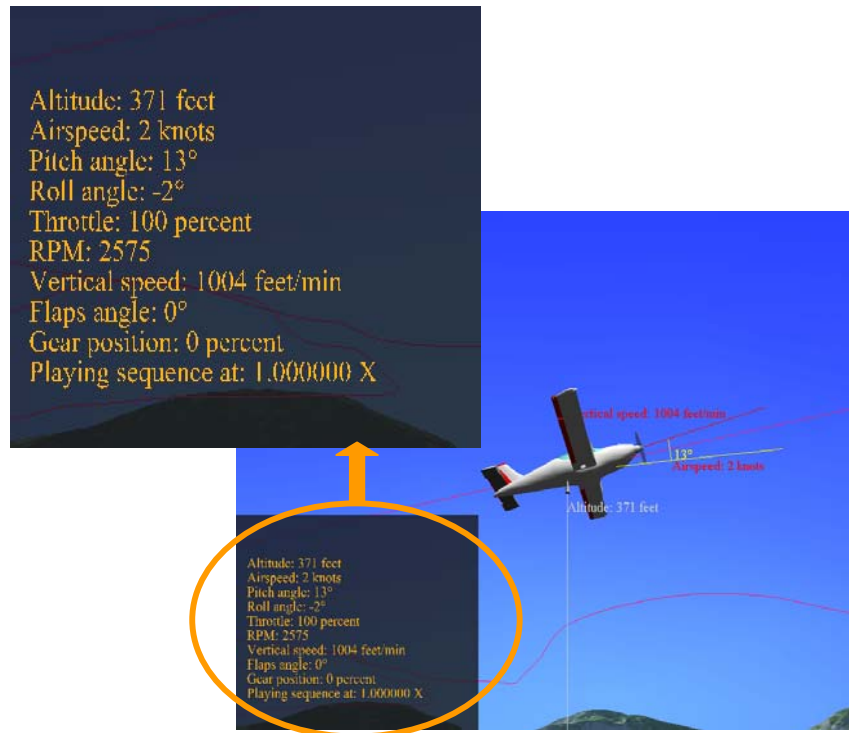
L'utente interagisce con il modulo base per mezzo di tastiera e mouse. In particolare potrà agire sulla timeline e sulla possibilità di visualizzare o meno alcuni parametri, soprattutto per quanto riguarda gli elementi di computer grafica. In particolare gli sarà consentito di visualizzare la traiettoria nella forma che egli ritiene più esplicativa e meno "invasiva" passando da una modalità, quale ad esempio il "tunnel grafico", all'altra, quale ad esempio una curva parametrica che riproduce la traiettoria di un punto dell'aeromobile. Inoltre egli potrà agire sul punto di vista della finestra principale. Oltre che dal classico punto di vista del pilota, la scena potrà essere osservata anche da punti di vista alternativi. Questi ultimi possono corrispondere, ad esempio, ad una telecamera posta all'esterno dell'aeromobile, in coda o di lato. La visualizzazione della scena dall'esterno dell'aeromobile potrebbe aiutare l'utente in una migliore comprensione del contesto urbano e geografico nel quale si svolge la simulazione.

- Esempio di procedura di utilizzo dell'applicazione:
- Installazione del CD-ROM (l'applicazione verrà sviluppata in ambiente windows e potrà essere eseguita su un PC windows)
- Lancio del programma
- Avvio del *wizard*, ossia la procedura guidata, di configurazione della sessione:
 - Scelta dell'aeromobile (nella lista di apparecchi disponibili)
 - Scelta dell'aeroporto (nella lista di siti disponibili)/automatico.
 - Scelta delle condizioni di luce (notte-giorno.....)
 - Scelta delle condizioni atmosferiche (pioggia-nebbia-nuvole.....)
- Lancio della simulazione

Il CD-ROM di installazione del modulo base conterrà:

l'applicazione

il data-base di un insieme di aeroporti.



3 Addestramento P.N. (personale navigante) (simulatore di approaching and landing)

I dati provenienti dalle missioni effettuate sul simulatore verranno trasferiti tramite link o adeguato supporto (floppy disk, CD) e visualizzati dal programma con particolare attenzione ai parametri di volo ed alle condizioni meteo e di visibilità.

Le ricostruzioni di eventi interessanti l'area di Sicurezza Volo verranno utilizzate in formato AVI come materiale didattico per gli allievi in fase addestrativa o di recurrent training.

4 Sicurezza Volo

Il programma dovrà acquisire direttamente e decodificare i dati provenienti dal "Flight Data Recorder" dell'aeroplano. Il sistema dovrà essere compatibile con il programma FOQA e M-FOQA (Flight Operations Quality Assurance – Accident/Incident Investigation). Si precisa, inoltre, che le funzioni di "play-back" assistito in Augmented Reality si prestano alla realizzazione di un sistema di supporto alle ricostruzioni di incidenti.

