



Sándor Tamás¹ – Orosz László²

MAGASSÁGI AKADÁLY-ADATBÁZISOK KIALAKÍTÁSA A HM TÉRKÉPÉSZETI KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT. FELMÉRŐ OSZTÁLYÁN³

A HM Térképészeti Közhasznú Nonprofit Kft. Felmérő osztályán 2010 óta foglalkozunk magassági akadály-adatbázisok kialakításával. Munkánk során felhasználjuk a földi felmérésekből, klasszikus földmérési módszerekkel előállított adatokat, valamint fotogrammetriai módszerekkel előállított, távérzékelésből származó adatokat. Feladatunk, hogy az előállított adatokból olyan szabványos digitális adatbázist alakítsunk ki, amelyet a megrendelőink integrálni tudnak saját rendszerükbe. Az előadás célja, hogy bemutassa a folyamatot és módszereket két darab katonai repülőtér esetében valamint egy, az egész országot lefedő, már elkészített adatbázis példáján. Továbbá, hogy bemutassa az adatbázis-kialakítás technológiájának jövőbeli lehetőségeit.

CREATING OBSTACLE DATABASES AT THE SURVEYOR DEPARTMENT IN THE MAPPING COMPANY OF THE HUNGARIAN MINISTRY OF DEFENCE

The Mapping Company Of The Hungarian Ministry Of Defence (MoD) has been creating eTOD⁴ since 2010. In the course of the database creation process we employ data which were collected by the colleagues of the Surveyor Department who applied the commonly used land surveying methods for the data collection. Also we employed photogrammetric methods and remote sensing procedures to collect source data. Our purpose was to make standard digital databases which could be easily integrated into the customers' own systems. We would like to present our workflow of making the eTOD for two military airfield and a country-wide system.

AKADÁLY-ADATBÁZISOK KIALAKÍTÁSÁNAK CÉLJA

A légiforgalom – és így a légiforgalomhoz kapcsolódó földi műveletek – növekedése megköveteli, hogy a légiforgalmi irányító új technológiákat tudjon alkalmazni, fel tudja használni a legújabb, digitális technika által biztosított módszereket, eredményeket és annak előnyeit is munkája során. Emellett igény jelentkezett arra is, hogy az egyes – a repülés biztonságával foglalkozó szervezetek vagy akár a repülőtereket üzemeltető cégek a légiforgalmi előterekre vonatkozó információkat megosszák egymással, mégpedig széleskörűen elfogadott és támogatott formai követelményeknek megfelelően. Mindezek mellett a nagy mennyiségű adat előállításában és kezelésében egyre komolyabb igény merült fel az automatizációra, lehetőség szerint minimálisra csökkentve az emberi beavatkozást a folyamat során.

A digitális akadály- és terepadatok felhasználhatóak többek között műszeres repülés körözéses,

¹ HM Térképészeti Közhasznú Nonprofit KFT, Felmérő osztály, Fotogrammetriai Alosztály, sandor.tamas@topomap.hu

² HM Térképészeti Közhasznú Nonprofit KFT, Felmérő Osztály, Topogeodéziai Alosztály, felmero@topomap.hu

³ Lektorálta: Dr. Bottyán Zsolt, egyetemi docens, Nemzeti Közszerződési Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, bottyan.zsolt@uni-nke.hu

⁴ eTOD: Electronic Terrain And Obstacle Database – Elektronikus Terep- és Akadály-adatbázis

kényszerhelyzeti, ún. Drift-down vagy akár „kényszerleszállás útvonalon” eljárások kialakításában vagy légiforgalmi térképek készítéséhez, fedélzeti adatbázisok kialakításához. Ezek mellett segítheti az akadálykorlát- és eltávolítás tervezését és végrehajtását a különböző repülőtereken.

A digitális akadályadatok legnagyobb előnye a repülőtér-üzemeltető támogatása az akadályok figyelemmel kísérésében. Mivel egy repülőtér biztonságát és hatékonyságát komolyan befolyásolhatják a felszállási vagy megközelítési területhez közel található akadályok, ha az elektronikus adatok használatával az értékelés folyamata hatékonyabbá tehető, az végső soron a repülőterek üzemeltetésének hatékonyságát növeli. [10]

Az, hogy mit is tekintünk akadálynak nem teljesen egyértelmű. Az „akadály” kifejezés jelenlegi alkalmazásai bizonyos értelemben rámutatnak arra a problémára, hogy nehéz egyetlen, mindent átfogó meghatározás megadása:

Akadálynak minősül minden mozdulatlan (ideiglenes vagy állandó) és mozgó tárgy vagy annak részei, amely:

- a légi járművek földi mozgására kijelölt területen található; vagy
- egy, a légi járművek repülés közbeni védelmére kijelölt felület fölé emelkedik; vagy
- ezen meghatározott felületeken kívül helyezkedik el, azonban úgy állapítják meg, hogy veszélyt jelent a léginavigációra.

Ez a meghatározás azon a szükséges alapon alapul, hogy a légi járműveket meg kell védeni a léginavigáció során, azaz az akadály egy olyan objektum, amely potenciális hatással bírhat a légi jármű-műveletekre.

A munkánk során megkülönböztettünk mesterséges és természetes akadályokat, valamint a terepakadályokat.

Akadály: Mindazon ideiglenesen vagy állandóan rögzített, vagy mozgatható objektum vagy annak akár egy része, amely olyan területen helyezkedik el, ahol a légi közlekedési eszközök földi mozgása történik; továbbá minden olyan objektum, amely azon sík fölé nyúlik, amelyet a légi járművek biztonságos repülése érdekében határoztak meg; valamint azok az objektumok, amelyek a fent említett felületeken kívül esnek, de a légi navigációra veszélyt jelentenek.

