

Koós Tamás

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem

koos.tamas@zmne.hu

A HARCVEZETÉSI RENDSZEREKBEN ALKALMAZHATÓ DIGITÁLIS MAGASSÁGMODELLEK ÉS AZOK JELLEMZŐI

Absztrakt

Napjainkban több, különféle típusú és minőségi paraméterekkel rendelkező adatbázis is hozzáférhető. A geoinformatikai adatok alkalmazása során a felhasználóknak ismerniük kell a felhasználható adatok technikai és minőségi paramétereit. Ezen ismeretek birtokában tudja eldönteni, hogy egy adott feladat végrehajtásához melyik adatbázis használható fel. A következőkben a digitális magassági adatbázisok vizsgálatához összefoglalom azok előállítási módszereit és főbb minőségi adatait.

Nowadays several, different type and quality database are availably. Users have to know the technical and qualitative parameters of the GIS database, what they want to utilize. They can decide with full knowledge of the facts which database applicable. In the next, for the examination of the digital elevation database, I summarise the extraction methods and main qualitative characteristic of them.

Kulcsszavak: *Digitális Domborzat Modell, DDM, Digitális Felszín Modell DFM, Digitális Szintvonal Modell, DSZM, fotogrammetriai, LIDAR, IFSAR*

Bevezető

A számítástechnika és a hozzá kapcsolódó technikai eszközök és berendezések elmúlt évezred végi robbanásszerű fejlődése az élet minden területén alapvető változásokat indukált. Ennek a fejlődésnek a hatásaival nemcsak a tudományos életben, hanem a mindennapi életben is találkozunk. A régi megszokott és bevált eljárásokat merőben új módszerek, végrehajtási módok váltották fel. A korszerű technológiai eljárások nagymértékben meggyorsították a végrehajtás idejét, leegyszerűsítették a munkafolyamatokat. Ez a módszerbeli váltás azonban új szemléletet, a folyamatosan változó technikai újdonságok nyomán követését igényli a végrehajtók részéről. Az egyes szakterületek módszereit, eredményeit olyan területek is alkalmazzák, felhasználják, amelyek eddig még nem működtek együtt.

Ennek a fejlődésnek és új keletű együttműködésnek egyik példája a harcvezetési rendszerek és a geoinformatika területén végbement fejlődés és egyes részterületeik egymást segítő eredményei is.

Geoinformatikai adatok a harcvezetési rendszerek szolgálatában

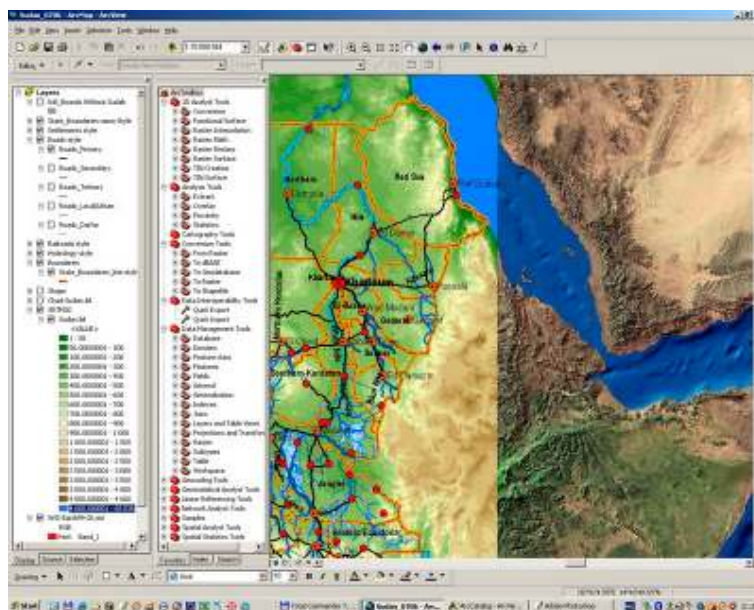
A térinformatika, vagy geoinformatika (GIS)¹ különböző típusú helyhez köthető adatokat állít elő. Ezek az adatok lehetnek:

- koordináták (*hagyományos analóg, vagy digitálisan valós időben [on-line]*) (1. ábra),



1. ábra: Repülési útvonal valós idejű nyomon követése digitális térképen (Fotó: Koós Tamás)

- különböző típusú térképek, térinformatikai adatbázisok (*topográfiai-, kartografált ortofotó-, tematikus térképek*) (2. ábra),



2. ábra: Vektoros és raszteres² térkép SRTM³ domborzatmodellel (Készítette: Koós Tamás)

¹ A régebbi angol terminológia szerint a GIS rövidítés a Geographical Information System (*magyar értelmezése térinformatika*), míg újabban a Geospatial Information System (*magyar értelmezése geoinformatika*) szakkifejezést jelenti.

² Landsat műholdfelvétel

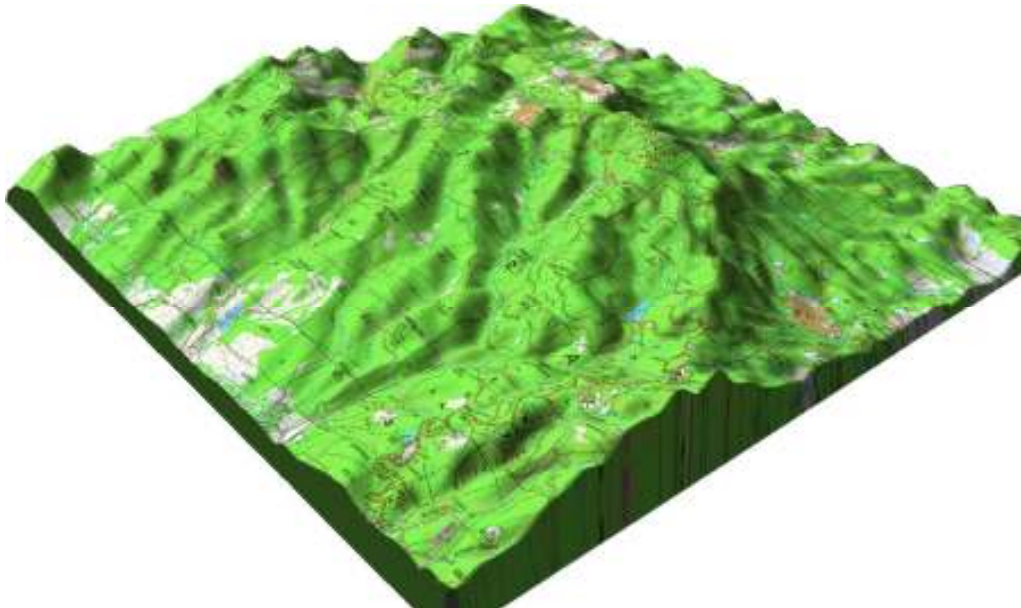
³ SRTM – (Shuttle Radar Topography Mission), a NASA (National Aeronautics and Space Administration), a Föld közel teljes felszínének domborzati feltérképezésére létrehozott projektje (*SRTM Topography, 2005*).

- magassági adatok (*Digitális Domborzat Modell [DDM⁴]*, *Digitális Felszín Modell [DFM⁵]*), (3. ábra), illetve



3. ábra: A Gödöllői-dombság 90 méter terepi felbontású SRTM domborzatmodellje (Készítette: Koós Tamás)

- ezen adatok együttes felhasználásával előállított, a terepet szemléletesen bemutató perspektív képek, videó animációk, terepmakettek.



4. ábra: A Mátra perspektivikus képe (1:50 000 méretarányú raszteres topográfiai térkép és SRTM domborzatmodell alapján) (Készítette: Koós Tamás)

Geoinformatikai adatokat a harcvezetési rendszerek minden szintjén, különböző formában és célokra használunk.

A koordinátákról, az azt szolgáltató eszköz paraméterei, a digitális térképekről, annak méretaránya alapján a felhasználó egyszerűen eldöntheti azok alkalmazhatóságának

⁴ A magassági adatok a Föld felszínére - a talajszintre - vonatkoznak.

