

ÁLTALÁNOS BEVEZETŐ

Előszó

Az informatikai fejlődés következtében robbanásszerű változáson ment keresztül a térképészet az utóbbi tíz évben. A nyomtatott térképek túlnyomó többségét ma már grafikai szoftverek segítségével készítik. Ezek színvonala eléri, bizonyos szempontból túllépi a korábbi módszerekkel készített térképeket.

Emellett megjelentek a digitális térképek, melyek elkészítésénél teljesen új szempontokat kell figyelembe venni, mivel használatuk módja, célja és körülményei teljesen eltérnek az analóg térképektől. Ezek előállítására az előbb említett grafikai alkalmazások nem, vagy csak nagyon korlátozott mértékben alkalmasak. Az ilyen térképészeti termékek elkészítéséhez elsősorban térinformatikai szoftvereket használnak, melyek képességei sokkal szerteágazóbbak, és ebből fakadóan használatuk is bonyolultabb. Ezek a – GIS – szoftverek is hatalmas minőségi fejlődésen mentek (mennek) keresztül, többek közt a térképi adatok megjelenítésének szempontjából. A műszakirajz-szerű ábrákból mára, több-kevesebb kartográfiai hibával terhelt térkép lett.

A térképi ábrázolás egyik sarkalatos pontja a domborzat minél egzaktabb és szemléletesebb bemutatása. A térinformatika fejlődése a térképészetnek ezt a területét is erősen befolyásolja. A digitális térképek esetén meg van rá a lehetőség, hogy a domborzatot már nem egyfajta térképi elemként (szintvonal, hipszometria, summer stb.) adjuk a térképhez, hanem azt, a térinformatikai programmal egy digitális terepmodellből, céljainknak megfelelően generáltatjuk. Ha rendelkezésünkre áll a számítógépen a kívánt terület magassági adatbázisa (ismert koordinátájú pontok magasságait tartalmazó állomány), akkor abból – különböző módszerekkel – előállíthatjuk a terep digitális domborzatmodelljét, mellyel a valós terep számos tulajdonságát egyszerűen modellezhetjük (pl. meredekség, folyás irányok stb.). A mérnöki és egyéb felhasználásokon túl lehetőség van arra, hogy a térképi céloknak legmegfelelőbb domborzatábrázolási módszert alkalmazzuk (melyet a program a domborzatmodellből automatikusan előállít), akár 3 dimenzióban.

A szükséges technológia és alapanyagok már léteznek. Diplomamunkámban azt vizsgálom, hogy a ma legelterjedtebb térinformatikai szoftverek (ArcView, Mapinfo, MicroStation) milyen fokon képesek kezelni a digitális domborzat- és terepmodelleket. Elsősorban a térképészeti célú felhasználás (analóg és digitális) szemszögéből jártam körbe a témát.

A diplomamunka elkészítéséhez három különböző számítógépet használtam, a szoftverek számítási sebességét mindig a kettes számú gépen mértem.

	PROCESSZOR TÍPUS	MEMÓRIA	GRAFIKUS KÁRTYA
1.	Intel Pentium 166	32MB	Cheng 6100 (4MB)
2.	Intel PII 400	128MB	Matrox MGA Mystique (4MB)
3.	Intel PIII 500	512MB	Cobalt (32MB)

Röviden a vizsgált szoftverekről

A fent említett három gis alkalmazásra elterjedtségük miatt esett a választásom. Ezekhez általában az alapszoftveren kívül, számos kisebb program illeszkedik a különböző feladatok elvégzésére. Ilyen feladat a felületmodellezés is. Így elsősorban nem a három alapszoftvert, hanem a felületek kezelésére szolgáló, kiegészítő programjaikat vizsgáltam. Mindhárom szoftvercsaládra igaz, hogy elsősorban a feldolgozandó tematikák elkészítéséhez szükséges funkciókat használtam, ezért a diplomamunkában is elsősorban ezekkel foglalkoztam.

