

Digitális modell a talajerózió és a domborzati adottságok közötti összefüggés kifejezésére

KERTÉSZ ÁDÁM és MÁRKUS BÉLA

MTA Földrajztudományi Kutató Intézet és BME Geodéziai Intézet,
Budapest

A talajeróziós folyamatok modellezésével századunk közepe óta foglalkoznak intenzíven. A modellezés két alapfeltevésekből indulhat ki: vagy a talajeróziós folyamatok fizikai törvényszerűségeinek feltárására törekszünk /determinisztikus modell/, vagy - tapasztalati mérési eredményeink alapján - sztochasztikus modellt építünk. Nehéz, és ma még nem kellő mértékben megoldott a fizikai modellépítés, ezért többnyire sztochasztikus modelleket alkalmaznak /WISCHMEIER és SMITH, 1962; CREAMS-modell: FOSTER et al., 1980, stb./.

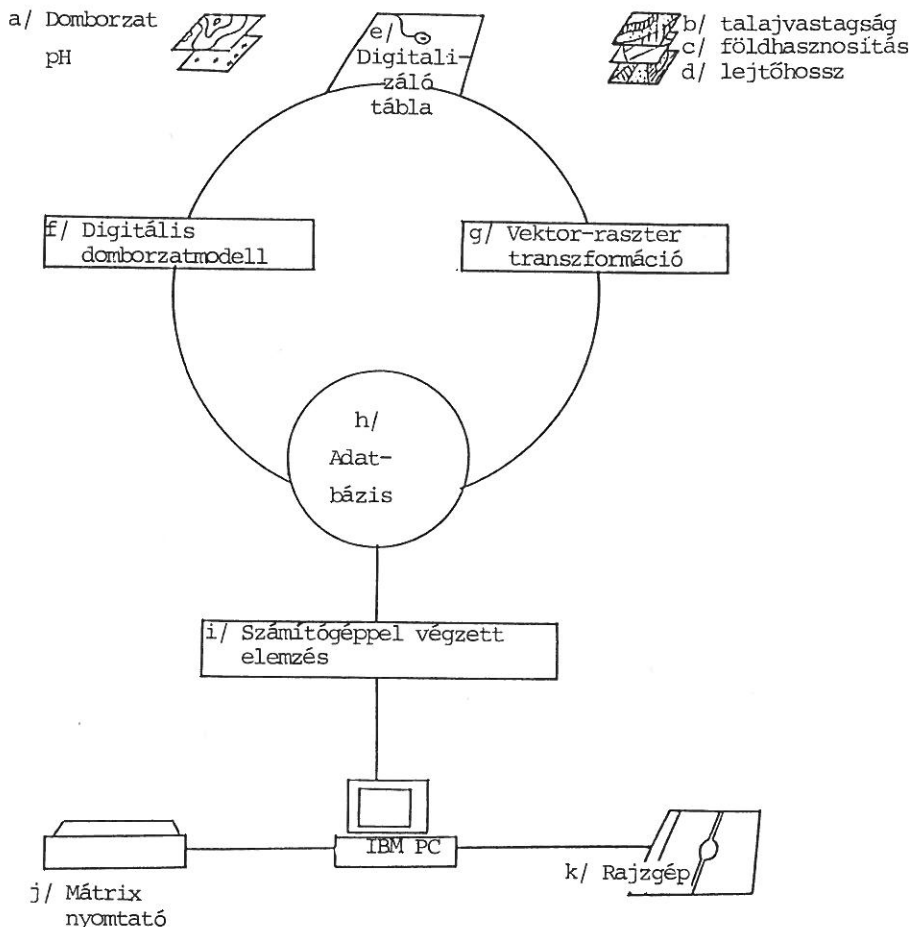
A talajeróziós modellek általában a talajeróziós folyamatra irányulnak. Egy másik megközelítési mód, amelyet e tanulmányban követtünk, a folyamat eredményét, tehát a különböző mértékben lepusztult talajt tekinti. Természetesen a talaj nemcsak pusztul, de képződik is. Napjainkban azonban - különösen a talajerózió által veszélyeztetett területeken - az erózió sebességéhez képest elhanyagolhatóan kicsi a talajképződés sebessége, ezért a jelenlegi talajvastagság és a feltételezett eredeti talajvastagság viszonya az erózió mértékét fejezi ki. Ezen elvet követő talajeróziós térképezés Magyarországról /STEFANOVITS, 1964/ és más országokból is ismeretes. Megemlítjük, hogy vízháztartási szempontból hazánk erózióveszélyes területei az "erős felszíni lefolyás típusá"-ba sorolhatók /VÁRALLYAY, 1985, 1986/.