⁵ A magassági adatok a terep, a rajta lévő objektumok és tereptárgyak felülről látható felszínére vonatkoznak.

lehetőségeit. A domborzatmodellek felhasználhatóságáról csak akkor tudunk megalapozottan dönteni, ha ismerjük azok előállításának módszerét, jellemző megbízhatósági paramétereit.

Az adott feladat végrehajtásához alkalmazható és optimális magassági adatbázis kiválasztásához ismerni kell azok főbb technikai adatait. Egy árvíz, vagy árhullám modellezéséhez, terepjárhatósági elemzésekhez olyan magassági adatmodellt, vagy előállítási technológiát kell alkalmazni, amely a magassági értékeket a terep felszínére adja meg (DDM), míg láthatósági vizsgálatokhoz, ortofotó készítéséhez felületmodellre (DFM) van szükségünk.

Az átlag felhasználó a domborzatmodellek (pl. DDM-10⁶, ELK-DDM-5⁷ (Winkler 2003), SRTM1, SRTM3, SRTM30⁸, SPOT DEM⁹), illetve előállítási eljárás (pl. LIDAR¹⁰, IFSAR¹¹) megnevezése alapján nem tudja megállapítani annak alkalmazhatósági lehetőségeit.

A digitális magassági adatmodellek alkalmazása ma már mindennapos a szimulációs, a harctervezési, valamint a harcvezetési rendszerek működése során. A terep jellemzőinek (lejtőviszonyok, láthatóság) meghatározása digitális domborzatmodellek alkalmazása nélkül hosszadalmas és szakértelmet igénylő feladat, felhasználásuk nélkülözhetetlen az operatív parancsnoki végrehajtásához.

A következőkben ismertetem a magassági adatmodellek előállítási technológiáit és összefoglalom a harcvezetési rendszerekben felhasználható főbb magassági adatmodellek jellemzőit, hogy átfogó ismereteket nyújtsak a digitális terepelemzések végrehajtóinak az általuk alkalmazott magassági adatbázisok technikai és minőségi paramétereiről.

A magassági adatmodellek előállítási technológiáiról

A magassági adatmodellek háromféle mérési technológiával állítható elő (Koós, 2006):

- földi felmérés,
- távérzékelési módszerek és
- kartometriai technológiák.

Földi felméréssel előállított magassági adatmodellek

Hagyományos felmérési eljárásokkal (*tachimetria*, *GPS*, *területszintezés*) előállított magassági modelleket kisebb területekről készítenek.

A módszer időjárás, napszak (csak jó időjárási körülmények között és nappal alkalmazható), domborzat és terepfedettség függő. A technológia elsősorban szabálytalan háromszög adatstruktúrájú (*Triangulated Irregular Network - TIN*) domborzatmodell előállítására alkalmas, mivel a felmérés során a terep jellemző pontjait mérik be. Az eljárást elsősorban terepmodell (DDM) előállítására alkalmazzák, de alkalmas felületmodell (DFM) meghatározására is.

⁶ Digitális Domborzat Modell-10 – az MH Térképészeti Hivatal által készített, Magyarország területét lefedve tartalmazza a terep tengerszint feletti magasságát 10 x 10 méteres rácsháló pontjaiban méter élességgel.