A MicroStation és a GeoTerrain

A Bentley Systems tervező szoftverének a legújabb verziójú típusát használtam: a MicroStation /J-t. A szoftver két- és háromdimenziós vektorgrafikus állományokat képes kezelni. A domborzatmodell generálásához a GEOPAK cég GeoTerrain 98 nevű programjára volt szükségem, mely a MicroStationnek egy olyan beágyazott alkalmazása, amit kifejezetten a domborzat- és terepmodellek kezelésére fejlesztettek ki.

A Mapinfo és a Vertical Mapper

A második program az 5.0-s Mapinfo Professional volt, kiegészítve a Northwood GeoScience cég által készített 2.5-ös verziójú Vertical Mapperrel, mely egy MapBasic alkalmazás, felületmodellek készítésére, elemzésére és bemutatására.

Az ArcView és a 3D Analyst

A harmadik vizsgált szoftver az ESRI által készített ArcView 3.1-es. Az ArcView kiegészítőit Extensions-nek hívják. Ezek közé tartozik a 3D Analyst is, melynek 1.0-s a verzió száma és a 3D-s feldolgozás és megjelenítés a feladata. Ezen kívül bizonyos speciális funkciókhoz egyéb extensionöket is használtam, pl. a Spatial Analyst 1.1-et és néhány kisebbet, melyeket az internetről töltöttem le.

Alapanyagok

Ahogy az előszóban írtam, a domborzatnak és a ráépülő síkrajzi tartalomnak a digitális feldolgozásához szükséges alapanyagok már rendelkezésre állnak. Diplomamunkámban nem csak a fenti szoftverek képességeit és hatékonyságát vizsgáltam, hanem a szoftverek és a kereskedelembe kapható alapanyagok kompatibilitását is.

Digitális Domborzatmodell

Rövid műszaki leírás • A Digitális Domborzat Modellt (DDM) a Magyar Honvédség Térképészeti Hivatala (MH TÉHI) készítette, az 1:50 000-es méretarányú, Gauss-Krüger

(GK) vetületi rendszerű topográfiai térképmű „domborzat kartográfiai eredeti” méret-tartó fóliái felhasználásával. A fóliákat 300 dpi felbontással szkennelték, majd az így kapott GK rendszerű raszteres állományokat EOVS rendszerbe transzformálták. Ezeket a szelvényeket négyesével összefűzték, majd minden második pixel elhagyásával 1:100 000-es méretarányúra kicsinyítették. A raszteres szintvonalrajzból (a szkennelési hibák javítása után), egy mátrix hozzáfűzésével létrehozták a Digitális Szintvonal Modellt (DSZM). Végül a domborzatgeneráló programmal kiszámították a szintvonalak közötti pontok magasságértékét, így jött létre a Digitális Domborzatmodell. Ez egy Magyarországot lefedő, 10×10 méteres négyzetekből álló hálózat, ahol a hálózat pontjainak koordináitaihoz hozzátartozik a pont abszolút magasságának értéke.

A magassági adatok méterben vannak megadva, pontosságuk a következő (az MH TÉHI szerint):

	Síkvidék	Dombvidék	Hegyvidék
átlagos tereplejtés (%)	<2	2-6	>6
átlagos hiba (m)	<0,8	<2,5	<5,0
max. hiba a pontok 90%-nál (m)	<1,6	<5,0	<10,0
max. megengedett hiba (m)	<2,4	<7,5	<15,0

A DDM hozzáférhető az ország teljes területéről, tetszőleges (10 m) rácssűrűséggel, EOVS vagy GK rendszerben, bináris vagy ASCII formátumban.

Az MH TÉHI-től vásárolt DDM-10 két állományból áll. Az egyik egy leíró állomány (ún. header fájl), melyből kiderül a szelvény száma, vetülete, a domborzatmodell sarokpont-koordináitai, a szelvény sarokpont-koordináitai, a DDM-et felépítő koordinátarács sorainak és oszlopainak száma, a DDM méretaránya, valamint a magassági adatok egymáshoz való vízszintes távolsága. A másik állomány maga a domborzatmodell (jelen esetben egy szöveges állomány), melyben soronként vannak a pontok adatai tárolva. Az első oszlop a pont sorszámát, a második az Y (vertikális) koordináitáját, a harmadik az X (horizontális) koordináitáját, végül a negyedik az abszolút magasságát tartalmazza.