Tanulmányunk célja egy olyan modell felállítása, amely a /relatív/ talajvastagságot mint a talajeróziós folyamat eredményét és jellemzőjét tekintti és annak várható értékét földrajzi információs rendszer alkalmazásával a domborzati adottságokból vezeti le.

Modellterületként a Ruwer-völgy /NSZK, Trier környéke/ egy szakaszát választottuk. A területet G. RICHTER és munkatársai több, mint egy évtizede intenzíven kutatják /RICHTER, 1980a, 1980b, 1983; RICHTER et al., 1983/, így nagyszámú kontrolladat áll rendelkezésre.

Módszer

a. A munkaterületről készült térképeket /RICHTER et al., 1983/ digitalizáltuk és egy spagetti típusú elsődleges modellt állítottunk fel a talajvastagságról, talajtípusról, a földhasználatról és a lejtőhosszról. A magasságról és a pH-értékről pedig egy-egy szabálytalan pontelosztású háromdimenziós felszínmodellt állítottunk fel /1. ábra/. Az elsődleges modellekből

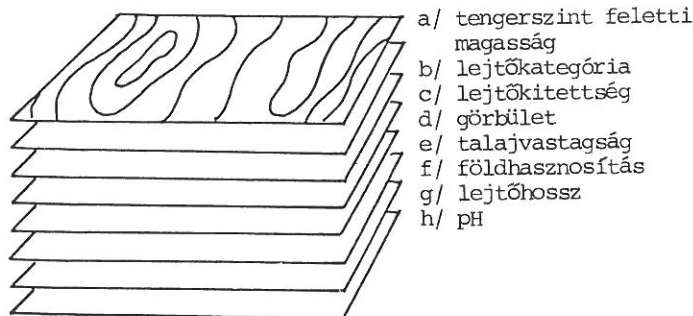


1. ábra
A FIR működése

egy szabályos elrendezésű, 50 x 50 m-es felbontású rasztermodellt, rácshálót vezetünk le. A domborzatot a magasságon kívül a rácspontokban jelentkező lejtés-, kitettség- és görbültségi viszonyokkal is kifejeztük /lejtés, lejtésirány, közepes görbültség, legnagyobb görbültség, stb./. Ezzel olyan földrajzi információs rendszert /továbbiakban: FIR/ állítottunk fel, amelynek szintjeit a 2. ábra mutatja.

Kitűzött célunkhoz természetesen nem volt szükség a földhasznosítási és pH-adatok digitalizálására, ezt a b. alatt leírt metodikai lépés és a később kifejlesztendő információs rendszer miatt végeztük el.

b. Megvizsgáltuk a FIR minden szintje közötti kölcsönkapcsolatokat, amelyeket az 1. táblázatban tüntettünk fel.



- a/ tengerszint feletti magasság
- b/ lejtőkategória
- c/ lejtőkitettség
- d/ görbület
- e/ talajvastagság
- f/ földhasznosítás
- g/ lejtőhossz
- h/ pH

2. ábra
A FIR adatszintjei

1. táblázat
A FIR adatszintjei között számított korrelációs együtthatók

	/1/ Talaj- vastag- ság	/2/ Tenger- szint feletti magasság	/3/ Lejt- tés	/4/ Lejtő- kitett- ség	/5/ Gör- bület	/6/ Lejtő- hossz	/7/ Föld- hasz- nosít- ás
1. Talajvastagság	1,00	-0,74	0,45	0,46	0,32	-0,09	-0,24
2. Tengerszint feletti magasság		1,00	-0,50	-0,39	-0,29	0,19	0,21
3. Lejtés			1,00	0,55	0,03	-0,02	-0,13
4. Lejtőkitettség				1,00	0,05	0,04	0,01
5. Görbület					1,00	-0,08	-0,11
6. Lejtőhossz						1,00	0,07
7. Földhasznosítás							1,00

c. Bizonyos adatszintek között a kapcsolat nyilvánvalóan nem lineáris, ezért harmadfokú polinommal (legkisebb négyzetes közelítéssel illetve) is megvizsgáltuk a talajvastagság és a többi változó kapcsolatát.

d. A talajvastagság alakulását a fenti jellemzők együttesen befolyásolják, ezért először a legszorosabb összefüggést mutató változó alapján becsültük a talajvastagság értékét. Ezt követően a számított és a valódi érték különbségéből differenciamatrixot képeztünk. A regressziót a következő legnagyobb korrelációt mutató változóra már e differenciamatrixra számoltuk, és így tovább.