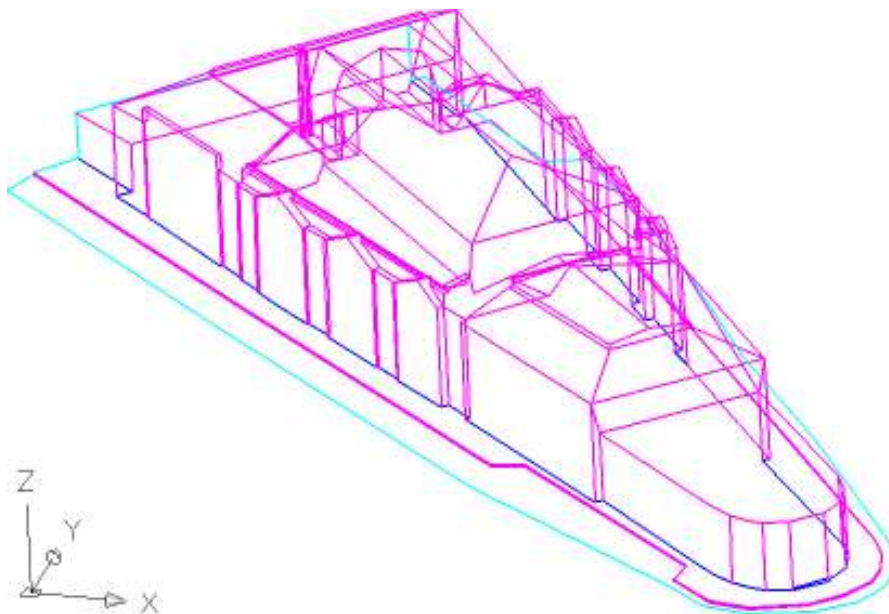
⁷ Előzetes sztereokiértékeléssel Kiegészített Digitális Domborzat Modell – a Földmérési Intézet által előállított 5 x 5 méteres rácshálójú domborzatmodell.

⁸ Az SRTM projekt keretében létrehozott 1" (~30 m), 3" (~90 m) és 30" (~900 m) földrajzi koordináta (terepi méret) felbontású, közel a Föld teljes területét lefedő magassági adatbázis.

⁹ A francia űrprogram keretében, a SPOT távérzékelési műhold (Satellite Pour l'Observation de la Terre) nagyfelbontású űrfelvételei felhasználásával, sztereoszkópikus kiértékeléssel meghatározott domborzatmodell (DEM - Digital Elevation Model).

¹⁰ LIDAR (Light Detection and Ranging – fény érzékelés és távmérés)

¹¹ IFSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar – szintetikus nyílású interferencia radar)



5. ábra: Épület földi felméréssel meghatározott felületmodellje (Készítette: Koós Tamás)

Pontossága az alkalmazott mérési eszköz és módszer függvényében 0,05 - 0,20 m közé tehető. Nagyobb területekről (*pl. a harcvezetési rendszerekhez*) ezzel az eljárással, a fajlagosan nagy idő- és költség ráfordítások miatt nem állítanak elő adatokat.

Távérzékelési módszerekkel előállított magassági adatmodellek

A távérzékelési eszközök lehetnek földi telepítésűek, vagy működhetnek légi szállító (*pilóta nélküli repülőeszköz [UAV - Unmanned Aerial Vehicle], helikopter, repülőgép, műhold*) eszközön.

A különböző eljárások közös jellemzője, hogy a felvételező eszköz minél közelebb helyezkedik el a felmérendő objektumhoz, terephez, annál jobb a rendszer felbontó képessége, viszont a felmérhető terület mérete ezzel összefüggésben csökken.

Sztereo-fotogrammetriai eljárással előállított magassági adatmodellek

A sztereo-fotogrammetriai módszerek elve, hogy a felmérendő objektumról, tereptárgyról legalább két képet kell készíteni. A képek felvételezési pozíciójának visszaállítása után az egyes, legalább két képen leképződött tereppontok térbeli koordinátái a képkordináták alapján meghatározható.

Ahhoz, hogy a leképzett terepet térben tudjuk szemlélni, illetve a magassági adatokat ki lehessen értékelni szükséges, hogy a képek megfelelő távolságra (*bázistávolság*) készüljenek egymástól. Ezáltal biztosítható az a geometriai feltétel, hogy a leképződött tereppontokat megjelölő irányvonalak kedvező szögben metszék egymást.

A módszer hátránya, hogy időjárás, napszak és évszak függő. Az elkészített képek felhasználhatósága függ a levegőben lévő szennyeződésektől, portól, a levegő páratartalmától, a felhőzet sűrűségétől, az árnyékok nagyságától, a növényzet lombsűrűségétől és a terep hóval való fedettségétől. Domborzat kiértékelés szempontjából ideális képeket tiszta, száraz időben, tavasszal, vagy ősszel (*lombtalan időben*), a Nap delelése körüli időpontban lehet készíteni. Ezen kritériumok következménye, hogy az optimális fényképezési napok száma Magyarországon pár tíz nap nagyságrendű. A képek kiértékeléséhez földi illesztőpontok szükségesek. Kisebb, pár tíz négyzetkilométeres területek felmérésére idő és költség szempontjából ez a módszer a leghatékonyabb domborzat előállító módszer, és „melléktermékként” a terep ortofotója is előállítható.

