

Un applicativo GIS 3D specializzato per l'individuazione, la gestione e la rappresentazione di ostacoli alla navigazione aerea

Antonio Condorelli

GIS Design srl, Via Lorenzo Gemmellaro n°1, 95030 S.Agata Li Battiati (CT), Tel. 095 7254361
Fax 095 2246282, e-mail info@gisdesign.it, antonio.condorelli@gisdesign.it

Riassunto

La notevole evoluzione tecnologica che ha interessato negli ultimi anni i software GIS ha dato luogo a sviluppi di particolare interesse relativamente alla gestione ed all'analisi di dati tridimensionali. La disponibilità e la particolare efficacia di queste funzionalità 3D ha permesso l'implementazione di pacchetti applicativi specializzati orientati alla gestione di particolari tematiche operative i cui dati d'interesse devono necessariamente essere trattati ed analizzati, per propria natura ovvero per le finalità stesse cui è rivolta l'attività, con approccio tridimensionale.

È questo il caso dell'individuazione e della eventuale successiva gestione a livello territoriale di tutti gli elementi (edifici, alberi, pali, tralicci, antenne, etc.) che possano costituire un ostacolo alla navigazione aerea su un dato impianto aeroportuale: un ostacolo viene infatti individuato in funzione dell'eventuale sfioramento in quota rispetto ad alcune particolari superfici tridimensionali di vincolo, che vengono costruite secondo le vigenti normative internazionali ICAO con riferimento alle diverse piste aeroportuali.

Nella memoria, anche attraverso alcune esperienze maturate sul campo con riferimento ad un importante aeroporto italiano (Palermo), si presentano i principi fondamentali e le funzionalità primarie dell'applicativo ALBATROS, sviluppato come una estensione specialistica del software ArcGIS della ESRI, proprio per dare riscontro alle sopra descritte esigenze tipiche del gestore di impianti aeroportuali in materia di ostacoli alla navigazione.

Abstract

The great technological evolution of GIS software that happened during the last years, allows today to develop interesting applications about 3D data management and analysis. The availability and the great reliability of these 3D functionalities, allow to develop specialized applications about particular themes, which data have really to be managed and analyzed by 3D approach, because of the nature of data, or because of the activity purpose.

This is the case of identification and of geographical management of all the territorial elements (buildings, trees, poles, antennas, etc.) that could be obstacles for aeronautical navigation of an airport: an obstacle could be identified in function of its altitude compared to the altitude of particular 3D surfaces, that have been defined, according to ICAO international rules, referring to the different runways of airports.

In the paper, the main characteristics and functionalities of the specialized application "Albatros" are presented also by an experience in an important Italian airport (Palermo). The application has been developed as an extension of ArGIS from ESRI, just to create a reply to the typical need of airport infrastructures managers regarding the navigation obstacles.

La gestione degli ostacoli alla navigazione aerea: responsabilità, competenze e problematiche

Negli ultimi anni, l'individuazione e l'aggiornamento dei dati relativi agli ostacoli alla navigazione aerea sono divenute tematiche di importanza ed interesse sempre crescente per i gestori di impianti

aeroportuali, non solo a causa di una serie di innovazioni normative che affidano agli stessi maggiori competenze e responsabilità in materia, ma anche, probabilmente, per una più consolidata cultura della sicurezza che va via via diffondendosi in tutti i settori.

A tal proposito, le disposizioni normative conseguenti al D.Lgs. n°151 del 15/03/2006 hanno comportato, nell'ottica di uniformarsi ai regolamenti tecnici internazionali, una importante revisione della parte aeronautica del Codice della Navigazione, con significative innovazioni orientate al miglioramento della sicurezza in materia di ostacoli e di potenziali pericoli per i velivoli. Secondo tali disposizioni (art. 707, comma 1 del nuovo Codice), è necessario predisporre opportune mappe di vincolo per le aree limitrofe agli aeroporti da pubblicare e rendere esecutive, secondo una procedura a tale scopo messa a punto dall'Ente Nazionale Aviazione Civile (ENAC).