Ha tehát a talajvastagság becsült /képletből számított/ értéke a legszorosabb összefüggést mutató változó alapján T_{b1} , a talajvastagság valódi /terepen mért/ értéke pedig T_m , akkor a két értékből pontról-pontra különbséget képezve a differenciamatrix elemei

$$/D_{ml}/_{i,j} = /T_{bl}/_{i,j} - /T_m/_{i,j}$$

lesznek. Ha $/D_{ml}/_{i,j} > 0$, akkor a tényleges talajvastagság kisebb a számított trendnél, ha $/D_{ml}/_{i,j} < 0$, akkor nagyobb annál. Ha a következő legnagyobb korrelációt mutató változó T_{b2} , akkor a következő lépésben a

$$\text{Corr } /T_{b2}, D_{ml}/_{i,j}$$

számítást végeztük el.

e. Az előző pontban említett együttes hatás figyelembevételére - három folyamatára alapján - különböző logikai függvények alkalmazásával próbálkoztunk. Az elsőben és a másodikban a magasságot, lejtést és görbültséget, a harmadikban a lejtést, görbültséget és a lejtőhosszat vettük figyelembe.

f. Végül a MÁRKUS-féle algoritmus [MÁRKUS, 1986] alapján kvantitatíve meghatározott domborzati /morfográfiai/ formaelemek /pl. völgytalp, csúcs, nyereg, stb./ és a talajvastagság kapcsolatát kerestük, ugyancsak különböző logikai függvények segítségével.

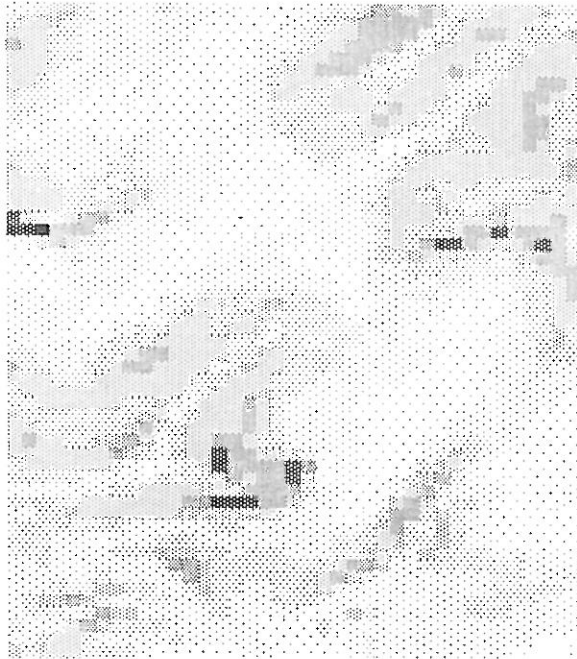
A vizsgált terület jellemzése a FIR alapján

A vizsgált terület a Ruwer-vízgyűjtő alsó szakaszán, Mertesdorftól K-re fekszik /a Ruwer a Mosel mellékfolyója Trier közelében/. A térképezett területről [RICHTER et al., 1983] egy 6 km²-nyi központi fekvésű részt választottunk ki. A teljes térképezett terület vizsgálata nem volt lehetséges, mivel a digitális terepmodell alkalmazásához az adott terület környezetéből is szükség van adatokra.

A FIR felépítéséhez a Márkus-féle terepmodellből indultunk ki [MÁRKUS, 1986]. A modellt a szintvonalas topográfiai térképről építettük fel. Minden morfometriai jellemzőt a digitális terepmodellből vezettünk le /tengerszint feletti magasság, lejtés, görbület, kitettség/. Megemlítjük, hogy a modell többféle lejtés- és görbület-meghatározást is lehetővé tesz, azonban a FIR felépítéséhez ezek közül csak egyet-egyed használtunk fel. A lejtőhossz is levezethető a modellből, tekintve azonban, hogy a valódi lejtőhosszat a szőlők közötti szintvonalakkal párhuzamos utak közötti távolság jelöli ki, úgy véltük, akkor járunk el helyesen, ha a RICHTER által térképezett valódi lejtőhosszat vesszük figyelembe. A FIR többi adatszintjéhez a RICHTER és munkatársai által szerkesztett térképeket használtuk fel és digitalizáltuk /lejtőhossz, talajvastagság, genetikai talajtípusok, pH, földrhasznosítás/.

A területet a FIR alapján az alábbiakban jellemezzük. Megjegyezzük, hogy a FIR bármely adatszintjét előhívhatjuk és kinyomtathatjuk, itt példaként csupán három adatszintet mutatunk be /3., 4. és 5. ábrák/.

