

## Digitális magassági modell és a felszíntagoltsági mutató használata kis méretarányú talajtérképezésben

<sup>1</sup>DOBOS ENDRE, <sup>2</sup>MICHÉLI ERIKA, <sup>3</sup>MARION F. BAUMGARDNER

<sup>1</sup>Miskolci Egyetem, <sup>2</sup>Gödöllői Agrártudományi Egyetem, és  
<sup>3</sup>Purdue University, USA

### Bevezetés

Az elmúlt évek változásainak eredményeképpen egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a határokon áterjedő regionális és globális környezeti, társadalmi változásokat figyelemmel kísérő és prognosztizáló kutatások. E folyamat ugrászerűen megnövelte a különböző tudományterületek információigényét. Regionális kutatások céljából az addig önállóan kezelt adatállományok egyesítése, összehangolása vált szükségessé (VAN ENGELEN, 1995; ESTES & MOONEYHAN, 1994). Komoly problémát jelent azonban a meglévő adatok minősége, mozaikossága és sok esetben összevethetetlensége. Az adatok jelentős hányada nemzeti, regionális alapon került begyűjtésre és feldolgozásra. A közös módszer hiánya miatt ezen adatok külön feldolgozás, adaptálás nélkül nem képezhetik egy globális adatbázis részét (BAUMGARDNER & OLDEMAN, 1986). Szükségessé vált tehát olyan digitális talajtani adatbázis létrehozása, mely részét képezheti globális szintű kutatások céljait szolgáló komplex információs rendszereknek.

Magyarország két, nemzetközi digitális talajtani adatbázis létrehozására irányuló projektben vett részt. Az egyik projekt eredménye a European Soil Database, mely tulajdonképpen az 1:5.000.000 FAO Világ Talajtérkép 1:1.000.000 méretarányú digitális formában történt felújítása. Előreláthatólag sokkal nagyobb jelentőséggel bírhat a környezeti tudományok művelői számára a SOTER (Global and National Soils and Terrain Digital Databases) 1:500.000 méretarányú talajtani és domborzati adatbázis, mely az ország teljes területére elkészült és rendelkezésre áll (VÁRALLYAY et al., 1994; OLDEMAN & SOMBROEK, 1990, TEUFERTS et al., 1995).

Továbbra is élő probléma, hogy a készítendő globális fedettséget feltételező adatbázisok - mint pl. a SOTER - teljessé tétele igen nagy energiabefektetést igényelne, mivel a földfelszín jelentős hányadáról nem állnak rendelkezésre releváns, megbízható adatok. Elsődleges adatnyerési eljárások, mint a tradíci-

onális, nagy részben terepi munkán alapuló talajtérképezés, jelentős anyagi és időráfordítást igényelne. A topográfiai térképek a Föld teljes felületére hozzáférhetőek, melyek alapján a terület digitális magassági modelljei is előállíthatók. Ezzel egy olyan másodlagos adatnyerési eljárásához jutunk, amely viszonylag költségkímélő módon járulhat hozzá olyan területek talajtani térképezéséhez, ahol hozzáférhető formában nem állnak rendelkezésre ilyen jellegű adatok.

### A térinformatikai rendszerek talajtani szempontból speciális jellemzői

Magyarország talajföldrajzáról, talajainak fizikai, kémiai paramétereiről jelentős mennyiségű adat áll rendelkezésre, mind tematikus térképek, mind pedig táblázatba foglalt adatállományok formájában (VÁRALLYAY, 1989, 1994a,b). Hasonló adatok hozzáférhetőek a csatlakozó tudományterületek esetében is. Ezeket a meglévő adatállományokat nem hagyhatjuk figyelmen kívül, különösen akkor, ha országos léptékű adatbázis létrehozására törekszünk. Az Országos Térinformatikai Adatbázis, valamint a digitális agrotopográfiai térkép, a digitális geológiai térkép és a digitális magassági modellek már most rendelkezésre állnak vagy elkészíthetők 1:100.000-től 1:1.000.000-os felbontásban.

Ezen térképek, adatállományok méretarányukból kifolyólag csak az adott térképi egységre általánosan jellemző paramétereket mutatják, amelyek nem feltétlenül érvényesek a vizsgált poligon minden pontjára (BURROUGH, 1983, 1989; STOMS, 1992). Az eltérések két okra vezethetők vissza: (i) a talajképző tényezők és ebből kifolyólag a talajok fizikai, kémiai paraméterei kis területeken belül is jelentős heterogenitást mutatnak; (ii) a talajtípusok határai a természetben folyamatos átmeneteket képeznek, míg a térinformatikai megjelenítésnél a talajtípusokat határoló poligonok éles átmenetet feltételeznek. E két probléma mind a hagyományos térképészeti módszerek esetén, mind pedig a térinformatikai interpretációnál vagy adatvesztéssel, vagy a meglévő adatok tartalmi és geometriai pontosságának csökkenésével jár, végső soron rontva az adatminőséget. Lehetséges megoldások:

1. A méretarány növelésével a fent említett tényezők hatásai csökkenthetők az adott alkalmazásnál megkívánható szintig, de a talajok fraktál természete miatt ezek a problémák méretaránytól függetlenül léteznek (GOODCHILD, 1987). A felbontás növeléséhez viszont lokális szintű felmérések szükségesek. Elsődleges adatok nyérése és felhasználása igen jelentős anyagi és időráfordítással jár, ami egy országos léptékű rendszer felállításánál nem lehet kifizetődő. Lokális szinten viszont (önkormányzatok, vállalatok) adott esetben kifizetődő lehet. Az ilyen nagy méretarányú térképekkel kiegészítve az országos hálózatot (biztosítva a rendszerek kompatibilitását) javíthatjuk adataink pontosságát.