Come già avveniva a seguito del D. Lgs. n°96 del 09/05/2005, viene assegnata ad ogni gestore la piena responsabilità della sicurezza d'esercizio delle proprie infrastrutture aeroportuali ed, in tal senso, una delle più importanti attività previste è il continuo monitoraggio dello stato di efficienza dei dispositivi di segnalazione (diurni e notturni) di tutti gli ostacoli alla navigazione aerea, sia interni che esterni al sedime aeroportuale di riferimento. Per ostacolo si intende, secondo la definizione fornita dalla normativa, un qualsiasi oggetto fisso (temporaneo o permanente) o mobile, o parte di esso, situato su di un'area destinata al movimento in superficie di aeromobili o che si estenda al di sopra di (ovvero che fori) una delle specifiche superfici di delimitazione destinate a proteggere gli aeromobili in volo; in altri termini, un qualsiasi elemento territoriale (un edificio, un traliccio, un palo della pubblica illuminazione, un'antenna, un albero, una gru, etc.) può rappresentare, per via della propria collocazione rispetto alle superfici di delimitazione e della propria quota, un ostacolo alla navigazione aerea.

È dunque evidente che, considerato anche il dinamismo con cui il territorio viene continuamente trasformato, ai fini dell'individuazione di nuovi potenziali ostacoli e del monitoraggio degli esistenti assume una particolare importanza acquisire da una parte una accurata conoscenza (planimetrica ed altimetrica) delle superfici di delimitazione e degli elementi territoriali d'interesse, dall'altra disporre di adeguati strumenti efficaci per effettuare tutte le valutazioni necessarie in modo affidabile, semplice e veloce.

Per quanto riguarda le superfici di delimitazione, la normativa vigente ne prevede numerose tipologie, ciascuna finalizzata a garantire la sicurezza degli aeromobili in determinate condizioni o durante l'esecuzione di particolari manovre; per ogni area aeroportuale esse vengono definite in funzione delle caratteristiche geometriche e di classificazione di ogni pista ed in relazione alla tipologia di operazioni conducibili da parte degli aeromobili. Si osservi, inoltre, che alcune delle superfici hanno sviluppi planimetrici di notevoli dimensioni (anche di 10-15 km rispetto alla fine delle piste), per cui la zona territoriale da monitorare è piuttosto ampia e relativamente "lontana" dalle infrastrutture; per una migliore comprensione della conformazione morfologica delle superfici e della conseguente area territoriale interessata, si osservino le figure 1 e 2 e si prenda in considerazione l'elenco seguente, in cui sono state riportate le caratteristiche geometriche più importanti di ciascuna tipologia e, in particolare:

- TOCS (Take Off Climb Surface), ovvero la superficie di salita al decollo (in azzurro in figura). E' costituita da un piano inclinato con origine oltre la fine della pista, che assume la forma planimetrica di una sorta di trapezio isoscele seguito da un rettangolo i cui profili longitudinali crescono con pendenza costante (2% o 4%) allontanandosi dalla pista. Lo sviluppo planimetrico della TOCS, in funzione del tipo di pista, può essere anche notevole (anche 15000 m). Se è prevista la possibilità di decollare in entrambe le direzioni, la TOCS, evidentemente, va definita da entrambi i lati della pista.
- AS (Approach Surface), ovvero la superficie di avvicinamento (in rosso in figura). E' costituita da un piano inclinato con origine oltre la soglia della pista, che assume la forma planimetrica di un trapezio isoscele. Il profilo longitudinale è suddiviso in tre diverse zone di cui la seconda ha pendenza superiore alla prima (ad esempio 2,5% e 2%) e la terza zona è

invece orizzontale. Anche in questo caso, lo sviluppo planimetrico della AS, in funzione del tipo di pista, può essere anche notevole (anche 15000 m). Se è prevista la possibilità di atterrare in entrambe le direzioni, la AS, evidentemente, va definita da entrambi i lati della pista. Ha lo scopo di proteggere la traiettoria di avvicinamento.