A sztereo-fotogrammetriai módszer elsősorban felületmodell kiértékelésére (DFM), de lombtalan felvételek felhasználása esetén domborzatmodell (DDM) meghatározására is alkalmas. A manuális, kiértékelő által végzett magassági mérések adatszerkezete szabályos méretű rácsháló (*Grid*), míg az automata domborzatkiértékelés eredménye TIN modell, amiből újramintavételezéssel állítják elő az adattárolás és felbontás váltás szempontjából hatékonyabb grid modellt.

Hagyományos légifényképezés (*a légifényképező kamera repülőgépen helyezkedik el*) esetén, normál látószögű kamera alkalmazásakor a domborzatkiértékelés pontossága csak a repülési magasság függvénye: $s_z = 0,1 - 0,15 \text{ ‰} \times h$, ahol h a repülési magasság (*Kraus, 1998*). Ez azt jelenti, hogy egy 6000 m-es repülési magasságról készített képanyagból 0,6 - 0,9 m-es megbízhatóságú domborzatmodell állítható elő.

Mivel a digitális légifényképező kamerák felbontása még nem éri el az analóg módon készített légifelvételek felbontását, a segítségükkel előállít domborzatmodellek pontossága is kisebb, azok két- háromszorosa.

A nagyfelbontású űrfelvételek (*HRS – High Resolution Stereoscapy*) alapján előállított domborzatmodellek pontossága kevesebb mint 10 – 20 m, mely alapvetően a terep lejövviszonyainak függvénye (*SPOT DEM Product Description, 2004*).

Légifényképezéssel adatokat csak konkrét feladatra állítanak elő, de ezekből teljes domborzatkiértékelés csak kisebb területekre, rendszerint kutatási célokra készítenek.

A műholdas sztereo-fotogrammetriai rendszerek (*pl.: SPOT, IKONOS, Quick Bird*), mivel folyamatosan szolgáltatnak információkat, napokon belül, felár ellenében akár órákon belül is tudnak adatokat a biztosítani a megrendelők részére.



6. ábra: Marseille környékének hipszometrikus színezésű SPOT DEM adatbázisa (SPOT Demo CD)

Távérzékelési eljárással előállított magassági adatmodellek

A 90-es évekre a navigációs eljárások (*inerciális rendszerek, műholdas navigációs rendszerek [GPS, GLONASS]*) pontossága és az elektro-optikai távmérő és leképző rendszerek felbontás lehetővé tették, hogy a két rendszer összekapcsolásával létrehozzák a távérzékelés új típusú adat előállító rendszereit, a látható elektromágneses hullámtartomány két ellentétes oldalán dolgozó LIDAR és IFSAR rendszereit.

A LIDAR rendszerek, a geodéziai távmérőkhöz hasonlóan lézer fény segítségével mérik az eszköz és a visszaverő felület távolságát. A modernebb berendezések képesek több visszaverődő jel feldolgozásával a terepet fedő növényzet magasságának meghatározására.



7. ábra: Erdő magasságának meghatározása többszörös visszaverődés detektálásával (Hadley, 2006)

A LIDAR rendszer kevésbé érzékeny a légkör szennyezéseire, de a felhő meggátolja az alkalmazhatóságát. A LIDAR felvételezést nem befolyásolja a napállás, éjszaka alkalmazása kedvezőbb eredményeket ad. A pontossága a hagyományos légifényképezéssel előállított domborzatmodelléhez hasonló, a repülési magasság 0,125 ‰ (Alabér, 2004). A nyers mérési eredmények utófeldolgozást igényelnek. Nagy hátránya a rendszerrel előállított domborzatmodell viszonylagos magas ára, mely körülbelül 100 000 Ft/km².