2. A „Fuzzy Set” módszer lehetővé teszi olyan „nem-ideális” objektumok térképi interpretációját, ahol a hagyományos határvonalakkal lehatárolt területek

tekkel történő ábrázolásmód - a talajtulajdonságok fokozatos átmenete miatt - nem nyújt kielégítő eredményt. A Fuzzy Set módszer a térképi pontokhoz osztályba tartozási valószínűségeket rendel ahelyett, hogy egzakt értékeket rendelne hozzá. A módszer hátrányaként említhető, hogy jelentősebb számú kategória-osztály egyidejű vizuális megjelenítése és értelmezése nehézkes lehet (BURROUGH, 1989; MCBRATNEY & DE GRUITER, 1992)

(3) Korábban készült talajtérképek esetében az általánosítás volt a leggyakrabban használt módszer. A módszer lényege az volt, hogy egy többé-kevésbé egységes területhez - mint objektumhoz - a legjellemzőbb talajtípust rendelték hozzá, elhanyagolva a terület természetes heterogenitását. Manapság inkább a talajasszociációk, vagyis talajtársulások térképezése került előtérbe (VAN ENGELEN, 1995; BATJES, 1993). Talajtársulásokon értjük mindazon talajok összességét, melyek az objektum területén belül megtalálhatók. Attribútumként ebben az esetben a terület jellemző talajtípusai, valamint - egyes esetekben - azok százalékos megoszlása szerepel. Itt még mindig nem értük el azt a célt, hogy a felhasználó egy konkrét pont lekérdezésével százszázalékos biztonsággal alkalmazható információkhoz jusson, viszont előrelépést jelent abból a szempontból, hogy a felhasználó számára szélesebb körű információt nyújt. Fejlettebb változatoknál a területen található talajtípusok egymáshoz és a domborzathoz fűződő viszonyának attribútumként történő megjelenítésével jelentősen megnöveli az információk térbeli lokalizálhatóságának lehetőségét is.

A talajtérképek legújabb generációinál egyre erősebben jelenik meg az igény a talajokat és tulajdonságaikat természeti és társadalmi környezetük egységében ábrázoló térképekre, adatállományokra. Ez a felfogás alapvetően azon a tényen alapszik, hogy a talajképződés és fejlődés egy folyamatosan létező és ható környezetben megy végbe. E környezet paraméterei sem állandóak, így eredményük sem lehet egy stacioner állapot, hanem csak a mindenkori környezeti feltételek között kialakuló egyensúlyi rendszer megnyilvánulásai (JENNY, 1994). Ha egy véges nagyságú területet akarunk jellemezni, melyen belül (1) a makroklima állandónak tekinthető, (2) a növényzet a domborzat és a talajképző kőzet változásait követve alakul, (3) a talajképző kőzet és így a talajképződés ideje a területen állandónak mondható - nem számítva a domborzattal leírható, eróziós és depozíciós folyamatok eredményeképpen kialakult fiatalabb felszíneket -, akkor ez az egyensúlyi rendszer a talajképződés szempontjából már csak két változóval bír: a domborzattal és a talajképző kőzettel. A domborzat igen jól jellemezhető digitális magassági modell segítségével, így a talajképző kőzet információs szintjével kiegészítve alkalmasnak látszik a talajképződés szempontjából egységes területek lehatárolására.

Bár a készítenő talajtani adatállományok elsődleges célja talajtani információk szolgáltatása, az objektumok területi elhatárolásánál a talajképző tényezők térképezése - a fentiek értelmében - mégis elsődlegességet kell hogy kapjon a konkrét talajtulajdonságok térképezésével szemben. Mivel e tényezők térbeli megoszlása nem egyenletes, a hatásukra kialakult talajok típusai, tulajdonságai is igen nagy heterogenitást mutatnak. Valóság-hű térképezésük - különösen a kis

méretarányú térképezésük - más környezeti elemek térképezéséhez hasonlóan, nagy nehézségekbe ütközik és sokszor kényszerül a térképező adatok általánosítására, becslésére stb.

### Anyag és módszer

#### *A vizsgálati terület talajtani és domborzati jellemzése*

A vizsgálati terület az EOTR 1:100 000 méretarányú agrotopográfiai térkép 56, 57, 66, 67, 76, 77-es számú térképszelvényeinek területét fedi le. Területe közelítőleg 90x100 km. Földrajzilag a következő tájegységeket foglalja magába: Gödöllő-Monori dombság, Keleti-Cserhát, Központi Mátra, Mátraalja, Bükkalja és a Borsodi Mezőség nyugati része, Tápió-Galga-Zagyva-vidék, Gyöngyös-Heves-vidéke, a Jászság, a Gerje-Perje-sík és a Pilis-Alpári-homokhát északi pereme. Ez az Északi-középhegység és az Alföld találkozásánál található terület minden szempontból rendkívül heterogén. Tengerszint feletti magasság tekintetében 80 és 1014 m közötti értékeket találunk, mely a függőleges talajzonalitás vizsgálata szempontjából ideális területet jelent. Hasonlóan széles skálán mozognak a lejtéviszonyokat, a felszín tagoltságot, valamint a talajképző közetet jellemző értékek is.

A nagyfokú heterogenitás tükröződik a terület talajviszonyaiban is. A hegysek magasabb részein, valamint az erózióknak kitett területeken közethatású talajokkal találkozhatunk, a talajképző közettől függően rendzinákkal, rankerekkel vagy nyiroktalajokkal. Lejjebb haladva a barna erdőtalajok katéna során keresztül elérkezünk az Alföld kontinentális klímával jellemezhető területeire, ahol már főleg a részleges vízhatás alatt képződött réti talajok, öntéstalajok, a Borsodi mezőség felé haladva pedig szikesek válnak uralkodóvá, míg a magasabb térszíneken réti csernozjom talajok helyezkednek el.

A területválasztásban nagyon fontos szerepet kapott az az igény, hogy mind a hegyvidéki, mind pedig a síksági területek képviselve legyenek. Ennek az a későbbiekben is bebizonyosodott törvényszerűség adta az alapját, hogy sík területek jellemzésére, valamint hegy- és dombvidéki területek jellemzésére nem feltétlenül alkalmazható ugyanaz a kategóriarendszer, vagy esetleg még ugyanazok a változók (tematikus szintek) sem. Síksági viszonyok között például a tengerszint feletti magasság 1-2 m-es változása is jelentősen különböző talajképződési feltételeket jelent, míg a hegyvidéki területeken ez még nem okoz lényeges változást. Ez elsősorban a talajvízszint magasságával, felszíntől való távolságával magyarázható. Tagolt felszínnek (hegység, dombság) esetén a talajvíznek nincs ilyen hatása, ebben az esetben a fő talajképző tényező a klíma, valamint a mikro- és mezoklímát befolyásoló kitettség.