- TS (Transitional Surface), ovvero la superficie di transazione (evidenziata in verde in figura). Ha la forma di un tronco di piramide rovescia irregolare, con base sui limiti interni della AS e sui bordi della runway strip, ovvero una striscia solitamente ampia 300 m a cavallo dell'asse della pista. Da questa base la TS diverge verso l'esterno con pendenza ben definita rispetto alla verticale (14,3% o 20%) lungo i bordi della strip e seguendo invece il profilo della AS sugli altri due lati, fino ad incontrare la IHS. Eventuali ostacoli che forino la TS vanno tassativamente rimossi, a meno che non si tratti di elementi di aiuto alla navigazione, caratterizzati dei necessari requisiti di frangibilità. Ha lo scopo di proteggere un aeromobile che sorvoli la pista spostato lateralmente.
- IHS (Inner Horizontal Surface), ovvero la superficie orizzontale interna (evidenziata in azzurro chiaro in figura). E' una superficie orizzontale che si genera ad una distanza ben definita (nell'esempio a + 45 m) a partire dal più basso dei due punti di fine pista. A questa quota è necessario generare due circonferenze di raggio definito (nell'esempio 4000 m) e collegarle reciprocamente con due segmenti tangenti.
- CS (Conical Surface), ovvero la superficie conica (evidenziata in arancio in figura). E' una superficie tronco-conica rovescia che, avendo per base la IHS, diverge verso l'esterno e verso l'alto con pendenza costante pari al 5% fino ad incontrare la OHS.
- OHS (Outer Horizontal Surface), ovvero la superficie orizzontale esterna (evidenziata in arancio scuro in figura). E' una superficie orizzontale circolare con raggio ben definito (nell'esempio pari a 15000 m) generata a partire dal punto di riferimento dell'intera aerea aeroportuale (ARP, Airport Reference Point), ad una quota ben definita riferita alla IHS (nell'esempio a + 100 m).

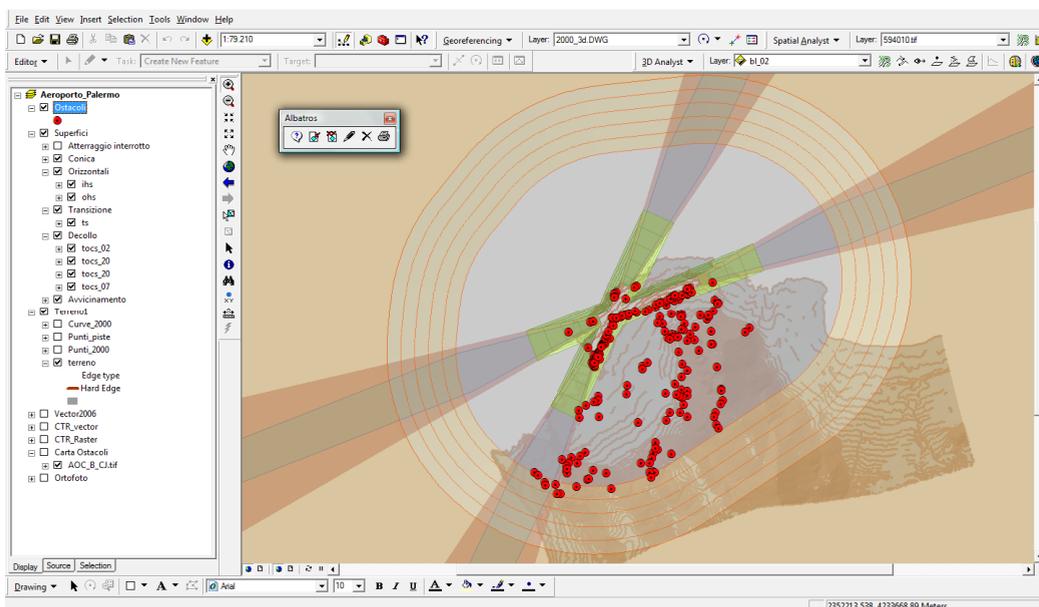


Figura 1 – Inquadramento planimetrico delle superfici di delimitazione dagli ostacoli dell'aeroporto di Palermo in ArcMAP; si noti l'integrazione nell'interfaccia grafica della toolbar dell'estensione specialistica ALBATROS.