Az általam használt DDM • A diplomamunkám elsőszámú alapanyaga az 1:50 000-es méretarányú L-34-2-D számú GK vetületi rendszerű topográfiai térképszelvény területére eső DDM-10-es, mely a terület minden 10 méterenkénti pontjának magassági adatait tartalmazza.

Mivel a DDM-10-es állomány túl nagyra bizonyult (127 MB) a diplomamunkához használt számítógépek és szoftverek számára, ezért egy kis program segítségével DDM-50-re konvertáltam, ami még kellő adatsűrűséget (a térképen 1 mm-enként van egy magassági adat) biztosít a domborzatábrázoláshoz. A kiindulási állomány mindegyik szoftvernél: a ddm50.txt volt.

Meg kell jegyezni, hogy a modell adatainak esetleges pontatlansága, befolyásolhatja a kapott eredmény megjelenési minőségét.

DTA-50

Rövid műszaki leírás • A DTA-50 az MH TÉHI által előállított, a Magyar Köztársaság 1:50 000 méretarányú digitális(vektoros) topográfiai térképe.

A DTA-50 elsődleges adatforrásai az 1:50 000-es méretarányú GK topográfiai térkép sokszorosítási eredetije, valamint kiegészítő alapanyagként az 1:25 000-es méretarányú katonai topográfiai térképek gépnymatait használták. Alfajnumerus alapanyagként szolgált a Geodéziai Adatbázis (GAB) és a DDM-10.

A számítógépes állományok szkenneléssel, majd különböző mértékben automatizált vektorizálással és digitalizálással jöttek létre. A térképi elemeket típusuktól függően a következő módon vektorizálták:

ELEM TÍPUS	DIGITALIZÁLÁS MÓDJA
Egyezményes jellel ábrázolt vonalas elemek	tengelyvonalon pl.: utak, vezetékek
Felületi elemek	határoló vonal mentén zárt poligonként pl.: tó, erdő
Méretarányban kifejezhető pontszerű objektumok	határoló vonal mentén zárt poligonként pl.: épület méretarányban
Méretarányban nem kifejezhető pontszerű objektumok	Beszúrási pontra illesztett cellával (pontszerű rajzi elem) pl.: templom
Vonalas elemek, melyek másodlagos attribútumot hordoz(hat)nak	Az eredeti elem digitalizált vonalán pl.: szakadó part
Szöveges elemek	A DTA-50-hez kifejlesztett betűkészlettel

A DTA-50 pontossága megegyezik a grafikus alapanyagok pontosságával, sőt a térkép matematikailag levezett, és számítógéppel szerkesztett elemei nem tartalmaznak hibát (kilométer hálózat, szelvénykeret).

A DTA-50-es alap adatformátuma Intergraph MGE (DGN), de az állományok beszerezhetők MicroStation, AutoCad, ArcView, ArcInfo és Mapinfo formátumokban is.

Az általam használt DTA-50 • Az általam felhasznált DDM-10 területéhez tartozó DTA-50-es állomány megvásárlására a tanszéknek nem volt lehetősége, végül a MATÁV Rt. Térinformatikai Igazgatósága hozzájárult a birtokukban levő állományok használatához. A MATÁV-nál lévő állományok MicroStation DGN formátumúak, Gauss-Krüger vetületűek és szelvényenként 11 db fájlból állnak, a következő struktúra szerint:

Fájlnev	Tartalom
szelvényszám_B.dgn	Alappontok
szelvényszám_C.dgn	Települések
szelvényszám_D.dgn	Létesítmények
szelvényszám_E.dgn	Közlekedés
szelvényszám_F.dgn	Hidak, átkelőhelyek
szelvényszám_G.dgn	Vízrajz
szelvényszám_H.dgn	Vízi és hajózási létesítmények
szelvényszám_I.dgn	Domborzat
szelvényszám_J.dgn	Növényzet és talajok
szelvényszám_K.dgn	Határok
szelvényszám_CG.dgn	Település nevek
szelvényszám_GG.dgn	Vízrajzi nevek
	Keret és kilométerhálózat

Az eredeti DGN állományokból először egyetlen fájlt készítettem, elhagyva belőle azokat az adatokat, melyek a látvány szempontjából nem meghatározóak. Majd az így kapott dgn állományt újra szétdaraboltam jelkulcsi elemek szerint. Erre azért volt szükség, mert mindhárom szoftver a digitalizálási sorrendet veszi figyelembe az elemek egymásból való kifestésénél. Több állományt viszont egy nézetben belül tetszőleges sorrendbe rakhatok (a felsők tartalma mindig kitakarja az alsókét). Ezekből a DGN állományokból készítettem el az ArcView shp fájljait (ArcView-val), majd ezeket transzformáltam Mapinfos tab fájljokká (*Mapinfo > Universal Translator*-ral).

Az így kapott vektoros térképeket háttérként használtam a különböző domborzat-ábrázolások megjelenítéséhez.

LANDSAT-5 TM kép

Rövid műszaki leírás • A LANDSAT műholdcsalád ötödik generációs holdja 1984-ben kezdett üzemelni. A holdon kétféle mérőberendezés üzemel: a Multi Spectral Scanner (MSS) és a Thematic Mapper (TM). Az MSS felbontása 80m-es volt (ezt a műszert 1992-ben kiiktatták), a TM-é 30m-es.

A Thematic Mapper 7 különböző tartományban érzékel:

csatorna szám	hullám intervallum	elnevezés
1-es sáv	0,45 - 0,52 μm	kék
2-es sáv	0,52 - 0,60 μm	zöld
3-as sáv	0,63 - 0,69 μm	vörös
4-es sáv	0,76 - 0,90 μm	közeli infravörös
5-ös sáv	1,55 - 1,75 μm	középső infravörös
6-os sáv	10,4 - 12,5 μm	termális infravörös
7-es sáv	2,08 - 2,35 μm	középső infravörös

Az általam használt űrfotó • A 75. számú LANDSAT-5 TM kép, amit a FÖMI-től kaptam, 1990. július 23-án készült. Mivel a kép jóval nagyobb területet ábrázol, mint az én mintaterületem, ezért a FÖMI-ben kivágták számomra az L-34-2-D szelvény területére eső részt, majd Gauss-Krüger vetületbe transzformálták. Az állományt TIF formátumban kaptam meg, a kép mérete: 771×763 pixel. A hamisszínes kompozit, a 4-es (vörös), 5-ös (zöld) és 3-as (kék) csatornákból áll össze. Egy-egy képi pixel a valóságban 25 méternek felel meg.

A DDM feldolgozásáról röviden

A digitális magasságmodellek két legáltalánosabb típusa a háromszöghálózat és a szabályos négyzethálózat. Az általam vizsgált szoftverek mindkét fajtájú modell elkészítésére alkalmasak. Fontos leszögezni, hogy a különböző szoftverek különböző matematikai módszereket alkalmaznak a felület közelítésére, ezért az általuk létrehozott magasságmodellek nem egyeznek sem egymással, sem az eredeti DDM-mel.

A háromszögmodell (TIN: Triangulated Irregular Network)

A háromszögelési módszert elsősorban szórtan elhelyezkedő ponthalmaz esetén alkalmazzák. A módszer a Delaunay háromszögelésen alapszik, mely segítségével a szórt pontok vízszintes vetületeire egyértelmű háromszöghálózat szerkeszthető. Ha a háromszögek sarokpontjaira a magasságokat felmérve síklapokat fektetünk, akkor megkapjuk a terep magassági modelljét. A háromszögmodellen a különböző tervezési és elemzési feladatok egyszerűen megoldhatók, viszont jelentős a helyigénye. A TIN hálózat vektoros elemekből épül fel.