*Digitális domborzatmodellek feldolgoása domborzati-geomorfológiai felszín kategóriák elkülönítésére*

Munkánk első szakaszában, a digitális domborzatmodell (DEM) és a származtatott másodlagos szintek elkészítése UNIX alapú ARC/INFO-val történt. A második szakaszban, a korábban kapott tematikus szintek „unsupervised” klaszterezéséhez ERDAS IMAGINE-t, a kategorizált tematikus szintek összevetítéséhez pedig ARC/INFO-t használtunk.

A digitális terepmodellek mint adatforrások minden olyan esetben nagy lehetőséget rejtenek magukban, amikor a terepadottságok és a vizsgálat tárgyát képező környezeti paraméter között ismert, többé-kevésbé modellezhető kapcsolat áll fenn (MOORE et al., 1993; HAMMER et al., 1995). A topográfiai adatok (és így a digitális terepmodellek) azok, amelyek szinte kivétel nélkül hozzáférhetők a föld teljes felületére, ezért globális és regionális szintű adatnyerésre - a topográfiai adatforrás minőségétől függően - tökéletesen alkalmasak. A talajképződésben jelentős szerepe van a domborzatnak, így e másodlagos adathordozóból nyert információ talajtani adatállományok készítésénél egyszerűsége, gyorsasága és különösen alacsony tőkeigénye miatt a jövőben valószínűsíthetően nagyobb szerepet kap (LYNN & PAPE, 1995).

Egy adott területen előforduló talajok kialakulását a domborzat szempontjából a terület lejtésviszonyai, relief energiája, tengerszint feletti magassága, és a felszín tagoltsága és formája határozza meg elsősorban (VAN ENGELEN, 1995). A talajképződés szempontjából egységesnek ítélt területek lehatárolása négy jellemző alapján történt:

1. tengerszint feletti magasság;
2. lejtésviszonyok;
3. felszínkonvexitás;
4. felszíntagoltság.

*Digitális domborzatmodell (DEM) készítése.* - A DEM generálás alapjául Magyarország 1:100.000 méretarányú agrotopográfiai térképének a vizsgálati területet lefedő térképszelvényekről digitalizált szintvonalas adatállományok szolgáltak. A szintvonalas adatállományok 6 térképszelvényének összeillesztése után a DEM generálása az ARC/INFO „topogridtool” parancsának segítségével történt 100x100 m-es felbontással. Az interpolációs függvények az esetek jelentős részében eredményezhetnek felszíni hibákat, lyukakat a felszínen, valamint indokolatlan, hirtelen kiemelkedéseket, melyeket egy-egy kiugróan alacsony vagy kiugróan magas érték jelez. Ha hidrológiai szempontból korrekt adatbázist akarunk, akkor ezeket a hibákat meg kell szüntetnünk, amelyhez a GRID programcsomag *fill* parancsát használtuk.

A kapott DEM valóság-hűségének statisztikai vizsgálatára sok módszer létezik. E módszerek elsősorban ismert GPS koordinátákon mért magassági értékek és a generált DEM adott pontban kapott értékeinek összevetésén alapszanak

(HUTCHINSON, 1993; NUGENT, 1995) Vizsgálatainknak nem képezte közvetlenül tárgyát a digitális magassági modell minőségi vizsgálata. Mivel nem álltak rendelkezésünkre nagy pontosságú GPS adatok sem, így e vizsgálatok elvégzésére nem is volt módunk, az adatállomány megbízhatóságának vizsgálatát csak empirikus úton végeztük el. Mivel a terület folyóvízhálózatának digitális adatállománya a rendelkezésünkre állt, a DEM-ből generált felszíni vízhálózat és a digitalizált vízhálózat összevetésével közvetett úton következtethettünk a digitális felszínmodellünk megbízhatóságára. A felszíni vízhálózat generálásánál a *flowaccumulation* függvényt használtuk. A függvény minden cellánál megvizsgálja, hogy hány körülvevő cellának van magasabb értéke, és azon cellák számát rendeli a vizsgált cellához. Tovább haladva a többi cellán is, azok értékeinek kiszámításánál a szomszédos cellák már az új értékekkel vesznek részt, így akkumulatív módon kísérhető végig, hogy adott cellánál hány másikkal van magasabb értéke, hány másik cella „folyik” bele az adott cellába. Aból kiindulva, hogy a vízfolyások mindig a lejtő irányába mennek, valamint abból, hogyha egy cellába már egy bizonyos számúnál nagyobb mennyiség „folyik” bele - a vízgyűjtő terület elég nagyra válik - akkor az már felszíni vízfolyásnak tekinthető, elő tudtuk állítani a domborzat alapján a felszíni vízfolyások hálózatát.

*DEM-ből származtatott állományok.* - A digitális domborzatmodell alapján generált vízhálózatot összevetve a digitalizált állománnyal azt tapasztaltuk, hogy ahol a terepadottságokból kifolyólag a szintvonalak sűrűsége magas volt, ott a két hálózat szinte tökéletes átfedésben volt. A Mátraalját és így a hegylábi területeket az Alföld felé elhagyva, a Jászság tagolatlan és többé-kevésbé sík területein a kapott DEM szinte teljesen használhatatlannak bizonyult. Jelentős javulást hozott viszont a vizsgált terület megnövelése. Az ebből generált DEM szintén tartalmazta a korábbi hibákat, de ezek érthető módon a szélső területeken helyezkedtek el, mivel ott hiányoztak az adekvát interpolációt lehetővé tevő, folytonosságot képviselő adatok. Ebből a későbbi DEM-ből kivágva az eredeti vizsgálati terület adatállományát, az eredmény a fentebb említett összehasonlító vizsgálatok alapján már használhatónak bizonyult.