Terep: A földfelszín azon része, amely természetes állapotában tartalmazza a hegyeket, dombokat, hegyláncokat, völgyeket, vízfelületeket, az állandóan hóval vagy jéggel borított területeket, a mesterséges akadályok kivételével.

Elektronikus terep- és akadályadatok halmazainak lefedett területeit az alábbiak szerint kell meghatározni:

- 1. Terület: a Tagállam teljes területe;
- 2. Terület: a repülőtér közelében, az alábbiak szerinti további bontásban;
 - 2a Terület: Egy téglalap alakú terület a futópálya körül, amely a futópálya sávból, és – amennyiben létezik – az akadálymentes területből áll;
 - 2b Terület: A 2a Terület széleitől a felszállás irányában 10 km hossza elnyúló terület, amely mindkét oldalra 15% mértékben szélesedik; valamint
 - 2c Terület: A 2a és 2b Területen kívül, a 2a Terület széleitől legfeljebb 10 km távolságra kinyúló terület; valamint

- 2d Terület: A 2a, 2b és 2c Területen kívül eső terület, amely a repülőtér vonatkozási pontjától számított 45 km távolságig, vagy a létező TMA⁵ határig tart, amelyik közelebb esik;
- 3. Terület: A repülőtér mozgási területét határoló terület, amely vízszintesen a futópálya középvonalától számított 90 m, illetve a mozgási terület egyéb részeinek szélétől számított 50 m távolságig húzódik.
- 4. Terület: II. vagy III. kategóriás precíziós megközelítési eljárással rendelkező futópálya küszöb előtt 900 m távolságban kezdődő, a meghosszabbított futópálya középvonal két oldalán 60 m távolságban, a megközelítés irányában elnyúló terület. [10]

ADATBÁZISAINK

A HM Térképészeti Közhasznú Nonprofit Kft. Felmérő osztályán 2010. óta foglalkozunk a magassági akadály-adatbázisok kialakításával. Kettő katonai repülőtér – MH Pápa Bázisrepülőtér, MH Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis Kecskemét – területére készültek el ezek az adatbázisok, amelyeket a Magyar Honvédség Légivezetési és Irányítási Központ (Továbbiakban: MH LVIK) rendelt meg a cégünktől. Valamint – az egész országot lefedő – 60 méternél magasabb objektumokat tartalmazó magassági adatbázisunkat aktualizáltuk, amelyet a HungaroControl ZRt. rendelt meg a cégünktől.

ALAPANYAGOK

A munkáink során felhasználtunk raszteres és vektoros adatokat is, melyek különféle adatforrásokból származtak, részben már meglévő adatokat, részben pedig az általunk újonnan létrehozott adatokat használtuk fel. Az adatok előállítása részben klasszikus földmérési eljárásokkal, részben fotogrammetriai eljárásokkal történt. Feldolgozásuk térinformatikai rendszerekben történt.

Vektor: Olyan koordináta-értékeken alapuló adatmodell, amelyben földrajzi elemeket – amelyek lehetnek pontszerűek, vonalasak vagy felületszerűek – jelenítünk meg. Minden pontszerű földrajzi elem jellemezhető egy koordináta számpárossal (magassági adatok ismeretében koordináta-számhármassal). A vonalas és felületszerű földrajzi elemek pedig az egyes töréspontok koordináta-értékeinek rendezett listában való felsorolásával és a köztük lévő térbeli kapcsolatokkal jellemezhetőek. Az egyes földrajzi elemekhez kapcsolódhatnak egyéb leíró adatok, amelyeket összefoglalóan attribútumoknak nevezünk.

Raszter: Olyan térbeli adatmodell, amelyben a teret oszlopokba és sorokba rendezett, azonos méretű cellák (pixelek) tömbjével lehet definiálni. A raszterek egy vagy több sávból állhatnak. Minden egyes cella tartalmaz egy értéket, valamint azt a koordináta-párt, ami a cella középpontját jeleníti meg a térben. Cellák azon csoportja, amelyeket azonos értékűek, azonos típusú földrajzi elemet jelenítenek meg.

A következő alapanyagokat használtuk fel munkáink során: a HM Térképészeti NKft. Felmérő osztálya által földi felmérési módszerekkel felmért, nagy pontosságú, 1:500 méretarányú

⁵ TMA: Terminal Manoeuvring Area – Közelkörzeti Irányító Körzet



digitális térképi adatbázist. Ebben a mesterséges objektumokra vonatkozó pontossági előírásoknak megfelelően cm pontossággal kerültek bemérésre és ábrázolásra az objektumok. A Veszprém Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Erdészeti Igazgatóság (Továbbiakban: Erd. Ig.) munkatársaitól megkaptuk a kívánt területre vonatkozó famagasság-adatokat. A cég által korábban elkészített 25 méteres és 60 méteres magassági akadály-adatbázisok, amiket rendszeresen időközönként helyszínelve karbantart, aktualizál a cég. Ezen kívül rendelkezésünkre áll az egész országot lefedő digitális domborzatmodell, amelynek terepi felbontása 10 méter. A kecskeméti repülőtér közvetlen környezetére cégünk elkészített egy 2 méteres terepi felbontású digitális felületmodellt, amelynek az alapanyagául szolgáló légifelvételeket a cégünk Felmérő Osztályának Légifényképész Alosztálya készítette.

MÓDSZEREK ÉS ELJÁRÁSOK

A magassági akadályok méréseknél a földi mérések alkalmazása igen idő- és költségigényes folyamat. Automatizálása nem oldható meg, a bemérés eredménye nagyban függ az azt végző felmérők felkészítésétől és tapasztalatától. Ezen okok miatt hatékonyság növelése érdekében törekszünk arra, hogy a lehető legnagyobb területet fotogrammetriai módszerekkel értékeljük ki és minimalizáljuk a földi mérések mennyiségét.