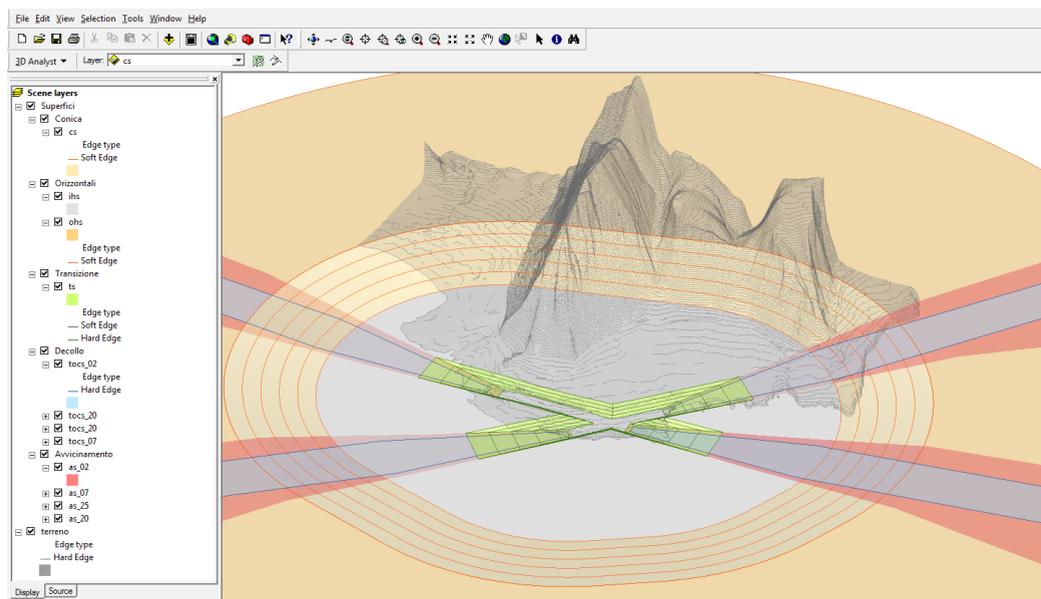


Figura 2 – Rappresentazione tridimensionale delle superfici di delimitazione dagli ostacoli dell'aeroporto di Palermo ottenuta mediante l'applicazione Arcscene del 3D Analyst di ArcGIS (N.B.: le quote sono state moltiplicate per 5).

Le superfici sopra descritte rappresentano dunque, nel loro insieme, lo strumento normativo di delimitazione dello spazio aereo che, per ciascun impianto aeroportuale, non dovrebbe mai essere sfiorato in quota da nessun elemento territoriale, al fine di garantire la massima sicurezza all'esercizio dei velivoli. Evidentemente, non è sempre possibile rimuovere gli eventuali ostacoli presenti ed, a tal fine, la normativa presenta differenti livelli di "tolleranza" in funzione della tipologia della superficie forata (ovvero, in funzione della vicinanza e dell'orientamento rispetto all'asse della pista): in molti casi è sufficiente predisporre opportuni impianti di segnalazione diurni e notturni, mentre il ricorso alla rimozione è indispensabile solo nei casi di maggiore rischio per le operazioni.