A tengerszint feletti magasság 200-425 m között változik. A terület 60 %-a 350 m-nél magasabb. A lejtés 0-65 %-ig terjed /3. ábra/. A terület 3/4 része 20 %-nál meredekebb! A görbültséget a közepes görbültség értékével /ez a maximum és minimum átlagát jelenti/ fejeztük ki. A terület jórészt mérsékelten görbült terepidomokkal jellemezhető. A lejtőhosszak eloszlása egyenletes, mindenféle lejtőhossz előfordul. A talajok jórészt erodáltak, uralkodó a 2-es talajvastagsági fokozat /20-60 cm/ /4. ábra/. A pH értéke 4,5-5,0 közötti, az előforduló értékek 57 %-ában. A földhasznosítási típusok közül a legelő /33 %/ és a szántó /22 %/ uralkodó /5. ábra/.



□	nincs adat	1 %
◊	0 - 6 fok	17 %
◐	7 - 11 fok	33 %
◑	12 - 16 fok	22 %
◒	17 - 21 fok	19 %
◓	22 - 26 fok	5 %
◔	27 - 31 fok	2 %
◕	32 - fok	1 %

3. ábra

Lejtés. /A 3-5. és 7. ábrák jelkulcsának jobb szélső oszlopa az adott kategória által elfoglalt terület %-os arányát mutatja



□	nincs adat	14 %
◊	- 20 cm	21 %
◐	21 - 40 cm	31 %
◑	41 - 100 cm	28 %
◒	100- cm	6 %

4. ábra
Talajvastagság



□	a/ Nincs adat	14%
⋯	b/ Szőlő	9%
⋯	c/ Nem művelhető	22%
⋯	d/ Parlag	30%
⋯	e/ Szántó	13%
⋯	f/ Legelő	5%
■	g/ Erdő	7%

5. ábra
Földhasznosítás

A FIR egyes szintjei közötti összefüggéseket a korrelációs mátrix alapján /1. táblázat/ tártuk fel. A legszorosabb összefüggés a talajvastagság és a tengerszint feletti magasság / $C=0,74$, minél nagyobb tehát a tszf. m. értéke, annál vékonyabb a talaj/, valamint a kitettség és a lejtés között mutatkozik. A lejtés és a talajvastagság, illetve a lejtés és a tengerszint feletti magasság között számított korrelációs együtthatók értéke is viszonylag szoros összefüggésre utal. Közepesen erős összefüggés mutatható ki a kitettség és a tengerszint feletti magasság, a talajvastagság és a kitettség, a talajvastagság és a görbületség, a tengerszint feletti magasság és a görbületség, valamint a talajvastagság és a földhasznosítás között. A kitettség és a tengerszint feletti magasság közötti kapcsolat nehezen értelmezhető.

A modell

Célkitűzésünknek megfelelően az erózió várható értékét a dombozati paraméterek /a digitális terepmodell/ alapján kívánjuk meghatározni.

a. *Lineáris modell.* - Mint említettük, a /relatív/ talajvastagságot tekintjük az erózió mértékét kifejező mutatónak. Hangsúlyozni kívánjuk, hogy a relatív talajvastagság feltételezés, ezért hibalehetőségeket rejt magában. A levont következtetések tehát első közelítésnek tekintendők.

A korrelációs mátrix elemzése során megállapítottuk, hogy a talajvastagság a tengerszint feletti magassággal mutatja a legszorosabb összefüggést.

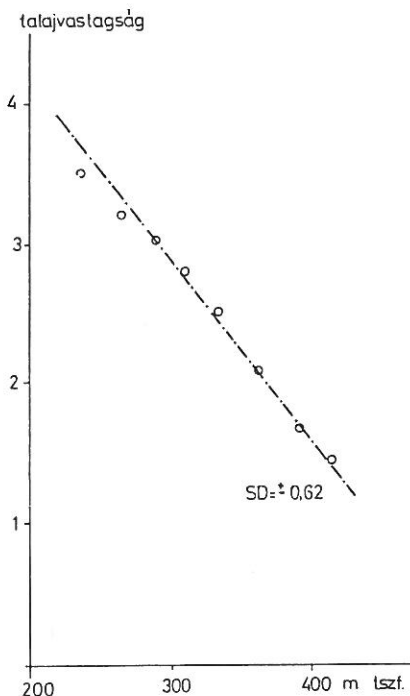
Ezért lineáris modellünk felállításakor is ebből indultunk ki. Mivel a talajvastagság a többi domborzati tényezővel is többé kevésbé jól korrelál, jogosan alapoztuk modellünket a digitális domborzatmodellre. A regressziós egyenes egyenlete /6. ábra/:

$$y = 6,6489 - 0,0013x \quad /1/$$

Megemlítjük, hogy a legtöbb mért adat /y érték/ a 300-400 m közötti tengerszint feletti magassághoz /x érték/ tartozik, a legkevesebb adat pedig a legmélyebben fekvő területekről áll rendelkezésre.