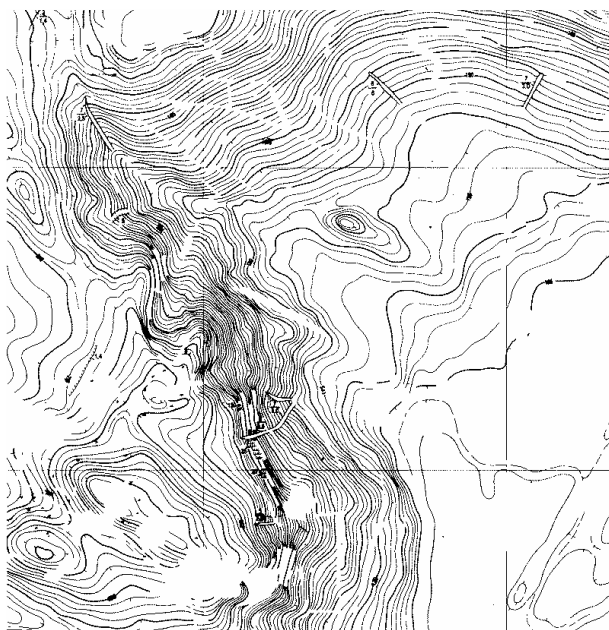
A rádiolokációs elven működő IFSAR képalkotó berendezés. Mindkét rendszer képes a visszavert jel erősségéből, a terep domborzati információi mellett, a terepet fedő anyagok jellemzőinek detektálására. Nagy előnye a többi rendszerrel szemben, hogy nem érzékeny az időjárási és napszaki hatásokra, akár felhős időben is alkalmazható. Az IFSAR pontossága (Li et al., 2007) nem éri el a LIDAR rendszerét, de az előállított termék ára nagyságrendekkel olcsóbb, közel 2 000 Ft/km² (Alabér, 2006).

A LIDAR rendszer elvén működő, lézerszkenner geodéziai műszereket, gyorsaságuk és pontosságuk miatt, egyre szélesebb körben alkalmazzák az ipari geodéziai és épület-felmérési munkáknál. Az IFSAR elvén működő radareszközzel állították elő, az ingyenessége miatt egyik legnépszerűbb magassági adatbázis, az SRTM1, SRTM3, SRTM30 adatait (Davis, 2004).

Kartometriai eljárással előállított magassági adatmodellek

A nagy területre kiterjedő digitális domborzatmodellek kizárólagos kezdeti előállítási technológiája volt a térképek szintvonalrajzának digitalizálásával előállított domborzatmodellek létrehozása.

Az eljárás előnye, hogy a domborzatrajzot digitalizáló berendezésén (*mechanikus digitalizáló, digitalizáló tábla, vagy szkennel*) kívül nem igényel speciális adatgyűjtő berendezést. Mivel a technológia már kész térképek feldolgozására épült (*un. másodlagos adatgyűjtési eljárás*) (Detrekői – Szabó 2003), a digitalizálás irodában, szkenneléses eljárás esetén félautomata, illetve automata módszerrel is végezhető. Az előállított domborzatmodell pontossága elsődlegesen az alapanyagul szolgáló térkép domborzatrajzi megbízhatóságától függ, melyre a térkép előállítási technológiájának, az ábrázolt terep domborzati viszonyainak és a térkép méretaránya van hatással.



8. ábra: Az 1:10 000 méretarányú topográfiai térkép domborzati föliájának részlete (Koós, 2000)

Az ország teljes területére kiterjedő, az 1:50 000 méretarányú katonai topográfiai térkép alapján elkészített DDM-10 magassági adatbázis szélső esetben (*hegyvidéken, meredek tereplejtés esetén*) akár 15 m-es hibával is rendelkezhet (Sass, 1993).

A nagyobb méretarányú, (1:10 000) hazai polgári topográfiai térkép felhasználásával előállított ELK-DDM-5 domborzatmodell maximális hibája akár 4,0 m lehet (*MÉM OFTH 1976*).

