

# Domborzatmodellből nyert szintvonalak automatizált generalizálása

Agárdi Norbert<sup>1</sup> – Ungvári Zsuzsanna<sup>2</sup> – Zentai László<sup>3</sup>

<sup>1</sup> tudományos segédmunkatárs, CSFK Földrajztudományi Intézet; doktorandusz, ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, [anmap6@gmail.hu](mailto:anmap6@gmail.hu)

<sup>2</sup> doktorandusz, ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, [ungvarizs@map.elte.hu](mailto:ungvarizs@map.elte.hu)

<sup>3</sup> tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, [lzentai@caesar.elte.hu](mailto:lzentai@caesar.elte.hu)

**Abstract:** A significant issue is to reduce the human work at the automation of cartographic generalization. The authors compared two methods of line simplification with the aim of replacing the polylines with curves. These methods guarantee that the post-processing on contour lines becomes minimal, and they also allow the simple display in vector graphic programs and on the web.

## Bevezetés

A térképi domborzatábrázoláshoz használt alapanyagok az elmúlt években jelentősen megváltoztak, széleskörűvé vált az interneten ingyenesen hozzáférhető domborzatmodellek, pl. SRTM alkalmazása. Ezen modellekből gyorsan elkészíthető a térképek domborzatrajza: hipszometria, summer, szintvonalas ábrázolás. Felbontásuk miatt szűk méretarány-tartományban használtak jól erre a célra, ezért ez a változás nem feltétlenül csak előnyére vált a térképésznek. A kisméretarányú térképeken gyakorlatilag eltűntek a szintvonalak, holott korábban, pár évtizeddel ezelőtt, ezek nem hiányozhattak a domborzati, hegy- és vízrajzi térképekről.

A térkép szerkesztése során cél a méretaránynak megfelelő ábrázolás kialakítása, a megfelelő generalizálás elvégzése. Jelen cikk digitális domborzatmodellekből generált szintvonalak egyszerűsítésével, görbévé alakításával foglalkozik programozás segítségével, kitérve ezzel a jelenlegi felhasználási optimális méretarány-tartományra. Fontos megemlíteni, hogy tökéletes automatizálási módszer, amely helyettesíthetné az emberi gondolkodáson alapuló generalizálást nehezen kivitelezhető. A cél egy olyan folyamat bemutatása, amely jól megközelíti az ember által készített szintvonalrajzot, és egyben jelentősen csökkenti az ehhez szükséges befektetett munkát és időt.

## Küldülési alapok

A geoinformatikai szoftverekben lehetőség van a digitális domborzatmodellekből szintvonalakat létrehozni. Erre a célra a Global Mapper szoftvert használtuk. A programban szintvonalak generálása során olyan alapanyagot nyertünk, amely a következő feladatok elvégzéséhez kiváló ki-

indulási alapot biztosított. Jelen szoftverben a legmagasabb fokra állítottuk a részletességet, mivel ha a mintavételezés sűrűségét csökkentjük, a program feltördeli az egyes vonalakat, továbbá a ritkábban elhelyezkedő töréspontok miatt azok metszhetik is egymást. A geoinformatikai programok így teszik lehetővé a szintvonalak generalizálást, amely kartográfiaiilag nem helyes.

## Meglévő módszer alkalmazása

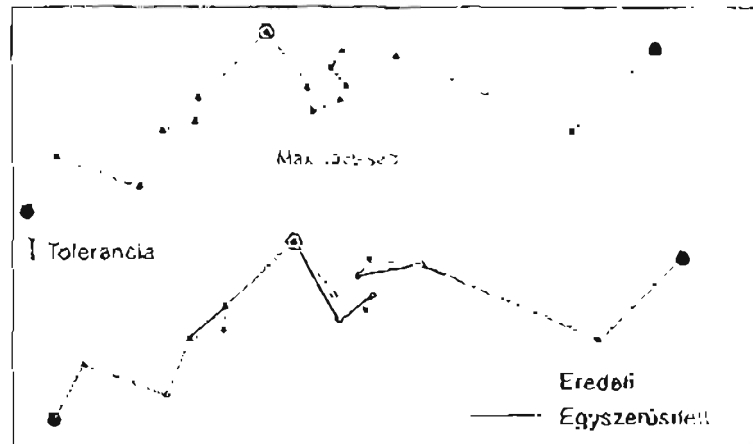
Javításként, elsőként a geoinformatikai szoftverekben is előforduló Ramer–Douglas–Peucker-féle (RDP) algoritmust (DOUGLAS D.–PEUCKER T., 1973) alkalmaztuk szintvonalak egyszerűsítésére, majd az így kapott törött vonalra illesztettünk Bézier-görbéket programozás segítségével. Az RDP algoritmus elve (1.ábra):

- vegyük a polyline első és utolsó pontját;
- fussunk végig a köztes pontokon, és keressük meg, melyik pont esik legmesszebb az első és utolsó pontot összekötő egyenestől (merőleges távolság), osszuk ketté a polyline-t és egymás után olvassuk be a pontokat;
- vizsgáljuk meg, hogy a megadott határértéknél kisebb-e az aktuális merőleges távolság, ha igen, hagyjuk el, ha nagyobb, a pontot tartjuk meg, innen iteráljuk a folyamatot.