A fentiekből következik, hogy a talaj erodáltsága a tengerszint feletti magassággal szorosan összefügg. Ez a megállapítás általában nyilván nem igaz, csak az olyan dombvidékek esetében, amelyek vízvásztói lealacsonyodtak. A minden oldalról hátráló erózió következtében a vízvásztó környezetében a legerodáltabb a talaj. Az azonban általában is igaz, hogy a legmélyebben fekvő térségekben nincs erózió /akkumuláció van/, a magasság növekedtével pedig nő az erózió mértéke.

Vizsgálni kívántuk a trendtől /a regressziós egyenestől/ való eltéréseket regionálisan is /7. ábra/. Ezért előállítottuk azt a területi differenciaképet, amely megadja a képletből számított talajvastagság és a tényleges talajvastagság különbségét a vizsgált terület minden egyes pontjában /vö. a módszer d. pontjával/. A differenciaképből megállapítható, hogy a völgyekben általában nagyobb a tényleges talajvastagság, mint a képletből számított, a gerinceken fordítva. Az is megfigyelhető, hogy a trendtől



6. ábra

A talajvastagság és a tengerszint feletti magasság közötti korreláció



7. ábra

A differenciamátrix. /A "0" kategória arra utal, hogy nincs különbség a becsült és a valódi talajvastagság között./

való legnagyobb eltérések a mélyen fekvő területeken tapasztalhatók, míg a magasabban fekvő területeken az eltérés elhanyagolható. Ez azzal magyarázható, hogy a magasabb területekről sokkal több mért adatunk van, mint a mélyen fekvőkről.

A következő, legnagyobb korrelációt mutató változó a lejtés, ezért /vö. a módszer c. pontjával/ a következő lépésben a lejtés és a differenciamátrix között számoltuk a korrelációt. Majd ugyanezt a módszert alkalmaztuk a görbület esetében is. Ha tehát a lejtést és a görbületet is figyelembe vesszük, úgy a talajvastagság a következő egyenlet alapján becsülhető:

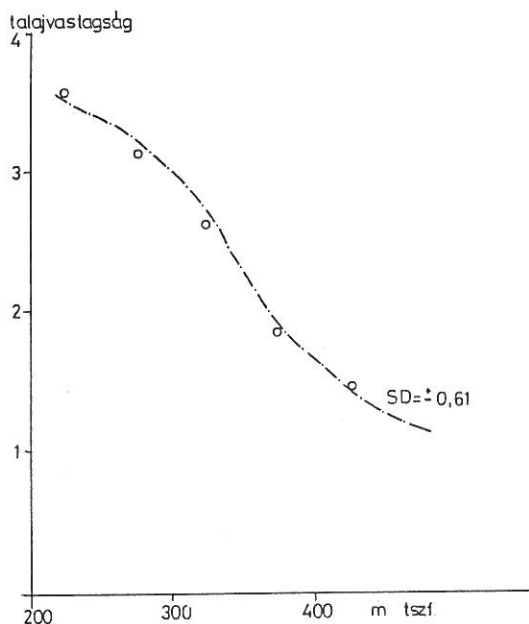
$$T = 7,7 - 0,013z - 0,22s - 29,2 c, \quad /2/$$

ahol T a talajvastagság, z a tengerszint feletti magasság, s a lejtés értéke ‰-ban, c a görbület.

A következő lépésben hozzávett, legnagyobb korrelációt mutató tényezők a szórást nem javították számottevően. A szórás értéke a lejtés és a görbületség figyelembevételével 0,618.

b. *Nem lineáris modell.* - A nem lineáris függvényekkel /másod- és harmadfoku polinomokkal/ való közelítés sem eredményezett lényeges javulást, a szórás értéke 0,61 körül maradt /8. ábra/.

c. *Logikai függvények alkalmazása.* - Logikai függvények segítségével 3 algoritmust dolgoztunk ki a talajvastagság várható értékének becslésére. Mindegyik algoritmus a vizsgált terület felszínét raszteres rendszerben