Az így meghatározott DDM-k adatstruktúrája a szintvonalak digitalizálása miatt Digitális Szintvonal Modell (DSZM), amit a hatékonyabb adattárolás és kezelés miatt átalakítottak grid formátumúra.

A technológia, nagy területekről készítendő DDM-k létrehozására, az automatikus felszín-, illetve domborzat előállító eljárások megalkotásáig nem rendelkezett versenytárral. Azonban az új módszerek hatékonysága, pontossága és gazdaságossága már meghaladta a kartometriai eljárással előállítható domborzatmodellek paramétereit. A magassági adatok előállítási módszerek főbb jellemzőinek összehasonlítását az 1. táblázatban foglaltam össze.

	Kartometria	Földi felmérés	Fotogrammetria	Lézeres eljárás	Radaros eljárás
Időjárás-függőség	-	+	-/+	+	-
Napszak függőség	-	-/+	+	-	--
Megvilágítás függőség	-	-	+	-	-
Domborzat-függőség	+	-	+	-	-
Adatstruktúra	DSZM	TIN	TIN / Grid	Grid	Grid
Magassági adat típusa	DDM	DDM / DFM	DDM / DFM	DFM / DDM	DFM / DDM
Gazdaságosság	-	-	- / +	+	++
Pontosság	0,5 – 15 m	0,05 – 0,20 m	$h_{rel} \times 0,125 \text{ ‰}$	$h_{rel} \times 0,125 \text{ ‰}$	$h_{rel} \times 0,25 \text{ ‰}$

1. táblázat: A domborzatmodell előállítási módszerek összehasonlítása

Domborzatmodellek alkalmazási lehetőségei

A digitális magassági modellek előállítási technológiája meghatározza annak felhasználhatósági lehetőségeit. A domborzatmodellek és a felszínmodellek alkalmazási lehetőségének eltérése a magassági értékek vonatkozási felületének eltéréséből adódik.

Mielőtt egy magassági adatbázis alkalmazása mellett döntenénk egy feladat végrehajtása során, meg kell vizsgálni annak előállítási módszerét, az előállított magassági adat típusát (*DSZM*, *TIN*, *Grid*), megbízhatósági mérőszámait, hogy azok kielégítik-e a végrehajtandó feladat által megkívánt kritériumokat. Az egyéb jellemzők figyelembevétele csak ezen adatok megfelelése után lehetséges.

A domborzatmodellek esetében az értékek a Föld felszínére vonatkoznak. A Föld felszínén található természetes és mesterséges létesítményeket, objektumokat és a növényzetet nem vesszük figyelembe az adatnyerés során.

Ezért a DDM-k fő katonai alkalmazási lehetőségei:

- terepelemzés, terepértékelés-;
- hadművelleti helyzetértékelések végrehajtása;
- parancsnoki elhatározás kialakítása;
- terepjárhatósági elemzések;
- települési körzetek kiválasztása;
- meteorológiai-;
- hidrológiai modellezés;
- logisztikai támogatás;
- mérnöki tervezések.

A felszínmodellek tartalmazzák mindazon tereptárgyakra vonatkozó magassági értékeket, amelyek a Föld felszínén találhatók. Szerepelnek benne mindazon „akadályok”, amelyek a terepen megtalálhatók.

A DFM-k elsődleges felhasználási köre:

- alacsony magasságú repülés végrehajtása;
- tűzcsapás tervezés, tűzvezetés;
- vizuális figyelőpontok kiválasztása;
- láthatósági vizsgálatok;
- elektronikai harc tervezése, szervezése és vezetése (*Haig 1996*);
- kommunikációs hálózat kiépítésének tervezése;
- kiképzést-, bevetést támogató szimulációs feladatok (*Ványa 2001*).