Si osservi, inoltre, che le competenze e le responsabilità nella classificazione come ostacolo alla navigazione aerea di un qualsiasi elemento che fori una superficie sono interamente ed esclusivamente affidate all'ENAC e che tale processo viene concluso "istituzionalmente" con l'inserimento nelle cosiddette "carte ostacoli", che vengono periodicamente pubblicate ed aggiornate dall'ENAV (Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo). Sul piano delle competenze così come previsto dalle norme, le responsabilità del gestore aeroportuale si "limitano" dunque esclusivamente al monitoraggio dello stato ed al mantenimento in efficienza dei dispositivi di segnalazione degli ostacoli già noti (ovvero inseriti nelle carte "ostacoli" dell'ENAV), ma, nella pratica, la piena responsabilità della sicurezza di esercizio dell'impianto conferita allo stesso gestore e la grande importanza che assumono in tal senso i dati relativi agli ostacoli, "costringono" a predisporre continue e frequenti campagne di rilevamento che, spesso, vanno ben oltre gli specifici compiti istituzionali, ponendo anche numerose problematiche dal punto di vista economico, di programmazione, gestione e coordinamento, oltre che metodologico.

In dettaglio, dal punto di vista economico è piuttosto evidente il notevole onere cui si trovano a dover far fronte i gestori, tenendo in considerazione non solo la rilevante estensione delle aree da monitorare (solitamente nell'ordine di grandezza delle migliaia di ettari) e l'esigenza di reiterare le attività con certa frequenza, ma anche la particolare eterogeneità degli elementi da rilevare (edifici,

antenne, tralici, pali, alberi, etc.) ed il livello di accuratezza richiesto dalle norme per il posizionamento plano-altimetrico che, in alcune zone, richiede una certa precisione (si prevede un errore quadratico medio planimetrico e altimetrico pari a 0.5 m per la TOCS, la AS, la TS, e di 5 m al punto di vista planimetrico e 3 m dal punto di vista altimetrico per la IHS, la CS e la OHS).

Si pone, inoltre, una rilevante problematica di coordinamento tra diversi enti competenti, nell'ambito della quale, a dire il vero, l'ENAC ha tentato, negli ultimi anni di mettere ordine, con numerosi regolamenti e circolari (oltre che con un'azione diffusa sul territorio), ma senza ancora raggiungere, a parere di chi scrive, i risultati attesi. Le procedure messe in atto a tal fine dall'ENAC consistono, in sostanza, nella promozione di uno stretto coordinamento tra lo stesso ENAC, le Amministrazioni Comunali (competenti al rilascio di autorizzazioni e concessioni edilizie) il cui territorio sia interessato dalle superfici di delimitazione dagli ostacoli, ed il gestore aeroportuale, in modo da essere nelle condizioni di poter valutare preventivamente la compatibilità aeronautica di un qualsiasi progetto da realizzare. A regime, l'obiettivo è quello di fare in modo che gli enti locali interessati recepiscano nei propri strumenti urbanistici una nuova tipologia di vincolistica (sulle elevazioni edificabili) che scaturisce sul territorio dalla presenza dalle superfici di delimitazione dagli ostacoli, nonché alcune limitazioni alle attività (che potrebbero provocare pericoli per la navigazione aerea) indicate nei piani di rischio aeroportuali.

Infine, è evidente che si pone anche una rilevante problematica metodologica, legata alla gestione della grande quantità di dati ed informazioni territoriali che vengono periodicamente rilevate e/o aggiornate: da questo punto di vista, le tecnologie ormai mature disponibili nel settore della geomatica suggeriscono certamente che la soluzione più opportuna ed economicamente vantaggiosa (specialmente se valutata nel lungo periodo) sia proprio l'implementazione di un sistema informativo territoriale specializzato sulla gestione dei dati di interesse aeroportuale. Recentemente (settembre 2009), a tal fine, l'ENAC ha pubblicato un bando di gara (con esito ad aprile 2011) finalizzato proprio alla realizzazione di un simile sistema (denominato SISTRA, SiStema TeRRitoriale degli Aeroporti) che è attualmente in fase di realizzazione e che dovrebbe raccogliere ed organizzare in un'unica base di dati a livello nazionale le informazioni d'interesse di tutti gli aeroporti creando, tra l'altro, una rete di comunicazione ed interscambio dati diretta tra ENAC ed i singoli gestori aeroportuali.