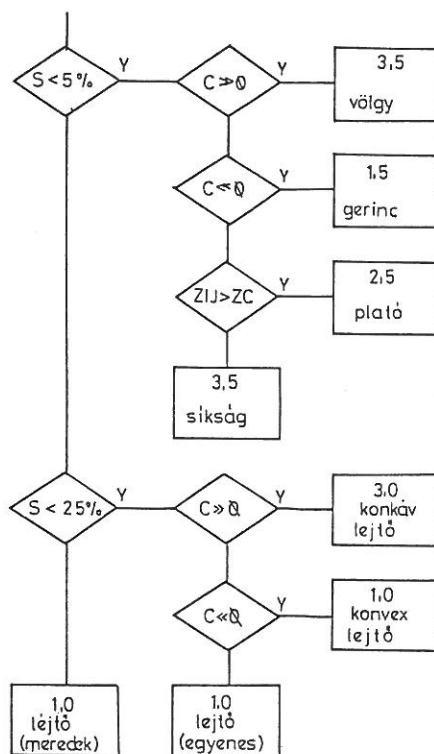
8. ábra
Harmadfokú polinommal való közelítés

kezeli és annak egy-egy pontját a pont környezeti adottságainak figyelembevételével klasszifikálja /lokál-paralell processzió/.

a. Az első algoritmus elsődleges minősítőként a lejtést veszi figyelembe /9. ábra/. A kritikus lejtés értékeket /5 %, 25 %/ a magyar szabvány és a terület lejtőfelszín eloszlása figyelembevételével állapítottuk meg. Másodlagos minősítőként a görbültséget alkalmaztuk. Abból az általános törvényszerűségből indultunk ki, hogy azonos lejtés, de különböző görbültség esetén más-más eróziós viszonyok adódnak és így más-más talajvastagság észlelhető /pl. ugyanolyan lejtésű homorú, illetve domború lejtőszakaszok/. Harmadsorban végül aszerint minősítettünk, hogy a vizsgált pont egy kiegyenlítő sík alatt, vagy felett helyezkedik el. /Kiegyenlítő sík a pontok átlagmagasságában elhelyezkedő vízszintes sík./ Ezt a minősítést a tengerszint feletti magasság és a talajvastagság között fennálló szoros kapcsolatra alapoztuk.

A fenti, három szempontot figyelembe vevő rendszer alkalmazásával nyert domborzati osztályokhoz különböző talajvastagsági értékeket rendeltünk /3 fokozatot különböztettünk meg/. A hozzárendelést tapasztalati úton, a terület és az általános törvényszerűségek ismerete alapján végeztük. A becslés hatékonysága jelentősen növelhető, ha nem pusztán említett ismereteinkre támaszkodunk, hanem különböző természeti adottságú tanulóterületeket veszünk fel és itt konkrét méréseket végzünk.

Ilyen módon a raszterháló minden metszéspontjára becsült talajvastagsági érték és a tényleges talajvastagság különbségét valószínűségi változónak tekintve, e változó szórása 0,8-nak adódott.



9. ábra

Logikai függvényekkel való közelítés

2. táblázat

Logikai függvényekkel való közelítés

/1/ Lejtés			/2/ Lejtőfoma			/6/ Lejtőhossz		/9/ Talaj- vastag- ság
0 %	5 %	25 %	/3/ Konvex	/4/ Egyenes	/5/ Konkáv	/7/ Kicsi	/8/ Nagy	
Y								
	Y		Y			Y		3,0
	Y		Y				Y	2,0
	Y			Y		Y		3,5
	Y			Y			Y	2,5
	Y				Y	Y		2,5
	Y				Y		Y	2,0
		Y	Y			Y		2,0
		Y	Y				Y	1,5
		Y		Y		Y		2,5
		Y		Y			Y	2,0
		Y			Y	Y		2,0
		Y			Y		Y	1,5

3. táblázat
Logikai függvényekkel való közelítés

/1/ Lejtés	/2/ Görbület C Lejtésirány Ω Maximális görbület iránya \odot	/3/ Domborzati forma /osztály/
~ 0	$C_1 \sim 0$	a/ sík
~ 0	$C_1 \ll 0 \wedge C_2 \ll 0$	b/ csúcs
~ 0	$C_1 \gg 0 \wedge C_2 \gg 0$	c/ kis mélyedés
~ 0	$C_1 C_2 \ll 0$	d/ nyereg
~ 0	$C_1 \gg 0 \wedge C_2 \sim 0$	e/ völgy I.
~ 0	$C_1 \ll 0 \wedge C_2 \sim 0$	f/ gerinc II.
$\gg 0$	$C_1 \sim 0$	g/ lejtő /egyenes/
$\gg 0$	$C_1 \gg 0 \wedge \Omega \perp \odot$	h/ völgy II.
$\gg 0$	$C_1 \ll 0 \wedge \Omega \perp \odot$	i/ gerinc II.
$\gg 0$	$C_1 \gg 0 \wedge \Omega \parallel \odot$	j/ lejtő /konkáv/
$\gg 0$	$C_1 \ll 0 \wedge \Omega \parallel \odot$	k/ lejtő /konvex/