*Lejtésviszonyok (SLOPE fedvény).* - A fentiek alapján elkészített digitális terepmodell szolgált a terület lejtésviszonyainak meghatározására, amelyet a GRID *slope* függvényének segítségével generáltunk. A *slope* függvény *percentrise* paraméterének beállításával a keletkező raszterállomány pontjaihoz az adott pont és legmagasabb szomszédos pontja közötti magasságkülönbség és a két pont távolságának hányadosát rendeli.

*Felszínkonvexitás-vizsgálat (CURVATURE fedvény).* - A felszín konvex vagy konkáv jellege nagy mértékben meghatározza a felszíni és talajvizek lefolyási irányát és sebességét, mely tényezők a talajban megnyilvánuló vízhatás tartamán és jellegén keresztül hatnak a talajfolyamatokra, a talaj fizikai és ké-



miai tulajdonságaira. Az ARC/INFO GRID programcsomagjának *curvature* függvénye a lejtő irányában és a lejtőre merőleges irányban vizsgálja a felszín konvexitását. Az általunk alkalmazott modellben a lejtő irányára merőleges konvexitási tényezőt alkalmaztuk, mert ezzel lehetséges a patak és folyóvölgyek lehatárolása.

*Felszíntagoltág (DISSECTION fedvény).* A talajképződés feltételeit jelentős mértékben meghatározza a terület tagoltsága, a vízfolyások mennyisége. A felszín tagoltságának jellemzésére a SOTER módszertana az egységnyi területre eső vízfolyások hosszát használja fel. A feladat megoldásához tehát a terület vízhálózatának ismerete szükséges. Mivel a digitális formában rendelkezésre álló vízhálózat térképe az időszakos vagy csak kis vízhozamú vízfolyásokat nem minden esetben tünteti fel, célszerűbbnek tűnt a korábban leírt módon generált felszíni vízhálózat adatállományát felhasználni az adott célra. A vízhálózat raszterállományában minden ponthoz, amely valamely vízfolyás részét képezte, 1-es értéket rendeltünk, míg a terület fennmaradó pontjainak „nodata” értéket adtunk. Ezután meghatároztuk azt a pixel számot, amely együttesen egységnyi területű kört fed le. A kör sugarát pixel egységben meghatározva és a GRID *focalsum* függvénybe helyettesítve, az eredményraszter pontjaiban a pontot körülvevő egységnyi területű körben található „vízfolyás-pixelek” számát kapjuk.

#### *Talajpoligonok lehatárolása a DEM-ből származtatott állományok segítségével*

Mivel elsősorban a „felszíntagoltság” tematikus szint nyújtotta többlet információ talajtani értelmezhetőségének általános aspektusaira voltunk kíváncsiak, munkánkhoz az angol nyelvű szakirodalomban „unsupervised clustering”-nek nevezett módszert használtuk. A módszer a „K-mean” algoritmus alapján sorolja a kívánt számú osztályba a tematikus szintek alkotta fedvény-csomag pixeljeit (RICHARDS, 1986). A vizsgálati terület talajait a könnyebb átláthatóság kedvéért 13 osztályba soroltuk. Referenciaként a HunSOTER adatbázis generalizálásával nyert állományt használtuk

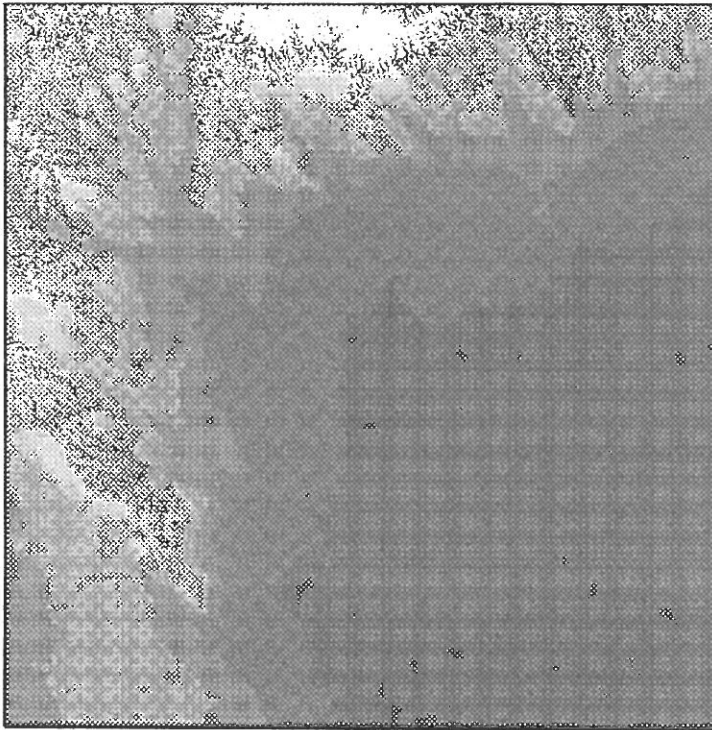
#### *Az eredmények kvantitatív, összehasonlító értékelése*

Az eredmények kvantitatív értékelésénél a korábbi HunSOTER adatbázis 13 osztályát két osztályra redukáltuk. Az első osztályba azokat a talajokat soroltuk, amelyek kialakulásánál a talajvíz hatása nem jellemző, míg a második osztályba a hidromorf talajok kerültek. Jelen munkában a hidromorf talajok közé soroltuk a réti-, láp- és szikes talajokat. Ezt a két osztályt alkalmaztuk az eredményállományok esetében is. A klaszterezés eredményállománya eredetileg szintén 13 osztályt tartalmazott, amit itt is a fentebb említett két osztályba soroltunk be.

Mivel itt konkrét talajtípusok nem voltak az osztályokhoz rendelve, az osztályok összevonása empirikus úton történt. Azokat az osztályokat soroltuk a hidromorf kategóriába, amelyek definiálásában a DISSECTION állomány magas értékei voltak a legfőbb meghatározó tényezők. 7 osztályt soroltunk a „nem-hidromorf” és 6 osztályt a „hidromorf” kategóriába. Végül összevetettük a redukált HunSOTER és redukált eredményállományt és meghatároztuk a helyesen osztályozott pixelek osztályonkénti százalékos arányát, valamint a Kappa-koefficienszt (LILLESAND et al., 1994).