Nel caso di analisi di eventi particolari dovuti alla presenza di turbolenze, la riproduzione grafica dei fenomeni atmosferici consentirebbe di confrontare da più punti di vista lo svolgimento di un'operazione di volo in condizioni standard con la stessa operazione eseguita in presenza di anomalie. Il valore del rapporto tra le due condizioni, computato in base alla misura di fattori in grado di determinare la qualità delle manovre di volo, fornirebbe un parametro di base per lo studio degli eventi legati alla sicurezza.

5 Human Factors

Per un inserimento del prodotto nella fase di de-briefing, questo dovrà disporre di una ulteriore interfaccia in grado di catturare immagini video e sincronizzarle con gli eventi registrati all'interno del simulatore. In questo modo si potrà rivedere l'interno del cockpit registrato dalla telecamera, l'esterno del velivolo con ricostruzione grafica 3D, la strumentazione richiesta (ND, PFD, VSI ...) ed i grafici relativi ai parametri del velivolo (velocità, % FLAP, N1, ...).

Durante la fase di registrazione dovrà essere possibile inserire dei marker che consentono facilmente di ritrovare punti critici e situazioni particolari.

In particolare si valuta la possibilità di inserire nello scenario altri aeromobili, o le comunicazioni terra-bordo-terra, le registrazioni vocali o l'integrazione con scenari ATC.

6 Possibili Estensioni

Il primo modulo aggiuntivo (estensione) riguarda l'applicazione di tecniche di e-learning e la conversione dell'applicazione da locale a web-based. Il secondo permetterebbe di aumentare il grado di interattività del modulo base corredandolo di funzioni avanzate per il dialogo diretto tra il pilota e l'applicazione

6.1 Interfaccia di simulazione grafica in rete

Il modulo di distance learning conferirebbe al modulo base il carattere di applicazione utilizzabile da una qualsiasi connessione internet. Successivamente dovrebbe essere installata sul PC remoto.

Infine sarebbe necessario scaricare, di volta in volta, i dati relativi ad ogni specifico aeroporto.

Mantenendo attive tutte le funzioni previste nel modulo base, bisognerebbe tenere conto dei seguenti requisiti:

possibilità di acquisire dati che misurino il feedback del grado di apprendimento duante la sessione di e-learning

possibilità di controllare la continuità della sessione di formazione(firma digitale o altro).

6.2 Interfaccia di simulazione grafica attiva

Mentre nel modulo base si assiste passivamente alla riproduzione di un volo sulla base di dati noti e precedentemente registrati, l'aggiunta di questo modulo permetterebbe all'utente di partecipare attivamente alla simulazione. In questo modo sarebbe possibile misurare effettivamente il rado di apprendimento e comprensione delle procedure e, dunque, l'affidabilità dell'interfaccia grafico descritto.

Dopo aver mostrato al pilota la procedura corretta il sistema permette di passare dalla modalità passiva alla modalità attiva. In questa modalità l'utente pilota l'aeromobile per mezzo di un joystick. L'applicazione di questa funzione comporta l'installazione di un modulo dinamico in grado di integrare le equazioni del moto dell'aeromobile.

Inoltre, l'applicazione di elementi grafici che permettono di confrontare i parametri di volo caratteristici della sessione di simulazione attiva con i parametri di volo della procedura esplicativa consentono di valutare il grado di memorizzazione della procedura/manovra di avvicinamento da parte del pilota.

7 Valore aggiunto e previous work

Il prototipo descritto nei paragrafi precedenti è stato ideato e progettato per soddisfare alcuni requisiti di funzionamento che non sono attualmente forniti dai programmi analoghi in commercio.

In primo luogo ci si propone di realizzare un prodotto *general purpose* basato sul concetto di riproduzione grafica di ciò che si è verificato durante una manovra e sulla sua integrazione con schemi di apprendimento intuitivo degli eventi. Come è stato indicato nei paragrafi 3, 4 e 5, dunque, esso potrebbe essere impiegato in tutte quelle situazioni lo studio delle quali richiede la ricostruzione grafica degli eventi. Mentre si è pensato, quindi, di implementare un cockpit generico che consenta di analizzare schematicamente le condizioni di volo, si è dato ampio spazio alla ricostruzione dell'ambiente circostante. Lo scenario circostante si compone della parte relativa alla geometria del terreno e degli edifici, per la quale è possibile ottenere diversi livelli di dettaglio in base ai dati disponibili, e la riproduzione delle condizioni di visibilità. La simulazione degli eventi atmosferici è stata inserita nel progetto al fine di fornire un valido ed efficiente strumento di analisi degli eventi. Dallo studio delle differenze tra un volo in condizioni standard e quelle realmente

verificatesi in presenza di turbolenze si possono fare valutazioni più accurate e verificare le ipotesi elaborate sull'accaduto. Per questo si è pensato di sviluppare una simbologia grafica che sia in grado di comunicare in maniera schematica ed intuitiva alcuni concetti relativi, ad esempio, alla distribuzione delle forze in gioco collegate alla presenza delle turbolenze stesse.