Ugyanakkor a futópálya közeli területeken Area 4, Area 3, és az Area 2 bizonyos részein a numerikus mérési követelmények miatt szükséges a földi mérések alkalmazása, mivel tisztán fotogrammetriai módszerekkel a kívánt pontosságot nem tudjuk elérni.

Egy másik fontos érv a földi mérések szükségessége mellett, hogy fotogrammetriai módszerekkel a pontszerű objektumok, különösen a kis alapfelületi kiterjedésű objektumok kiértékelése a legtöbb esetben nem lehetséges, vagy magasságuk nem határozható meg kellő pontossággal és megbízhatósággal.

Földi mérési módszerek alatt értjük azokat a geodéziai műszerekkel (mérőállomás, GPS⁶, lézertáv mérő, lejtzőgmérő) terepen végzett méréseket, amelyek célja az akadálysíkot veszélyeztető (azt megközelítő illetve átdöfő) objektumok földrajzi koordinátáinak és magassági adatainak meghatározása.

Ezek a mérések irányulhatnak annak ellenőrzésére, hogy az adott objektum ténylegesen akadályt képez, tehát átdöfi-e az adott ponton érvényes akadálysíkot. Illetve jelentheti az objektum teljes bemérését, amennyiben bizonyos, hogy a repülés biztonsága szempontjából akadályt képez. Ilyenkor meg kell határozni az akadályt jelentő objektum síkrajzi koordinátáit, legfelső pontjának magasságát egy referencia tengerszint felett, valamint legfelső pontjának magasságát a helyi átlagos talajszint felett (relatív magasság).

⁶ GPS: Global Positioning System – Globális Helymeghatározó Rendszer



ESZKÖZÖK

Ellenőrző földi mérések eszközei: Kézi távmérő, Lejtszögmérő

Szabatos földi mérések eszközei: Geodéziai GPS, Mérőállomás

A földi mérések végzésénél az irodai előkészítés szerepe igen fontos, mivel a felmérő általános esetben a terepen nem tudja eldönteni, hogy az adott objektum akadályt képez-e vagy sem. Vegyük figyelembe, hogy annak meghatározása, hogy egy természetes vagy mesterséges tárgy átdöfi-e az akadálysíkot, az több tényezőtől függ. Ezek: a tárgy magassága a talajszint felett, a talajszint magassága adott pontban a tengerszint felett, az akadálysík magassága az adott pontban a tengerszint felett. Mivel ezek pontról-pontra folyamatosan változó értékek, ezért a felmérő ezen adatok ismeretének hiányában egy adott helyen nem tudja eldönteni, hogy például egy fát meg kell-e mérni, mert az átdöfi az akadálysíkot vagy sem.

Ezért a tényleges terepi mérések számát jelentősen csökkentheti, ha előzetesen készítünk egy szintvonalas térképet, amely ábrázolja a terepszint és az akadálysík magasságának különbségét. Így egy tetszőleges pontban végezhető egy előzetes szűrés az objektumok relatív magasságára (ezen mérések eszközei a kézi lézertávmérő és a lejtszögmérő), mely mérések pontossága elmarad a szabatos mérések pontosságától, de jóval gyorsabban végezhető és kielégítik a szükséges numerikus követelményeket.

Amennyiben a terepen a felmérő egyértelműen el tudja dönteni vagy a közelítő mérés eredménye az, hogy az objektum megközelíti az akadálysíkot, úgy szabatos mérés végzése szükséges.

Síkrajzi értelemben az objektum koordinátáját illetve koordinátáit valamilyen geodéziai pontkapcsolással határozzuk meg. Ez lehet például poláris pontmeghatározás, előmetszés, ívmetszés. Gyakorlatban a legtöbbször előforduló helyzet, hogy a GPS-ekkel meghatározott ideiglenes alappontokra támaszkodva a felmérő hátrametszéssel határozza meg a mérőállomás álláspontját és tájékozását. A mérőállomás letájékozása után pedig poláris pontmeghatározással adódik az akadály koordinátája. A relatív magassági értékeket trigonometriai magasságméréssel határozzuk meg azonos műszerállásról. Speciális esetekben előfordulhat, hogy a síkrajzi koordináták mérése a GPS-szel meghatározott ideiglenes alappontokról ívmetszéssel (kézi lézertávmérővel, vagy hitelesített mérőszalaggal történt távolságmérés felhasználásával) történik. Azonban ezekben az esetekben is szabatos trigonometriai magasságméréssel kell meghatározni az objektum magasságát.

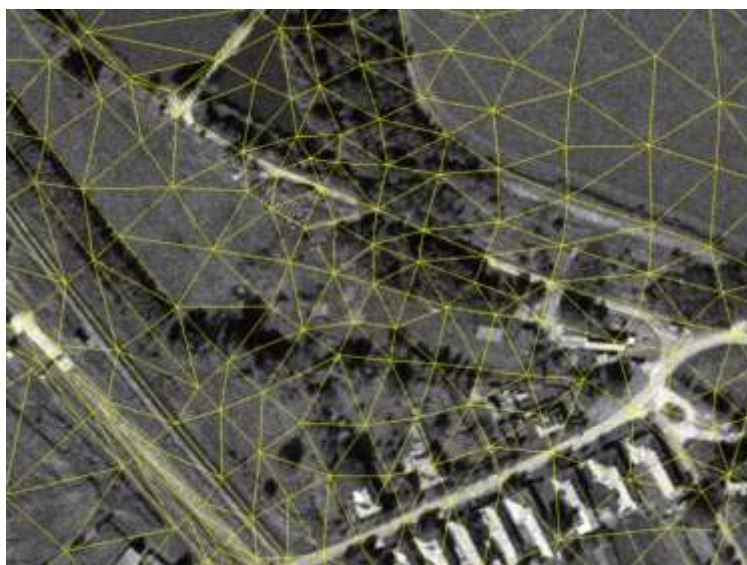
A fotogrammetria a fényképek alapján történő alak- és méret-meghatározás művészete és tudománya, vagyis a fotogrammetria segítségével lehetőségünk van tárgyak helyzetének és méretének, fényképek alapján történő meghatározására. A fotogrammetria a tárgyak közvetlen érintése nélkül teszi lehetővé azok geometriai és tartalmi jellemzőinek meghatározását. Az ilyen jellegű adatnyerési módok összefoglaló neve távérzékelés. [7]