### Eredmények és értékelésük

A digitális domborzatmodellek és a belőlük származtatott másodlagos adat-hordozók felhasználása talajpoligonok lehatárolásában igen nagy lehetőségeket rejt magában. Az eredmények egyértelműen jelzik, hogy a klaszter-analízissel létrehozott állományok mindig kisebb hibával terheltek, mint a manuálisan, egyenkénti osztályba sorolással és az osztályozott tematikus szintek összevetésével létrehozott állományok. További előnye e módszernek, hogy az osztályo-



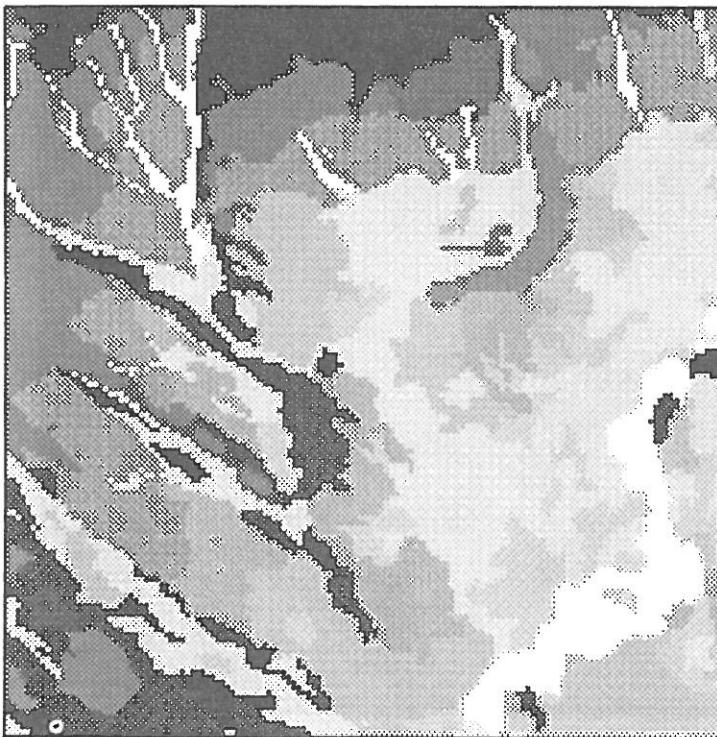
1. ábra

Eredményállomány a DEM, SLOPE és CURVATURE fedvények alapján



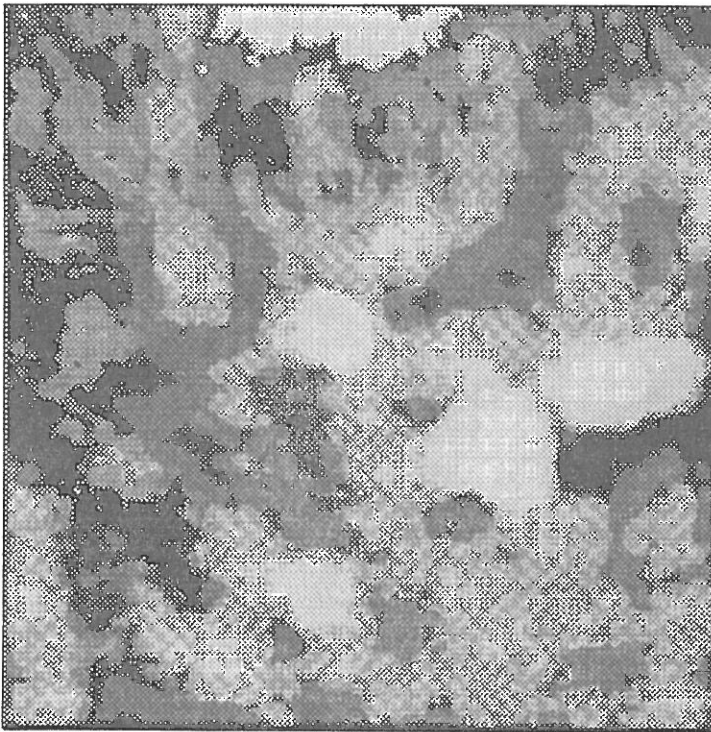
zást követő simítási munkák információvesztése nem  $n$ -szereződik meg a raszterkép-csomag „ $n$ ” szintjének egyenkénti szűrésével, hanem mindössze egy simító szűrést alkalmazunk. Hátránya viszont, hogy az osztályba sorolását végző algoritmusok érzékenyek a különböző szintek értéktartománybeli különbségére, mert azokban az esetekben, amikor a fedvények pixelértékei jelentős nagyságrendbeli eltérést mutatnak, az általuk alkotott adatmátrix invertálása hibás számításokat eredményezhet. Egymásból származtatott adatállományok esetén, amikor az adatmátrix változóoszlopai egymás többszöröseiként kifejezhetők, az algoritmus végrehajtása mátrix szingularitás miatt leáll.

Kis méretarányú térképezés esetén a hagyományosnak mondható tematikus állományok, mint pl. a CURVATURE, SLOPE használata nem nyújt kielégítő eredményt. 100 méteres pixelméretű DEM-mel dolgozva a tagoltabb hegy- és dombvidéki területek esetén a modell nagyon jó felbontással rendelkezik, ám a síkvidéki területeken használhatatlannak bizonyult (1. ábra). Az Alföld északi területe rendkívüli talajtani heterogenitást mutat, amit a HunSOTER adatbázis vizsgálati területre eső fedvénye is mutat (2. ábra). Összevetve a két állományt látható, hogy a hagyományos tematikus szinteket tartalmazó modell használata kis és közepes méretarány esetén, sík területen semmi eredménnyel nem bíztat.