Tuttavia, anche quando sarà stato completato e messo in esercizio il SISTRA, rimarranno ancora irrisolte per i gestori aeroportuali alcune delle problematiche sopra descritte, in quanto sembra che il progetto attualmente in fase di sviluppo non preveda la creazione di specifiche funzionalità per la gestione e l'individuazione degli ostacoli in modo da poter effettuare rapidamente verifiche e valutazioni.

Da quanto sinora esposto emerge dunque un quadro complessivo per il gestore aeroportuale già di per sé piuttosto delicato sul piano delle responsabilità e delle competenze oltre che significativamente oneroso sul piano economico, aggravato inoltre dalla attuale mancanza di adeguati strumenti specialistici che consentano di gestire le problematiche descritte in maniera più semplice e produttiva.

In un simile contesto si collocano dunque le motivazioni che hanno dato luogo allo sviluppo del software specialistico Albatros, le cui funzionalità principali verranno presentate più estesamente nel paragrafo successivo e che nasce con l'obiettivo di fornire un adeguato riscontro applicativo alle esigenze tipiche del gestore aeroportuale che intenda dotarsi di uno strumento tecnologicamente avanzato ma, al tempo stesso, facilmente accessibile per gestire in un unico ambiente tutti i dati e le attività d'interesse in materia di ostacoli alla navigazione aerea.

Caratteristiche e funzionalità fondamentali del software ALBATROS

L'insieme delle funzionalità connesse alla gestione ed alle modalità di rappresentazione di entità di tipo tridimensionale sono state negli ultimi anni oggetto di notevoli sviluppi, che consentono oggi di progettare e realizzare sistemi informativi territoriali specializzati su tematiche innovative,

superando definitivamente il “classico” approccio bidimensionale “ereditato” dalla cartografia tradizionale.

L'applicativo che in questa sede si presenta assume pieno significato in relazione agli obiettivi fissati anche grazie ad alcune di queste funzionalità, che permettono oggi di proporre un software GIS come un utile strumento di gestione e monitoraggio degli ostacoli alla navigazione aerea di una aerea aeroportuale.

Il software Albatros, acronimo di Airport Limitation of oBject Altitude: Topographic Recognition of Obstacle System, è un applicativo GIS specializzato per la gestione e l'analisi di dati spaziali di tipico interesse aeroportuale, con particolare riferimento a tutti gli elementi territoriali che possano costituire ostacolo alla navigazione aerea (edifici, tralicci, pali, alberi, antenne, etc.) archiviandone la posizione geografica su una cartografia di base e tutti gli elementi informativi e descrittivi d'interesse (caratteristiche geometriche, anagrafiche dei responsabili, fotografie, ecc.).

Il software è stato sviluppato con tecnologia Microsoft™ Visual Basic™ e si configura come una estensione del software GIS di grande diffusione ArcGIS™, prodotto da ESRI™, di cui necessita per il proprio funzionamento. In particolare, Albatros si integra perfettamente nell'ambiente ESRI™ ArcMAP™, configurandosi come una toolbar dell'interfaccia grafica, che aggiunge nuove funzionalità specializzate per la gestione degli ostacoli alla navigazione aerea a quelle di base del programma.

Attraverso l'interfaccia grafica, il software permette di inserire e/o modificare elementi d'interesse ed i relativi dati d'attributo attraverso semplici maschere d'interfaccia, in cui le differenti opzioni sono state configurate in modo da essere il più possibile “guidate”.