Nagy területről, egyazon időben van lehetőségünk a fotogrammetriai módszerek használatával nagy mennyiségű adatot begyűjteni, a folyamatok és feladatok egy része könnyen automatizálható, a legújabb módszerek használatával nagy pontosságot érhetünk el az adatok feldolgozása során.

A fotogrammetria felhasználja a légifelvételekből előállított sztereo képpárokat, amelyek kiértékelése után előállítható a terület domborzatmodellje (felületmodellje), valamint a mérésre alkalmas ortofotók.



1. ábra Sztereo képpár (Forrás: HM Térképészeti Nonprofit KFT)



2. ábra TIN⁷-modell megjelenítése egy SOCET SET munkaállomáson
(Forrás: HM Térképészeti Nonprofit KFT)

Ahhoz, hogy megértsük, milyen különbségek vannak a domborzatmodell és a felületmodell között, valamint, hogy milyen céllal tudjuk felhasználni az egyes modelleket a magassági-akadályadatbázisok kialakításában, tekintsük át az általánosan használt elnevezéseket és rövidítéseket.

A legelterjedtebb fogalomhasználat szerint digitális domborzatmodellnek – magyar rövidítése: DDM, angol megnevezéssel: Digital Elevation Model, rövidítése: DEM – nevezzük azokat a rendszereket, amelyek a földfelület magassági viszonyait modellezik, a természetes vagy

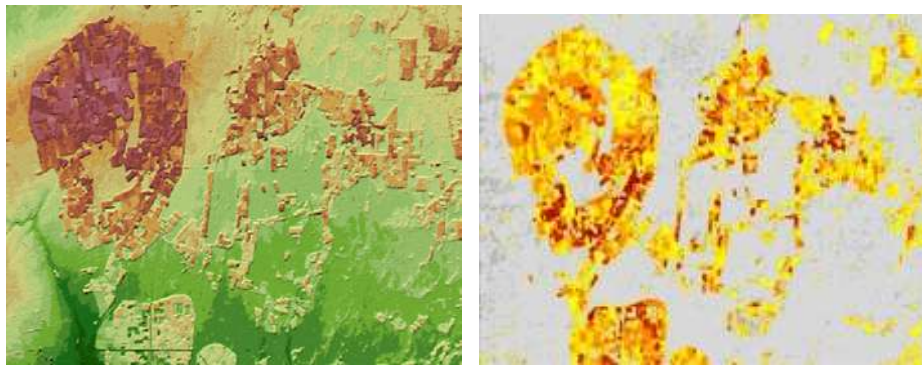
⁷ TIN: Triangulated Irregular Network – Szabálytalan háromszögháló

mesterséges tereptárgyak nélkül. Ezt a modellre gyakran hivatkoznak úgy is, mint: csupasz földfelszínre.

Digitális terepmodellről – magyar rövidítése: DTM, angol elnevezéssel: Digital Terrain Model, rövidítése: DTM – beszélünk abban az esetben, ha a DDM információi kiegészülnek a különböző felszíni objektumok magassági jellemzőivel is.

Digitális felületmodellről – magyar rövidítése: DFM, angol megnevezéssel: Digital Surface Model, rövidítése: DSM – beszélünk akkor, ha a modell a terep (csupasz földfelszín) és a tereptárgyak felülről látható részét határozza meg, tehát figyelembe veszi a felszínborítottsági adatokat is. [3]

Mind a magyar, mind a külföldi szakirodalomra igaz, hogy nem teljesen egyértelmű ki, milyen értelemben használja az egyes elnevezéseket.



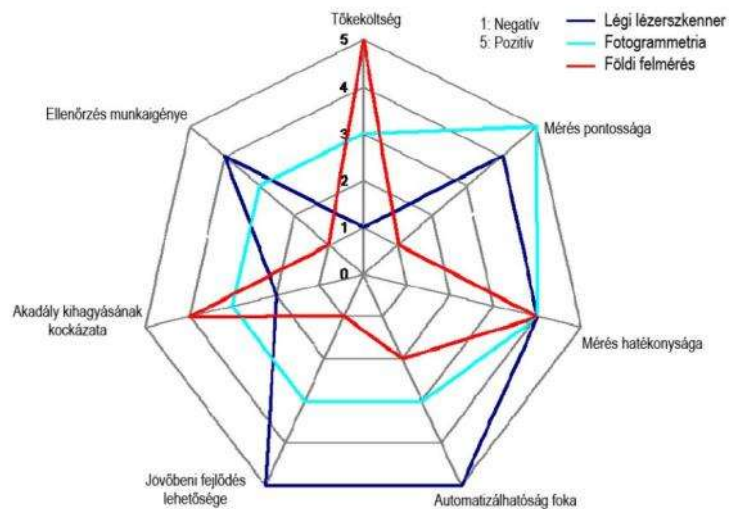
3. ábra Példa egy felületmodellre, amelyben a fmagasságok színfokozatos skálán kerültek megjelenítésre [11]

Jelen munkánk esetében annyit elmondhatunk, hogy a digitális domborzatmodelleket a terepakadályok meghatározásához használtuk fel. Míg a digitális felületmodelleket az elsősorban felületszerű mesterséges akadályok, valamint az ugyancsak felületszerű növényzettel borított területek meghatározásához használtuk fel. A digitális felületmodellek automatizáltan történő létrehozásakor a pontszerű és a vonalas objektumok kiértékelésének lehetősége erősen korlátozott.