β . A második algoritmus /2. táblázat/ elsődleges minősítője ugyancsak a lejtés. Másodlagos minősítőként a görbültséget /domború, homorú, egyenes lejtő/ használtuk. A harmadlagos minősítést a lejtőhossz segítségével hajtottuk végre. Az első algoritmushoz hasonlóan az így nyert osztályokhoz különböző talajvastagsági értékeket rendeltünk. A becslés megbízhatósága $e = 0,75$ szórásértékkel jellemezhető / α -éhoz hasonló szórásvizsgálat/.

γ . A harmadik algoritmus /3. táblázat/ minősítőként a lejtést, lejtésirányt, görbültséget és a maximális görbültség irányát alkalmazza. Az osztályozást a 3. táblázat alapján végeztük el. A módszer a raszterpontokat 7 domborzati osztályba sorolja. A gerinceket, völgyeket és lejtőket további 4 alosztályra osztja. A becslés talajvastagsági értékeket ezekhez az osztályokhoz rendeltük. A becslés pontosságát 0,8-es szórásérték fémjelzi /az előzőkhöz hasonló szórásvizsgálat/.

Következtetések

Úgy véljük, hogy a tanulmányban bemutatott módszerek, algoritmusok a digitális talajeróziós modellek alkalmazásának eszköztárát jelentik és egyben a modell alkalmazhatóságát bizonyítják.

A lineáris és nem lineáris közelítésnek a teszterületen való alkalmazása közel azonos eredményt adott, így jelen tanulmány alapján nem mondható ki egyértelműen, melyik közelítés ad jobb eredményt.

A logikai függvények alkalmazása kb. 10-20 %-kal gyengébb eredményt adott, mint a lineáris modell. Tekintve azonban, hogy ez csak egy első pró-

bálokzás, úgy gondoljuk, hogy ez is követhető módszertani út, amennyiben az algoritmust finomítjuk, illetve a tanulóterületeken paramétereink megválasztását pontosítjuk.

A modell csak a domborzati adottságokra alapoz. A domborzati faktor természetesen csak egy a talajeróziós befolyásoló tényezők közül. Szükségesnek látszik a talajadottságok, elsősorban a talajfizikai paraméterek figyelembe vétele a modell jövőbeni továbbfejlesztésekor.

A jelenlegi modell alapján az adott területre érvényes, általános érvényű következtetések nem vonhatók le. Ilyen következtetéseket majd akkor tehetünk, ha a modellt különböző természetföldrajzi területeken kipróbáltuk.

Joggal vetődik fel a kérdés, hogy a domborzati és a talajadottságok az eróziót kiváltó tényezők közül csak hármat képviselnek, miért nem veszszük figyelembe tehát a csapadékviszonyokat és a mezőgazdasági művelés tényezőit.

Célkitűzésünk olyan modell felállítása volt, amely az állandónak tekinthető természeti adottságok alapján, kísérletezés és mérés nélkül adja meg a talajerózió várható mértékét, így csapadékviszonyok és a mezőgazdasági művelés tényezőinek figyelembevétele nem lehetett követelmény.

Irodalom

- FOSTER, G. R., LANE, L. J. and KNISEL, W. G., 1980. Estimating sediment yield from cultivated fields. Proc. ASCE Symposium on Watershed Management 1980, Boise, ID 151-163.
- MÁRKUS, B., 1986. Terrain analysis in consideration of surface curvature conditions. Periodica Polytechnica, Budapest. 30. 71-80.
- RICHTER, G., 1980a. Three years of plot measurements in vineyards of the Moselle-Region - some preliminary results. Z. f. Geomorphologie, NF, Suppl. Ed. 35. 81-91.
- RICHTER, G., 1980b. On the soil erosion problem in the temperate humid area of Central Europe. Geo-Journal. 4. 279-287.
- RICHTER, G., 1983. Bodenerosion und ihre Messungen in Raum Trier. Mitt. d. dtsh. Bodenkundl. Gesellschaft. 37. 367-403.
- RICHTER, G., MÜLLER, M. J., und NEGENDANK, J. W. F., 1983. Das Gebiet zwischen Mosel und Unterer Ruwer. Blätter 1-6. Trier.
- STEFANOVITS P., 1964. Talajpusztulás Magyarországon. OMMI, Budapest.
- VÁRALLYAY Gy., 1985. Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan. 34. 267-299.
- VÁRALLYAY Gy., 1986. Soil conservation researches in Hungary. Round Table Meeting on Soil Conservation Technologies 16-20. VI. 1986. USDA SCS-MÉM NAK, Budapest, 5-8.
- WISCHMEIER, W. H. and SMITH, D. D., 1962. Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning. Comm. de l'érosion continentale, Coll. de Bari 1. 10-8. 10. 1962. Publ. 59 de l'Ass. Int. d'Hydrol. Scient., Gentbrugge. 148-159.