2. ábra  
A HunSOTER adatbázis poligonrendszere

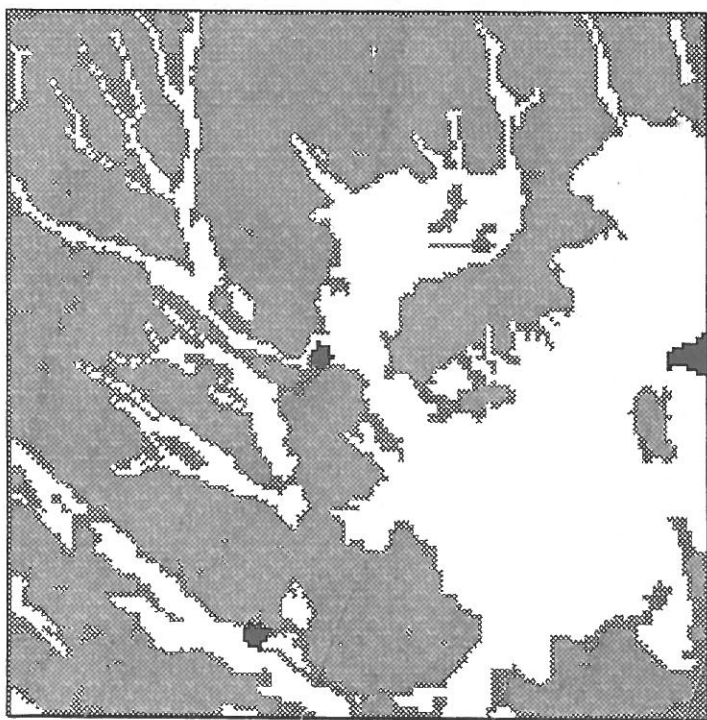
Az Alföld legmélyebb és legmagasabb pontja közötti magasságkülönbség egy ilyen felbontású állomány esetén elvész. Pár méteres szintkülönbség - ami az Alföld esetén sokszor teljesen eltérő talajtípusokat jelent - a modell számára nem érzékelhető. Ugyanígy elveszíti információtartalmát a lejtőszögek és felszínkonvexitás-vizsgálat, vagyis minden, ami a talajvíz hatását jellemezhetné. Ez a magyarázata annak, hogy a hagyományos elemekből építkező modell a tengerszint feletti magasságokon kívül semmi más információt nem tudott hasznosítani az osztályozásnál. Jelentős változást eredményezett a DISSECTION fedvény hozzáadása a modellhez. Amellett, hogy a modell megtartotta érzékenységét a hegy- és dombvidéki részeken, a sík területek esetén is használható felbontással rendelkezik (3. ábra). Nagyon jól kivehetően megjelenik a Tarnát kísérő, sarló alakú, Tarna hordalékból kifújt homokbucka, ami 10-15 m-rel emelkedik ki a területből. Ezt a viszonylag kis magasságkülönbséget a hagyományos modell nem tudta kezelni, míg a DISSECTION hozzáadása után már kezelhetőnek bizonyult. A mélyebb fekvésű területek, ahol a felszíni és talajvizek összefolyása várható, szintén nagyon határozott körvonalakkal jelennek meg az eredményállományban. Megállapítható, hogy a DISSECTION fedvény



3. ábra

Eredményállomány a DEM, SLOPE, CURVATURE és a hozzáadott DISSECTION fedvény alapján

részben átvette azokat a funkciókat, amiket a nagy méretarányú modellek esetén a felszínkonvexitás- és lejtésviszonyok vizsgálata jelentett. A DISSECTION állomány eredmény fedvényének értelmezése azonban nem mindig egyértelmű. Azokon a tagolatlan, kis lejtésű felszíneken, melyeknek minden pontja csak egy irányban, a szintvonalak érintőjére merőleges irányban lejt az erózióbázisok (folyók, patakok) felé és a lejtő irányával merőleges vonalra eső szomszédjával szemben semmi szintkülönbséget nem mutat, a generált felszíni vízhálózat eredményállománya „párhuzamos vízfolyások” tömött sorait jelzi a területen. A valós világ modellezése szempontjából ez a grid részben hamis információkat tartalmaz, mert ilyen lefolyásviszonyok - lepelszerű vízáramlás - ezeken a területeken nem alakulnak ki. A felszín lejtése ugyanis igen kicsi - síkságról lévén szó -, ezért a lefolyás igen lassú, és a víz jelentős része nem a felszínen éri el a Tiszát vagy a Zagyvát, hanem leszivárog a talajvízbe, és így nem képez felszíni vízfolyást. A természetben ilyen helyzet csak tömör, nem porózus kőzetek felszíni előfordulása esetén alakul ki. A tagoltság-grid értékét azonban nem csökkenti ez a helyzet, mert az így kialakult állomány adott területeit legalább olyan jól jellemzi ez az állapot, mint a „hibamentes” részek információi. Fontos viszont, hogy az interpretátor felismerje a helyzetet, és az ezeket a jelensé-



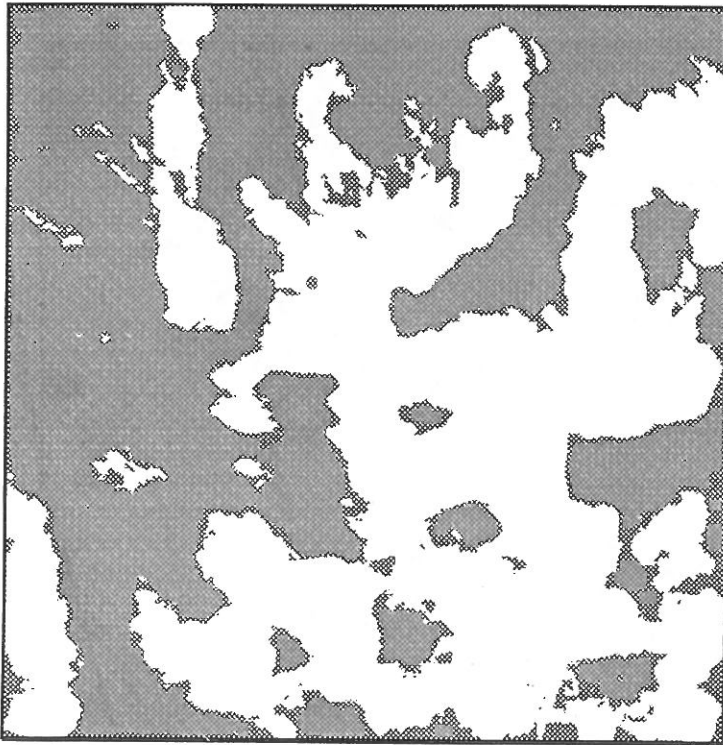
4. ábra

A vizsgálati terület „hidromorf” talajai (világos színnel ábrázolva).  
(A HunSOTER adatbázis alapján)

geket jellemző értékeket leválassza az eredeti kategóriarendszer legfelsőbb osztályáról.