FÖLDI FELMÉRÉS ÉS FOTOGRAMMETRIA

Az 4. és 5. ábrák mutatják, hogy az egyes területeken (Area1-4), amelyekre a repülőterek környezetében a magassági akadály-adatbázisokat ki kell alakítani, a különböző technológiák felhasználásával, milyen mérési hatékonysággal, milyen pontossággal, milyen költséghatékonysággal és kockázattal lehet a feladatot elvégezni, mind az akadályadatok tekintetében, mind a terepadatok tekintetében.

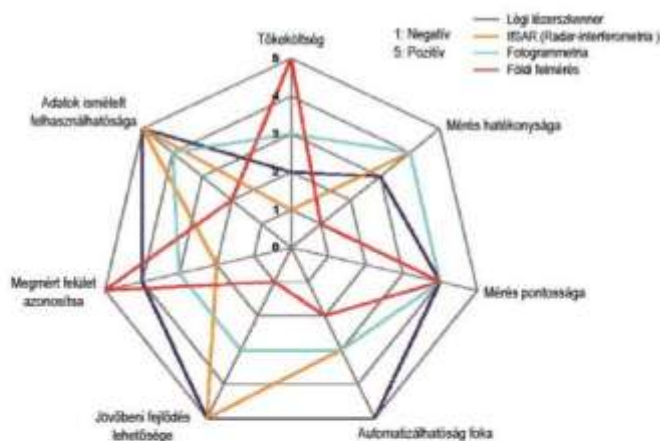
Az alábbi ábrák jól jelzik, hogy a fotogrammetriai módszerek jól használhatóak a teljes területen a terepadatok kiértékelésére valamint az Area1 és az Area2 bizonyos részein az akadályadatok közül a felületszerűek megmérésére. Míg a földi felmérési módszerek jól használhatóak az Area2, Area3 és Area4 területeken az akadályadatok megmérésére.



| | Légi lézerekészkenner | IfSAR | Fotogrammetria | Földi felmérés |
|--------|-----------------------|-------|----------------|----------------|
| Area 1 | o/+ | - | o/+ | ++ |
| Area 2 | ++ | - | + | o |
| Area 3 | ++ | - | + | + |
| Area 4 | + | - | + | ++ |

++ műszakilag nagyon megfelelő és nagyon költséghatékony
 + műszakilag nagyon megfelelő, de nem a leginkább költséghatékony
 o műszakilag megfelelő, azonban rossz költség/haszon ráta
 - nem felel meg a műszaki előírásoknak és nagyon rossz költség/haszon ráta

4. ábra Akadály-adatok felmérése különböző technológiákkal [2]



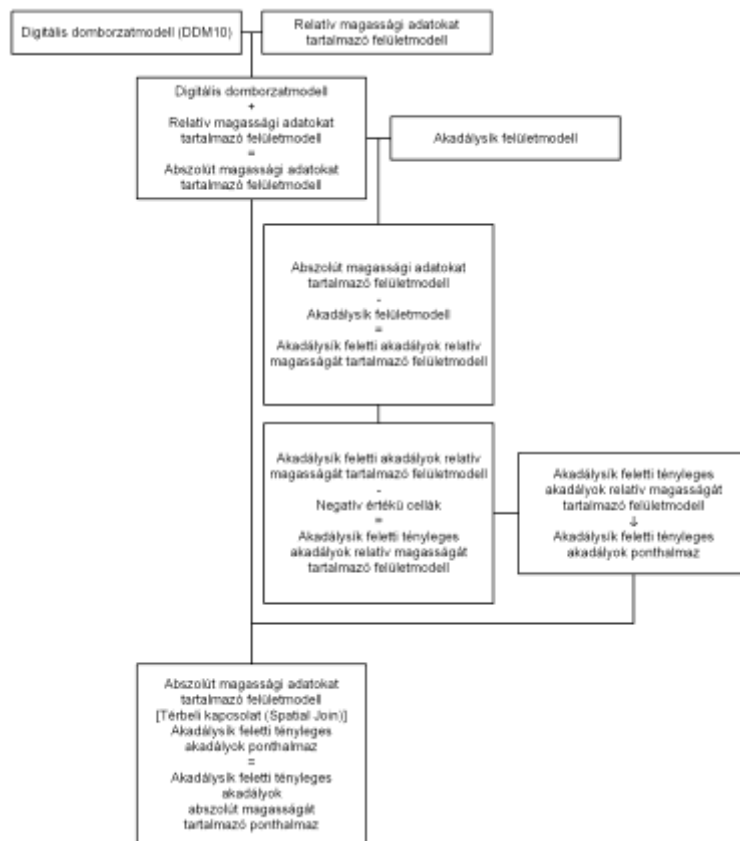
| | Légi lézerekészkenner | IfSAR | Fotogrammetria | Földi felmérés |
|--------|-----------------------|-------|----------------|----------------|
| Area 1 | + | ++ | + | o |
| Area 2 | ++ | ++ | ++ | o |
| Area 3 | + / ++ | - | + / ++ | + |
| Area 4 | + / ++ | - | + / ++ | ++ |

++ műszakilag nagyon megfelelő és nagyon költséghatékony
 + műszakilag nagyon megfelelő, de nem a leginkább költséghatékony
 o műszakilag megfelelő, azonban rossz költség/haszon ráta
 - nem felel meg a műszaki előírásoknak és nagyon rossz költség/haszon ráta