Összegzés

A terepnek azon belül a domborzati viszonyoknak hatása van a katonai műveletek minden mozzanatára. A cselekvési tervek elkészítése, a terep elemzése, nem hajtható végre a terep magassági adatainak ismerete nélkül. A feladatok végrehajtása, a döntések meghozatala során elengedhetetlen, hogy pontos, a megfelelő adatokat tartalmazó geoinformatikai adatbázisokat használjuk fel. Sikeres elhatározásokat gyors, megalapozott döntések alapján lehet kialakítani. Nem megfelelő adatok alkalmazása téves következtetéseket kialakításához vezethet. A napjainkban egyre elterjedtebb magassági adatbázisok alkalmazása során ismernünk kell a főbb előállítási módszerek lényeges jellemzőit, pontosságára, megbízhatóságára vonatkozó mérőszámokat.

A digitális térképészeti adatok (*térképek*, *magassági adatbázisok*) és a geoinformatikai programok használata jelentősen leegyszerűsítik és lerövidítik a parancsnoki döntéshozatal geoinformációs támogatásának munkafolyamatát, a különböző cselekvési változatok és azok hatásai könnyen összehasonlíthatóak, a végrehajtandó feladatok begyakorolhatók, ezáltal fokozzák a katonai műveletek hatékonyságát.

Felhasznált irodalom

1. Alabér L. (2004): A topográfiai térképrendszer átalakításának lehetőségei a Magyar Honvédség igényeinek és a NATO-csatlakozás követelményeinek figyelembevételével, Doktori (PhD) értekezés, Bp.
2. Alabér L. (2006): Korszerű távérzékelési eljárások, <http://www.otk.hu/cd03/5szek/Alab%C3%A9rL%C3%A1szl%C3%B3.htm> (2006.08.03.)
3. Davis P. (2004): Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Technical Guide, http://glcf.umd.edu/data/guide/technical/techguide_srtm.pdf (2006.08.02.)
4. Detrekői Á. – Szabó Gy. (2003): Térinformatika, második kiadás, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., ISBN 963 19 4116 7, Bp.
5. Haig Zs. (1996): A gépesített hadosztály elektronikai harcának megtervezése, megszervezése és vezetése, különös tekintettel az elektronikai helyzetértékelés korszerű módszereire, Egyetemi doktori értekezés, Bp.
6. Hadley, W. (2006): Airborne Laser Remote Sensing Technology www.nik.com.tr/WORKSHOP_2006/NIK_Workshop_OPTECH_20060919.pdf (2006.10.04.)
7. Kraus, K. (1998): Fotogrammetria, Felsőoktatási tankönyv, ISBN 963 85129 9 7, Tertia Kiadó, Bp.
8. Koós T. (2000): Eltérő forrásból előállított digitális domborzatmodellek minőségvizsgálata, Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Bp.
9. Koós T. (2006): Digitális domborzatmodellek előállítási technológiai és minőségi paraméterei, Hadmérnök p56-67, Bp
10. Mihalik J. (2000): Katonai informatikai és térinformatikai rendszerek II., Térinformatika 2. szám, p. 11-13., Bp.
11. Sass S. (1993): Műszaki leírás az MH TÉHI által előállított Digitális Domborzat Modellről, MH TÉHI, Bp.
12. Ványa L. (2001): Katonai térinformatikai rendszerek és alkalmazásuk a kiképzésben, oktatásban, Térinformatika 2. szám, p. 14-17., Bp.
13. Winkler P. (2003): Nagyfelbontású DDM és digitális ortofotó az ország teljes területére, <http://www.otk.hu/cd03/3szek/WinklerP%C3%A9ter.htm> (2006.08.03.)
14. Li, X. - Baker, A. B. - Hutt, T. (2007): Accuracy of Airborne IFSAR Mapping, <http://www.intermap.com/uploads/1170699501.pdf> (2008.07.12.)
15. MÉM OFTH (1976): T.1. Szabályzat az 1:10 000 méretarányú földmérési topográfiai térképek felújítására az egységes országos térképrendszerben. Kartográfiai Vállalat, Bp.
16. SPOT DEM Product Description (2004), Version 1.1, http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/SPOT_DEM_Product_Description_v1-1.pdfm (2008.07.10.)
17. SRTM Topography (2005), ftp://e0srp01u.ocs.nasa.gov/srtm/version2/Documentation/SRTM_Topo.pdf (2006.08.09.)