Az eredetileg tervezett hagyományos és a DISSECTION-nel kiegészített modell összehasonlító vizsgálatára nem került sor, mivel a hagyományos modell semmi eredményt nem adott, így értelmetlen lett volna bármiféle összevetés. Elvégeztük azonban a DISSECTION-nel kiegészített modell eredményállományának értékelését. Az „unsupervised clustering” módszerrel kapott eredményekből direkt módon származtatott kategóriaazonosítókat az esetek jelentős részében fenntartásokkal kell fogadnunk, különösen akkor, amikor a szétválasztható osztályok száma nem egyértelműen meghatározható. Heterogenitás-vizsgálatokra és általános jellemzők meghatározására viszont kiválóan alkalmazható.

A fentebb leírt módon előállított „hidromorf” és „nem hidromorf” kategóriákra redukált állományokat használtuk fel a kvantitatív elemzésre. (4. és 5. ábra). A „hidromorf” kategória osztályozási pontossága 69,85 %-os volt, míg a „nem hidromorf” kategóriában 63,13 %. A Kappa-koefficiens 0,31. A hibamátrixot az 1. táblázat mutatja. Ezek az értékek véleményünk szerint kielé-



5. ábra

A DEM, SLOPE, CURVATURE és DISSECTION alapján létrehozott állomány.  
(A világos szín a hidromorf talajok modell szerinti kiterjedését mutatja)

gítők, különösen, ha figyelembe vesszük azt a tényt, hogy az összevetés a HunSOTER állománnyal, vagyis egy méretarányából kifolyólag szükségszerűen általánosított állománnyal történt, nem pedig egy konkrét koordinátákhoz kötött szelvénypont hálózat adataival, amelyek pontossága - ha az adatgyűjtési hibáktól eltekintünk -100 %-osnak mondható.

*1. táblázat*

**A hidromorf és nem hidromorf kategóriákat tartalmazó SOTER és a modell eredményállomány összevetésének hibamátrixa**

	(1) Nem hidromorf (HunSOTER)	(2) Hidromorf (HunSOTER)	(3) Összesen
a) Nem hidromorf (modellállomány)	328 674	88 973	417 647
b) Hidromorf (modellállomány)	191 934	206 092	398 026
c) Összesen	520 608	295 065	815 673

**Következtetések és további feladatok**

A kapott eredmények azonban minden esetben kiegészítendők, felülvizsgálandók. Teljes értékű talajtérképezésre önmagában a modell nem használható fel, mert a talajképző kőzetről semmi információt nem szolgáltat. Azokon a területeken viszont, ahol a makroklíma többé-kevésbe változatlan, a vizsgálati területen belül a növényzet jellemezhető a talajképző kőzet, domborzat és a tengerszint feletti magasság eredőjével, a módszer a talajképző kőzet fedvényével kiegészítve igen jól alkalmazható. A kapott eredmények pontosítására űrfelvételek és DEM állományok integrált adatbázisai előzetes vizsgálataink szerint alkalmasak. A termál-infravörös tartományban készített felvételek igen jól jellemzik a talajképző kőzetet, így ezek is potenciális kiegészítő adatforrásul szolgálhatnak a modellhez. Ha a talajképző kőzet digitális formában rendelkezésre áll, akkor ezt fedésbe hozva a korábban generált talajtani-domborzati egységek alkotta eredmény térképi állománnyal, a valós világ tulajdonságait jobban megközelítő adatállományt kapunk.

A módszer sikeres alkalmazhatósága elsősorban attól függ, hogy miképpen határozzuk meg az osztályok kritériumrendszerét, hogyan állítjuk be a modellek empirikus paramétereit, valamint, hogy milyen minőségű numerikus és térképi adatállományok állnak rendelkezésünkre.

### Összefoglalás

A domborzat és felszínformatípusok hatását a talajképződésre már a múltban is sokan vizsgálták és jelentős mennyiségű információ gyűlt össze a témában. A térinformatika és a digitális domborzati modellek elterjedésével új lehetőségek nyíltak meg a talajtulajdonságokat a felszínformák függvényében vizsgáló kutatások terén.

E munka célja az volt, hogy megvizsgáljuk, miképpen használhatók fel a digitális magassági modellek a modern térinformatika eszközszerének segítségével talajpoligonok, talajtanilag egységesnek tekinthető felületek lehatárolásában kis méretarányú talajtérképezés során. Digitális domborzati modellek (DEM) és az ebből származtatható másodlagos információs szintek, mint pl. a lejtéviszonyok, kitettség, relief energia és a felszín konvex-konkáv formáinak elemzése korábban is jelentős szerepet játszottak a talajtérképezésben.

Jelen kutatás egy, a térinformatikai rendszerekben eddig még nem használt másodlagos információs szint, a „felszíntagoltság” felhasználásának potenciális lehetőségeit mutatja be „unsupervised clustering” módszert alkalmazva. Megállapítható, hogy a felületi depressziók jellemzésére - 100 méteres pixelméretű DEM alkalmazása esetén - és így közvetetten a vízhatás alatt fejlődő talajok elkülönítésére a módszer igen jól használható.