5. ábra Terep-adatok felmérése különböző technológiákkal [2]

Az MH Pápa Bázisrepülőtér területére és környezetére elkészített magassági akadály-adatbázis kialakításakor a következő alapanyagokat használtuk fel: a HM Térképészeti NKft. Felmérő osztálya által földi felmérési módszerekkel felmért, nagy – 1: 500 méretarányúnak megfelelő – pontosságú digitális térképi adatbázist. Ebben az adatbázisban a mesterséges objektumok cm pontossággal kerültek bemérésére és ábrázolásra. A Veszprém Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Erdészeti Igazgatóságtól megkaptuk a kívánt területre vonatkozó famagasság-adatokat. A cégünk által korábban elkészített 25 méteres és 60 méteres magassági akadály-adatbázisait is felhasználtuk, amelyeket rendszeres időközönként helyszínelve karbantart, aktualizál a cégünk. Ezen kívül rendelkezésünkre áll az egész országot lefedő digitális domborzatmodell, amelynek terepi felbontása 10 méter.

Ebben az esetben elsősorban a térinformatika (GIS⁹) képfeldolgozási/képelemzési funkcióit használtuk ki. Az alapadatok ERDAS IMAGINE és ArcGIS Desktop 3D Analyst és Spatial Analyst szoftverekkel lettek előállítva, majd ezek használatával lettek kialakítva a végső adatbázisok.



6. ábra A munkafolyamat a magassági adatok előállításához PBRT esetében

A tulajdonképpeni munkafolyamat alapfelvetése az volt, hogy az adatok elemzését raszteres formátumban fogjuk elvégezni, ugyanis a rendelkezésre álló kiinduló adataink ezt tették lehetővé. A vektoros adatainkat raszterizáltuk – tulajdonképpen felületmodelleket állítottunk elő

⁸ LHPA: Pápa Bázisrepülőtér

⁹ GIS: Geographic Information System – Földrajzi Információs Rendszer

belőlük. Elvégeztük a különböző átalakításokat és a fenti ábrán látható raszter algebrai műveleteket, majd az eredményként létrejött raszteres felületmodell megfelelő pontjainak elemzésével alakítottuk ki a megrendelő – MH LVIK – által kért formátumot. Ez tartalmazta a következő – legfontosabb jellemzőket és a földrajzi azonosításhoz szükséges – mezőket: vízszintes pozíció, földrajzi szélesség és hosszúsági érték megadásával, a terep- vagy akadályadatok legmagasabb pontjának abszolút tengerszint feletti magassága, a terep- vagy akadályadat legmagasabb pontjának akadálysík feletti relatív magassága valamint az akadály jellege.

LHKE¹⁰

A Kecskeméti MH Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis esetében a rendelkezésünkre álló kiinduló adatok a következők voltak: A cégünk által korábban elkészített 25 méteres és 60 méteres magassági akadály-adatbázisai, valamint egy 2 méteres terepi felbontású digitális felületmodell, amelynek az alapanyagául szolgáló légifelvételeket cégünk Felmérő Osztályának Légifényképész Alosztálya készítette, és amely felvételeket a Felmérő Osztály Fotogrammetriai Alosztályán, a SOCET SET NGATE¹¹ modul segítségével, automatikus kiértékelés során hoztunk létre. A repülőtér közvetlen környezetében, az Area4, Area3 és az Area2 bizonyos részein a felmérő kollégák helyszíneltek és földi felmérési eljárásokkal határozták meg az akadályadatokat.

A fotogrammetriai feladatok részeként a magasakadály-adatbázis kialakításához az érintett katonai repülőterek környezetében digitális felületmodell készült, melynek alapját 40-50 cm terepi felbontású digitális légifelvételek képezték. A digitális felületmodell 2 méteres rácstávolsággal került kialakításra. Ez a digitális felületmodell a természetes földfelszínen (Bare Earth) kívül az adott méretarányban felületi kiterjedéssel jellemezhető természetes és mesterséges objektumok abszolút magasságát tartalmazza. Formátuma lehet pontfelhő (Point Cloud), vagy szabályos rács (Grid). A digitális felületmodell a képillesztés (Image Matching) és az él-detektálás (Edge Matching) algoritmusok együttes alkalmazásával automatikus eljárással készült. Elsősorban a terepen nehezen megközelíthető erdőterületek magasságának meghatározásában jelentett nagy segítséget a felmérő kollégáknak a felületmodell. Magassági megbízhatósága átlagosan 1-1,5 méter, ami a magassági akadályadatok pontossági követelményeknek teljes mértékben megfelel.

A tulajdonképpeni munkafolyamat teljes egészében megegyezett azzal, amit az LHPA esetében láttunk az 6. ábrán. Ebben az esetben is raszteres elemzési módszereket használtunk a kiinduló adataink átalakításához és az adatbázisok létrehozásához. Hasonlóan az LHPA esetében létrehozott állományokhoz, ebben az esetben is megjelenítésre kerültek a következő attribútumok: vízszintes pozíció, földrajzi szélesség és hosszúsági érték megadásával, a terep- vagy akadályadatok legmagasabb pontjának abszolút tengerszint feletti magassága, a terep- vagy akadályadat legmagasabb pontjának akadálysík feletti relatív magassága valamint az akadály jellege.