Relativamente ai dati di attributo, il programma opera su un database configurato per gestire tutti i dati tipici d'interesse per la gestione degli ostacoli alla navigazione aerea, ed in particolare, per ciascun elemento:

- Descrizione, classificazione (secondo legenda ENAV) e codice identificativo;
- Anagrafica di riferimento del responsabile (Nome, Cognome, Telefono, Indirizzo, località);
- Posizionamento altimetrico (quota del terreno, elevazione dell'ostacolo dal terreno, entità dell'infrazione, elenco superfici forate e valutazione del singolo scarto);
- Posizionamento planimetrico (coordinate EST e NORD nei Sistemi di riferimento maggiormente utilizzati, ovvero Gauss Boaga, UTM e WGS84);
- Dispositivi di segnalazione (presenza e stato dei dispositivi di segnalazione diurni e notturni, data dell'ultimo monitoraggio e dell'ultimo intervento, ubicazione in circling area o in zona d'ombra, note);
- Documentazione fotografica da allegare.

Una volta configurato, il software è inoltre in grado di interagire con i modelli digitali del terreno e delle superfici di delimitazione specificati, i quali possono essere costruiti, mediante le funzionalità del GIS, mediante strutture TIN (a maglie triangolari irregolari) o GRID (a maglie quadrate regolari). Questa interazione con il dato altimetrico dei modelli del terreno e delle superfici rappresenta, probabilmente, l'aspetto più interessante ed innovativo del software, grazie al quale è possibile immediatamente verificare e quantificare l'eventuale sfioramento in quota di un nuovo elemento (caratterizzato dalla propria elevazione dal suolo).

In altri termini, Albatros non si limita a gestire l'esistente (ovvero gli elementi territoriali già identificati come ostacoli), ma, attraverso alcune procedure di calcolo che operano in relazione a modelli digitali del terreno e modelli digitali delle superfici di delimitazione, è in grado di valutare se nuovi elementi che si intendono realizzare (o collocare temporaneamente) in prossimità dell'area aeroportuale, sfiorino o meno i limiti in quota fissati e, in questo caso, di quantificare l'entità dell'infrazione, identificando anche la superficie violata. Evidentemente, la qualità e l'affidabilità dei risultati è direttamente correlata alla precisione dei modelli di riferimento utilizzati per il terreno e per le superfici.

Albatros - Informazioni sull'ostacolo

Aeroporto di XXX Informazioni su Albatros...

1 - Ostacolo 2 - Segnalaz. e illuminaz. 3 - Documentazione fotografica

Anagrafica ostacolo

Codice: 30 Classif. ENAV: Albero o arbusto - Gruppo di alberi

Descrizione: Albero Data censimento: / /

Anagrafica di riferimento

Responsabile: Tel.:

Località: Indirizzo:

Posizionamento altimetrico

Quota del terreno (m): 16,23

Elevaz. ostacolo da terr. (m): 4,68

Quota sommità ostacolo (m): 20,91

Entità dell'infrazione (m): -2,39

Pendenza congiungente (%): 20,82

Superficie forata più vincol.: ts

Livello di accuratezza: 2000

Posizionamento planimetrico

Coord. EST Gauss Boaga (m): 2.353.226,250

Coord. NORD Gauss Boaga (m): 4.227.023,185

Coord. EST UTM WGS84 (m): 333.231,178

Coord. NORD UTM WGS84 (m): 4.227.024,625

Longitudine WGS84: 13,054580

Latitudine WGS84: 38,103259

Superfici interessate... Stampa... Chiudi

Albatros - Informazioni sull'ostacolo

Aeroporto di XXX Informazioni su Albatros...

1 - Ostacolo 2 - Segnalaz. e illuminaz. 3 - Documentazione fotografica



Superfici interessate... Stampa... Chiudi

Albatros - Informazioni sull'ostacolo

Aeroporto di XXX Informazioni su Albatros...

1 - Ostacolo 2 - Segnalaz. e illuminaz. 3 - Documentazione fotografica

Dispositivi di segnalazione e illuminazione

Presenza di dispositivi di segn. e illum. diurni Stato:

Presenza di dispositivi di segn. e illum. notturni Stato:

Data ultimo monitoraggio: / / Data ultimo intervento: / /

Operatore ultimo monitoraggio:

Operatore ultimo intervento:

Ubicazione in circling area

Ubicazione in zona d'ombra

Note:

Superfici interessate... Stampa... Chiudi

Figura 3 – Maschere d'interfaccia del software ALBATROS.