A négyzetrácsmodell (grid, lattice)

Szabályos ponthálózat, vagy nagyobb terület esetén célszerű használni a négyzethálózatot. Helyigénye sokkal kisebb, mint az előzőnek, előfordulhat viszont, hogy a tárolt pontok már nem az eredeti mérésből származnak, hanem interpolálással jönnek létre. A négyzetek sarokpontjaiban felmért magasságokra – négyzetenként négy darab – közvetlenül nem lehet síkot illeszteni, mivel azt csak három pont határozza meg egyértelműen. Ezért a program először kiszámolja a négyzet középpontjának magasságát, mint a sarokpontok magasságainak számtani közepét, majd a középpontra és a négy szomszédos raszterpontra felfekteti a felületet hézag nélkül lefedő, négy db, élekben metsződő síkrészt. Általánosan használt módszer az is, hogy a négyzetekre egy magasabb rendű polinom – ált. ötöd fokú) segítségével – illesztik a felületet, hogy esztétikusabb képet mutasson. A grid modell általában raszteres típusú, de lehet vektoros is.

A feldolgozni kívánt tematikák

A programok és a különböző DDM feldolgozási módszereket az alább felsorolt tematikák segítségével hasonlítottam össze. Mivel a három szoftver több feladat megoldását teljesen eltérő irányból közelíti meg, ezért az eredmények bemutatásának (megjelenítésének) módjai is eltérhetnek egymástól.

Szintvonalrajz

A fő és alapszintvonalak ábrázolása eltérő vastagságban, folytonos vonallal történik. Fontos szempont a szintvonalak simítottsága és fésültsége.

Szintvonalak: 10 méterenként, barna színnel.

Főszintvonalak: 50 méterenként, magassági megírással (ha lehet), vörössel.

Hipszometria

Egy középhegységi táj viszonyait kifejező hipszometria készítése úgy történt, hogy a különböző szoftverek által előállított színek minél közelebb legyenek egymáshoz.

Magasság (m)	Szín
0-100	sötétzöld
100-200	világoszöld
200-350	sárgásbarna
350-500	világosbarna
500-700	barna
700-1000	sötétbarna

Summer

A summert, mint kiegészítő domborzatábrázolási megoldást, a három szoftver teljesen eltérően készíti, legtöbbször szorosan kapcsolódik az egyéb valamelyik megjelenítési funkcióhoz. Ezeket a lehetőségeket – amikor csak lehetett – használtam. Az ilyen esetekben általában a fény irányát és magassági szögét lehet megadni paraméterként. Térképek és térképszerű ábrák esetében a a kartográfiában megszokott beállításokat – a fény iránya: ÉNy-i (315°), a beeső sugár magassági szöge: 45° – használtam. Az úrfotót tartalmazó ábrák esetén a valós viszonyoknak megfelelő beállításokat használtam.

Meredekség

A meredekségi kategóriákat csak menet közben határoztam meg, mikor már a szoftverek segítségével meghatároztam a terep meredekségi adatait. A lejtések 0° és 38° között változnak, a kategóriák a következők lettek:

Meredekség	Szín
5° alatt	fehér
4°-10°	sárga
10°-20°	vörös
20° felett	fekete

Kitettség

A terep lejtői eltérő irányultságúak. Ezt a tulajdonságot, a számítások bonyolultsága miatt igen ritkán ábrázolják. A kategóriák kialakítását itt is több próbálkozás előzte meg. Tapasztalataim szerint, – mivel a képen nem a megszokott módon látjuk a domborzatot – túl sok kategória nagyon megnehezíti az értelmezhetőséget. Célszerű minden irányba ugyanannyi kategóriát létrehozni, vagyis összesen egyet, kettőt, négyet, nyolcat vagy tizenhatot. Végül a négy főirány valamelyikébe fekvő elhelyezkedés bemutatását választottam:

Irányultság	Szín
-45°-45°	fekete
45°-135°	vörös
135°-225°	fehér
225°-315°	zöld

Átláthatóság

Átláthatóságból is többféle van. Az első a pont-pont összelátás vizsgálat a következőre használható: „Egy adott pontból nézek egy másik felé. Látom?”. Az összehasonlítás kedvéért, mindig a Dobogó-kőről néztem a Szent Mihály-hegy csúcsát. A második vizsgálattal bizonyos szögtartományban (ált. 360°) néztem körül és a program mindent megjelölt ami az adott pontból, vagy szakaszból látható. Ennek a funkciónak a teszteléséhez a Prédikálószéket választottam bázispontnak. Amennyiben a program lehetővé teszi, akkor a Föld görbületét is figyelembe vettem a számításakor. A szemléltető “szemmagasságát” mindig 2 méterre állítottam.

Metszet

A teljes szelvény keresztmetszetét veszem a DNy-i sarokponttól az ÉK-ig. Ahol lehetett, ott metszetet készítettem a kitettségi és meredekségi modelleken is.

Egyéb

A programokban esetleg előforduló, érdekesebb funkciók bemutatása.

Térkép summerrel (hipszometriás és „sima”)

Az eddigiekhez képest ezek már nem csak ábrák, amelyek egy program képességeinek bemutatására szolgálnak. Igyekeztem úgy összeállítani a tartalmat és beállítani a megjelenést, hogy képernyőn és papíron is minél jobban megfeleljenek a térképekkel szemben támasztott követelményeknek. A megvilágítást igyekeztem a térképészetben használatosra (ÉNy-i) állítani.

Űrfotó summerrel (önállóan és térképpel kiegészítve)

Az hamisszínes űrfotót tartalmazó madártávlati nézeteknél megpróbáltam rekonstruálni a fényképezés pillanatában fennálló, valós helyzetet, mivel már a nyers képen is láthatók árnyékok. A kép készülésének idejét csak óra pontossággal sikerült megtudni (10 és 11 óra között valamikor), ezért a két időpontban fennálló értékek hozzávetőleges átlagát vettem, egész számokra kerekítve.

1990. július 23-án a Nap	Iránya	Magassága	Távolsága (fénysec)
10:00	113° 39'45"	46° 08'23"	506,95
11:00	131° 21'07"	54° 40'46"	506,95
Beállítások	121° 00'00"	50° 00'00"	506,95

A fotótérképnél, a felszín valóságosabb megjelenítése érdekében felcseréltem a kép vörös és zöld csatornáit, így a növényzet zöld színben jelenik meg.

Animációk

Mozgóképek készítésére csak a MicroStation és az ArcView alkalmas. De azok is igen eltérő módokon, úgyhogy ebben az esetben csak felületes összehasonlításra van lehetőség.

Összefoglaló táblázat

Fontos kiemelni, hogy mindhárom program esetében igyekeztem teljesen azonos alapbeállításokon (pl. nézőpont, berepülési útvonal, metszet stb.) alapuló, azonos méretarányú térképeket, tömbszelvényeket produkálni. Ugyanígy törekedtem arra is, hogy az eredményt jelentő raszterképek felbontása, a színvilág és a nyomtatott eredmények mérete lehetőleg egyforma legyen.

TEMATIKA	2D (felülnézet)	3D (madártávlat)	MOZGÁS
szintvonalrajz	✓		
hipszometria	✓		
summer (ény-i)	✓		
kitettség	✓	✓	
meredekség	✓	✓	
átláthatóság	✓	✓	
metszet	✓		
egyéb	✓	✓	✓
térkép + summer (ény-i) térkép + summer (ény-i) + hipszometria	✓	✓	berepülés, körbeforgatás
űrfotó + summer (valós)	✓	✓	napmozgás
űrfotó + térkép + summer (valós)	✓	✓	berepülés, körbeforgatás