¹⁰ LHKE: MH Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis, Kecskemét

¹¹ NGATE: Next Generation Automatic Terrain Extraction – Új generációs automatikus kiértékelés



ORSZÁGOS 60 M-ES AKADÁLY-ADATBÁZIS

Harmadik feladatunk esetében, a két katonai repülőtér kapcsán végzett munkától eltérően, nem volt szükségünk domborzatmodellekre vagy felületmodellekre, pusztán csak földi felmérési eljárások vagy éppen a meglévő adatbázisaink által tartalmazott adatok helyszínelése és aktualizálása során előállított adatokra kellett támaszkodnunk. Felhasználhattuk a cégünk által korábban elkészített 60 méteres és 100 méteres magassági akadály-adatbázist. Ugyanis a megrendelőnk a HungaroControl ZRt. azzal bízta meg cégünket, hogy készítsük el az ország területére a 60 méternél magasabb akadályok adatbázisát, kiegészítve a meglévő – földrajzi helyre, az akadályok relatív és abszolút magasságára és az akadály jellegére vonatkozó – információkat, néhány a légiközlekedés biztonsága szempontjából érdekes adattal. Ilyenek például, hogy az akadály milyen módon van megjelölve, ha fényjelzés működik rajta, annak milyen a színe, folyamatosan világít-e, stb.

Munkánk során munkatársaink 2011-ben és 2012-ben végezték el az országos adatbázis aktualizálását. Az egész ország területén valamivel több, mint 1000 db 60 méternél nagyobb relatív magasságú objektum található. Az ezekről az objektumokról gyűjtött információkat az ESRI Aeronautical Solution (Továbbiakban: EAS) segítségével egy olyan adatbázisba integráltuk, ami lehetővé teszi a megrendelő számára, hogy az adatokat egy, az AIXM¹²-nek megfelelő adatbázisba feltölthesse, így azokat megoszthassa más, légi navigációval, a repülés biztonságával foglalkozó szervezetekkel.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt években elvégzett munka számos tapasztalattal szolgált a cégünk számára. A magassági akadály-adatbázisok előállítása, legyen szó akár akadály- vagy épp terepadatokról, már nem ismeretlen terület számunkra, hatékonyan használhatjuk fel, mind a földi felmérések terén, mind a fotogrammetriai módszerek terén szerzett szakmai tapasztalatainkat. A munkánk során létrejött adatbázisokban igyekeztünk a megrendelő attribútumokra és az adatbázis formátumára vonatkozó kívánalmainak megfelelni.

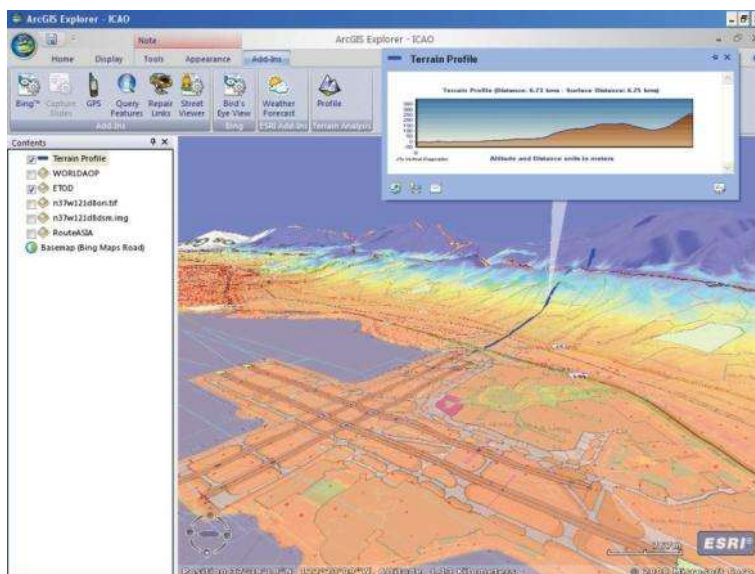
JÖVŐBENI LEHETŐSÉGEK

A jövőben számos lehetőség kínálkozik, hogy a legújabb technológiák, új szoftverek felhasználásával hatékonyan, gyorsan, magas fokú automatizálás mellett hozzunk létre pontos, a felhasználók igényeinek megfelelő adatbázisokat. A következőkben röviden áttekintést adunk azokról a módszerekről, amelyek segíthetik a munkánkat a jövőben.

Az egyik olyan szoftvertermék, amit felhasználhatunk a jövőben az EAS. Az EAS lehetőséget biztosít a felhasználó számára, hogy előállítson és kezeljen olyan adatbázisokat és térképeket, amelyek megfelelnek a velük szemben támasztott magas követelményeknek. Civil és katonai ügynökségek, kereskedelmi légitársaságok és térképkészítő cégek számára teszi lehetővé,

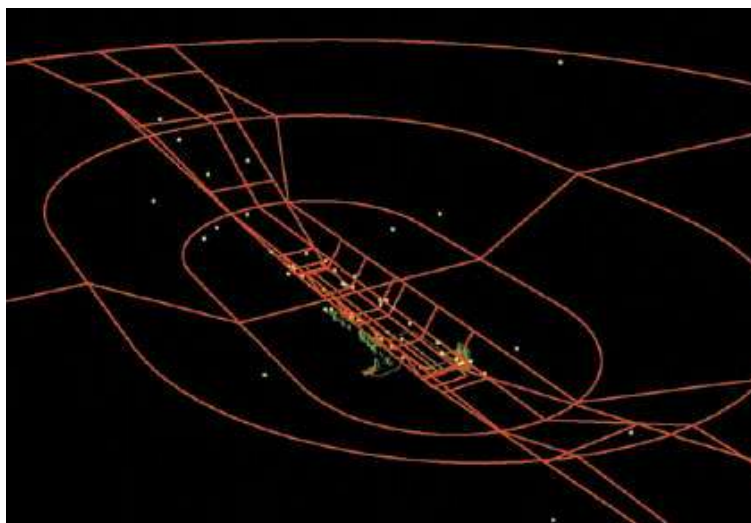
¹² AIXM: Aeronautical Information Exchange Model – Repülésügyi Információk Csere Modell-formátuma

hogy létrehozzon, kezeljen és felhasználjon légiforgalmi adatokat, amelyek a legújabb digitális adatokon alapulnak. A rendszer képes kezelni az ICAO¹³ szabványokat, megosztani az adatokat az általánosan használt AIXM követelményeinek megfelelően.