Per quanto riguarda le funzionalità tipiche della rappresentazione (realizzazione di cartografia tematica) e di interrogazione dei dati, Albatros si appoggia all'efficiente e collaudato "motore" di ArcGIS, mentre è stata implementata una specifica funzionalità di stampa di report personalizzabili. Benché non sia strettamente indispensabile per il funzionamento del programma, la presenza dell'estensione 3D Analyst™ di ArcGIS™ è utile, in quanto consente anche di visualizzare i dati degli ostacoli, delle superfici di delimitazione e del modello del terreno, mediante una efficace rappresentazione tridimensionale, che si aggiunge a quella "classica" planimetrica di ArcMAP™.

Conclusioni

Nel lavoro sono state in primo luogo presentate ed analizzate alcune delle principali problematiche che caratterizzano le tipiche attività di competenza dei gestori aeroportuali in materia di ostacoli alla navigazione aerea, tematica di fondamentale importanza per la sicurezza d'esercizio degli impianti. Dopo una rapida disamina delle differenti responsabilità stabilite dalla normativa vigente, sono state messe in evidenza le principali criticità, con particolare riferimento agli oneri economici da sostenere per le necessarie campagne di monitoraggio, alla forte esigenza di un efficace coordinamento tra i diversi soggetti che intervengono, ed all'approccio metodologico ed applicativo da adottare al fine di migliorare l'efficienza e la produttività dei procedimenti attualmente utilizzati. In conclusione, sono state presentate le caratteristiche e le funzionalità fondamentali dell'applicativo specialistico Albatros, che rappresenta un utile strumento per gestire con efficacia ed immediatezza in ambiente GIS le più tipiche problematiche di gestione ed analisi degli ostacoli alla navigazione aerea, con interessanti vantaggi operativi (soprattutto in termini di semplicità d'uso e di produttività) non solo per i gestori aeroportuali, ma anche per le Amministrazioni comunali il cui territorio sia direttamente interessato da superfici di delimitazione. Il software infatti consente non solo di gestire tutti i dati d'interesse mediante apposite maschere d'interfaccia semplificate, ma permette, grazie all'interazione con modelli tridimensionali del terreno e delle superfici di delimitazione, di effettuare facilmente valutazioni su nuovi possibili elementi che possano rappresentare ostacolo, determinando anche l'eventuale entità dello sforamento in quota rispetto alla superficie coinvolta.

Riferimenti bibliografici

- Colombrita F., Condorelli A., Guarrera G. (2005), "Rilevamento e rappresentazione in un GIS 3D degli ostacoli alla navigazione aerea" – VIII Conferenza Italiana Utenti ESRI – Roma, Aprile 2005
- Colombrita F., Condorelli A., Guarrera G. (2005), "Un sistema informativo territoriale 3D degli ostacoli alla navigazione aerea" – Rivista GEOmedia n°5/2005, pp.6-11, ISSN: 1128-8132,
- ENAC - Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli Aeroporti, Ed.2., emendamento 6, luglio 2011
- ENAV - Manuale AIS, Servizio Informazioni Aeronautiche, Emendamento 1.2004
- D.Lgs.15/03/2006, n°151 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 9 maggio 2005 n°96, recante la revisione della parte aeronautica del codice della navigazione" - Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006
- D. Lgs. 09/05/2005, n. 96 – "Revisione della parte aeronautica del codice della navigazione, a norma dell'articolo 2 della legge 9 novembre 2004, n. 265" - Gazzetta Ufficiale n. 131 del 8 giugno 2005 - Supplemento Ordinario n. 106
- L. 09/11/2004 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 settembre 2004, n. 237, recante interventi urgenti nel settore dell'aviazione civile. Delega al Governo per l'emanazione di disposizioni correttive ed integrative del codice della navigazione" - Gazzetta Ufficiale n. 264 del 10 novembre 2004
- ICAO - Annex 14, Fifth Edition July 2009