### Irodalom

- BATJES, N. H., 1974. Application of SOTER in regional studies of soil degradation. In: International Workshop on Harmonization of Soil Conservation Monitoring Systems, Budapest, 14-17 September, 1993. 17-28. RISSAC. Budapest.
- BAUMGARDNER, M. F. & OLDEMAN, L.R., 1986. Proceedings International Workshop on the Structure of the Digital Soil Resource Map Annex Database, Wageningen, 20-24 January, 1986. SOTER Report No. 1. International Soil Reference and Information Center, Wageningen.
- BURROUGH, P. A., 1983. Multiscale sources of spatial variation in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **34**. 577-597.
- BURROUGH, P. A., 1989. Fuzzy Mathematical Methods for Soil Survey and Land Evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **40**. 477-492.
- ESTES, J. E. & MOONEYHAN, D. W., 1994. Of Maps and Myths. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. **60**. (5) 517-524.
- GOODCHILD, M. F. & MARK, D. M., 1987. The fractal nature of geographic phenomena. *Annals of the Association of American Geographers*. **77**. (2) 265-278.
- HAMMER, R. D et al., 1995. Slope class maps from soil survey and digital elevation models. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **59**. 509-519.
- HUTCHINSON, M. F., 1993. Development of a continent-wide DEM with applications to terrain and climate analysis. In: *Environmental Modelling with GIS*. 392-399. Oxford University Press. Oxford-New York.
- JENNY, H., 1994. *Factors of Soil Formation. A System of Quantitative Pedology*. Dover Publications, Inc. New York.



- LILLESAND, T. M. & KIEFER, R. W., 1994. Remote sensing and image interpretation. In: Digital Image Processing. 614-618. John Wiley & Sons. New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore.
- LYNN, E. & PAPE, D., 1995. Extracting geographic features from raster data. In: Annual Convention & Exposition Technical Papers. 733-740. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. Washington, D. C.
- MCBRATNEY, A. B. & DE GRUITER, J. J., 1992. A continuum approach to soil classification by modified fuzzy K-means with extragrades. Soil Sci. Soc. Am. J. 43. 159-175.
- MOORE, I. D. et al., 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 57. 443-452.
- NUGENT, J. L., 1995. Quality control techniques for a GIS database development project. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 61. (5) 523-527.
- OLDEMAN, L. R. & SOMBROEK, W. G., 1990. Use of the SOTER database to model global change. Trans. 14th Int. Congr. Soil Science. V. 136-141.
- RICHARDS, J. A., 1986. Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg-New York.
- STOMS, D. M., 1992. Effects of habitat map generalization in biodiversity assessment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 58. (11) 1587-1591.
- TEUFERTS, J. et al., 1995. Factors affecting regional water quality - Applications of a remote sensing and GIS enhancement of the Hungarian Soils and Terrain (SOTER) database. In: Abstracts Volume, Geological Society of America (GSA) National Convention, November 6-9, 1995, New Orleans, Louisiana.
- VAN ENGELLEN, V. W. P., 1995. Global and National Soils and Terrain Digital Databases, Procedures Manual. International Soil Reference and Information Center. Wageningen.
- VÁRALLYAY, GY., 1989. Soil mapping in Hungary. Agrokémia és Talajtan. 38. 695-714.
- VÁRALLYAY, GY., 1994a. Soil data-base for long-term field experiments and sustainable land use. Agrokémia és Talajtan. 43. 269-290.
- VÁRALLYAY, GY., 1994b. Soil data-bases, soil mapping, soil information- and soil monitoring systems in Hungary. In: International Workshop on Harmonization of Soil Conservation Monitoring Systems, Budapest, 14-17 September, 1993. 107-124. RISSAC. Budapest.
- VÁRALLYAY, GY. et al., 1994. SOTER (Soil and Terrain Digital Database) 1:500,000 and its application in Hungary. Agrokémia és Talajtan. 43. 87-108.

*Érkezett: 1997. február 3.*

## The Use of Digital Elevation Data and Drainage Density in Small-Scale Soil Characterization

<sup>1</sup> E. DOBOS, <sup>2</sup> E. MICHÉLI and <sup>3</sup> M. F. BAUMGARDNER

<sup>1</sup> Miskolc University, <sup>2</sup> Gödöllő University of Agricultural Sciences (Hungary) and <sup>3</sup> Purdue University, West Lafayette (USA)

### Summary

The depth to groundwater has a significant effect on soil formation. The characterization of the terrain features as an expression of groundwater effect is essential. Thus, importance of such information is increasingly recognized by soil surveyors. Qualitative approaches for predicting soil drainage classes based on landform features, such as the form of slope, curvature of the surface and the drainage density are commonly used. Recent advances in Geographic Information Systems (GIS) and allied technologies have created new opportunities for landscape interpretation using digital elevation data. Many of the GIS softwares support the extraction of different characteristics of the terrain. The use of surface form and curvature as differentiating criteria often lead to a satisfactory result in terrain characterization, particularly in large-scale mapping. However, those variables extracted from low resolution DEM in small-scale mapping often lose their ability to delineate soil variations affected by groundwater. We have found, that using a 100 meter resolution DEM for extracting curvature information of the surface is not appropriate. Instead, a method of drainage density quantification within a GIS framework is presented and tested for potential use. A drainage density layer in the model provides a great improvement in the classification and a 69.85 percent accuracy in the discrimination of soil variations related to hydromorphic features.

*Table 1.* The contingency matrix of the HunSOTER and the result image having the two categories of hydromorphic and non-hydromorphic soils. (1) Non-hydromorphic soils (HunSOTER). (2) Hydromorphic soils (HunSOTER). (3) Total. a) Non-hydromorphic (model); b) Hydromorphic (model); c) Total.

*Figure 1.* The result of the unsupervised classification of DEM, SLOPE and CURVATURE layers.

*Figure 2.* Soil variability of the study area. (Based on the HunSOTER database)

*Figure 3.* The result of the unsupervised classification of DEM, SLOPE, CURVATURE and DISSECTION layers.

*Figure 4.* The reference map of the study area. (The light colour refers to hydromorphic soils).

*Figure 5.* The „hydromorphic” soil layer derived from the image shown on Figure 3. (The light colour refers to hydromorphic soils).