7. ábra Légiforgalmi adatok az ESRI Aeronautical rendszerében (Forrás: ESRI)

A következő olyan szoftver, amelynek képességeit hatékonyan fel lehet használni az ilyen jellegű munkák során, a BAE SYSTEMS SOCET SET rendszerének ClearFlite modulja. Segítségével a felhasználó képes automatikusan előállítani az akadálysík 3D reprezentációját és a felületmodell a futópálya környezetében, képes a terepakadályokat automatikusan kiértékelni, meg tudja jeleníteni a 3D sztereo terep- és akadályadatokat bármely repülőtér környezetében, és a rendszer lehetőséget biztosít a felhasználónak a magassági adatok folyamatos követésére a 3D sztereo rendszerben, valamint az eredményeket exportálhatjuk minden jelentősebb GIS szoftverbe.



8. ábra Magassági akadály-sík a ClearFlite-ban (Forrás: BAE SYSTEMS)

¹³ ICAO: International Civil Aviation Organization – Nemzetközi Polgári Légiközlekedési Szervezet



9. ábra A magassági akadály-sík horizontális vetülete a ClearFlite-ban
(Forrás: BAE SYSTEMS)

A fotogrammetriai módszerek terén is új technológiák jelentek meg az utóbbi időben, melyek egyrészt jelentkeznek a digitális légifényképező kamerák fejlődéséből, másrészt a képek feldolgozásában megjelenő új módszerek megjelenéséből, valamint az ún. pontfelhők előállításának új lehetőségeiből.

Az egyik ilyen új módszer az ún. Semi-Global Matching¹⁴ technológia, amelynek a segítségével sztereo képpárokból, gyorsan, nagy hatékonysággal és nagy pontossággal állíthatunk elő 3D felületmodelleket. A technológia alapja, hogy a pontfelhőket, amelyek az automatikus kiértékelés során jönnek létre, nagyobb számú képből és a képek közötti nagyobb arányú átfedésből lehet előállítani.



10. ábra Példa a Semi-Global matching eljárással előállított felületmodellre [6]

¹⁴ Semi-Global Matching: „Félig-Teljes” Illesztés (Egyfajta képillesztési módszer)

A másik olyan új módszer, amely az utóbbi időben egyre nagyobb teret nyer a világban, a LIDAR¹⁵ technológia, vagyis a légi vagy földi lézerszkennerekkel előállított pontfelhőből generált felszínmodellek felhasználása az akadály-adatbázisok kialakításában. Ennek az előnye, hogy gyorsan, nagy pontossággal lehet felületmodelleket előállítani, hátránya egy LIDAR rendszer termelésbe állításának nagy tökeigénye.

Az utóbbi időben a pilótánélküli légi járművek (UAV¹⁶-k) használata hatalmas fejlődésen megy keresztül, kisebb súlyú, nagyobb hatótávolságú eszközök jelennek meg a piacon, amelyek egyre inkább jól használhatóak lesznek – többek között – légifelvételek készítésére is. Az UAV-k által készített felvételek feldolgozásában hatalmas lépésekkel halad a technológia, automatikusan, egyre nagyobb pontossággal készíthetők el a repülőgép által készített felvételekből a térképi alapok vagy épp a felületmodellek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A bizottság 73/2010/EU rendelete: A légitforgalmi adatok és légitforgalmi tájékoztatások minőségével kapcsolatos követelményeknek az egységes európai égbolt keretében történő meghatározásáról (2010. január 26.)
- [2] Aeronautical Information Services - Annex 15 to the Convention on International Civil Aviation 13th Edition (ISBN 978-92-9231-500-9)
- [3] BÓDIS Katalin: Digitális domborzatmodellek és alkalmazási lehetőségeik az árvízi kockázatelemzésben (Szeged, Földtudományi Doktori Iskola, 2008)
- [4] FRITSCH, Dieter (Ed.): Photogrammetry Week '11 (ISBN 978-3-87907-507-2)
- [5] Earth Imaging Journal 2005 March / April, Vol. 2 . No. 2.
- [6] HIRSCHMÜLLER, Heiko: Semi-Global Matching – Motivation, Developments And Application, PhoWo. 2011.)
- [7] KRAUS, Karl: Fotogrammetria (ISBN 963-85129-9-7)
- [8] Magyar Közlöny 70. szám II. kötet (HU ISSN 0076-2407)
- [9] SIRISTYE Ferenc - ZBORAY Zoltán: Digitális domborzatmodellek készítése katonai térképészeti célokra – in: Domborzatmodell alkalmazások Magyarországon, HUNDEM 2004 konferencia közleményei, Miskolc, 2004. nov. 11-12. – Miskolci Egyetem, Természetföldrajz-Környezetan Tanszék, CD (ISBN 963 661 686 8)
- [10] Terrain and Obstacle Data Manual (Draft 1.0) – 2010. jún. 07
- [11] ZBORAY Zoltán: Felszínmodellek katonai alkalmazási lehetőségei – in: Távérzékeléssel nyert adatok a geoinformációs támogatás rendszerében, Katonai Geoinformációs Konferencia 2007 közleményei, Budapest, 2007. dec. 13. – Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat, CD (ISBN 978 963 06 3641 4)

¹⁵ LIDAR: Light Detection And Ranging – Lézeres Távérzékelés

¹⁶ UAV: Unmanned Aerial Vehicle – Pilótánélküli Légi Jármű