Érkezett: 1988. szeptember 25.

Digital Model for the Correlation Between Soil Erosion and Relief Factors

Á. KERTÉSZ and B. MÁRKUS

Geographical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences and
Institute of Geodesy, Technical University, Budapest

Summary

Most soil erosion models are based on long-term field measurements and on various kinds of data, thus data collection and preparation take a long and expensive period.

This paper shows a simple and inexpensive soil erosion model development based on already existing data which are widely available.

As digital terrain models and geographic information systems /GIS/ are used world-wide nowadays, the idea arose to apply them for data storage and management.

Soil erosion processes of the test area /a section of the Ruwer Valley, FRG/ have been investigated in detail by G. RICHTER and coworkers over a decade and their findings serve as a good control and comparison of the results gained by the new model.

Each geofactor that had been mapped in the test area was put in the GIS. The model is based, however, only on the digital terrain model of the area in question.

Soil thickness is considered to be characteristic of the rate of soil erosion and every relief factor, like elevation above sea level, slope angle, curvature, slope exposure have been correlated with it. By means of correlation and regression analysis a model has been developed enabling the estimation of the rate of soil erosion. Computer maps showing the difference between the measured values of soil thickness and the rate of soil erosion gained by the model have been prepared to show territorial differences between the measured and the estimated values.

Since the model describes the rate of soil erosion in the test area rather well, authors suggest to test it in other regions as well to investigate the possibilities and the limits of its application.

Table 1. Correlation coefficients calculated between the GIS data layers. /1/ Soil thickness. /2/ Elevation. /3/ Slope. /4/ Slope aspect. /5/ Curvature. /6/ Slope length. /7/ Land use.

Table 2. Approximation by logical functions. /1/ Slope gradient. /2/ Slope form. /3/ Convex. /4/ Even. /5/ Concave. /6/ Slope length. /7/ Short. /8/ Long. /9/ Soil thickness

Table 3. Approximation by logical functions. /1/ Slope gradient. /2/ Curvature, Slope direction Ω , Direction of Max. Curv. \sim . /3/ Class. a/ Flat; b/ Peak; c/ Pit; d/ Saddle; e/ Valley I.; f/ Ridge I.; g/ Slope /Even/; h/ Valley II.; i/ Ridge II.; j/ Slope /Concave/; k/ Slope /Convex/.

Fig. 1. Build-up of the GIS. a/ Relief; b/ Soil thickness; c/ Land use; d/ Slope length. e/ Digitizer. f/ Digital surface modelling; g/ Vector-raster transformation; h/ Data base; i/ Computer-aided analysis; j/ Printer; k/ Plotter.

Fig. 2. Data layers of the GIS. a/ Elevation; b/ Slope; c/ Slope aspect; d/ Curvature; e/ Soil thickness; f/ Land use; g/ Slope length; h/ pH.

Fig. 3. Slope categories. The right column in the legend of Figs. 3-5 and Fig. 7 indicates the areal percentage of the category in question. Nincs adat = No data available.

- Fig. 4.* Soil thickness. Nincs adat = No data available.
- Fig. 5.* Land use. a/ No data available; b/ Wineyard; c/ Arable land; d/ Pasture; e/ Forest; f/ Fallow; g/ Non-arable land.
- Fig. 6.* Correlation between soil thickness and elevation above sea level. Horizontal axis: Soil thickness. Vertical axis: Elevation above sea level.
- Fig. 7.* Difference matrix. "0" indicates no difference between the estimated and real values. Nincs adat = No data available.
- Fig. 8.* Approximation by third order polynomial. Horizontal axis: Soil thickness. Vertical axis: Elevation above sea level.
- Fig. 9.* Approximation by logical functions. For relief classes: See Table 3.