Az algoritmus eredményeként a polyline csomópontjainak száma csökken, a vonal simítódik (MÁRKUS B., 2010).

Egy térkép készítése során nem alkalmazunk szögletes vonalakat, a görbe szintvonalakat helyettesítő törtvonalak a geoinformatikai szoftverek alkalmazása miatt terjedtek el a megjelenítés és az adattárolás egyszerűsége miatt. A számítógépes grafikában ehelyett többféle görbét használnak. Többet is kipróbáltunk, köztük a cardinal spline-t, másodfokú és harmadfokú Bézier-görbéket (SZIRMAY-KALOS L.–ANTAL GY.–CSONKA F., 2003). A legjobb megoldásnak azok a harmadfokú Bézier-görbék bizonyultak, amelyeknél a kontrollpontokat négy szomszédos töréspont alapján interpoláltuk. A  $P_{i-1}$ ,  $P_i$ ,  $P_{i+1}$  és  $P_{i+2}$  egymást követő töréspontok, amelyekből a  $P_i$  és  $P_{i+1}$  pontok közti szakasz két kontrollpontját számítottuk ki. A cél, hogy a csomópontoknál az érintők szimmetrikusak legyenek, így biztosítható a görbe „sima”, törésmentes futása (MORTENSON M. E., 1999).

Végül a görbéket olyan fájlba írtuk ki, amely szöveges formátumú, és képes kezelni a Bézier-görbéket, majd például az .ai (Adobe Illustrator File Format) fájl általános grafikai programban nyitottuk meg, az .svg (Scalable Vector Graphics) fájl weboldalba ágyazva jelenítettük meg. A 2. ábrán foglaljuk össze a munkafolyamatot, a 3. ábra egy mintafeldolgozást mutat.

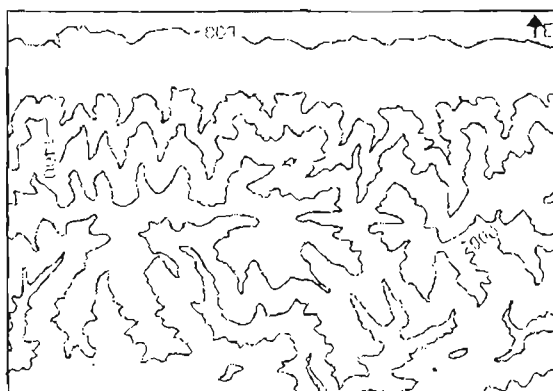


1. ábra A Ramer–Douglas–Peucker-féle algoritmus

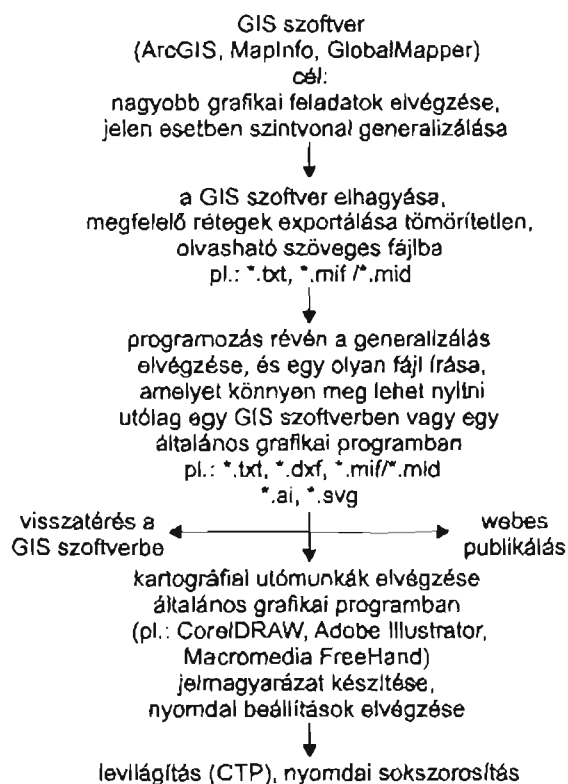


2. ábra A szintvonalak létrehozásának folyamatábrája

A kiindulási fájlokon különböző mértékű egyszerűsítést hajtottunk végre, majd összehasonlítottuk korábbi térképművekkel, és meghatároztuk, milyen méretarány-tartományokban használható a módszer. Kisebb mértékű egyszerűsítésnél (1 : 250 000 és 1 : 1 000 000 között) az utólagos korrekció szinte szükségtelen. Az 1 : 1 000 000–2 500 000 tartományban a szűk völgyek, a Bézier-görbék érintőinek állása miatt, helyenként bezárulnak, vagy az érintők megcsavarodnak (NAKOS B, 2012). Ebben az esetben kisebb felbontású domborzatmodellek lehetnek alkalmasak vagy más módszert kell alkalmazni.



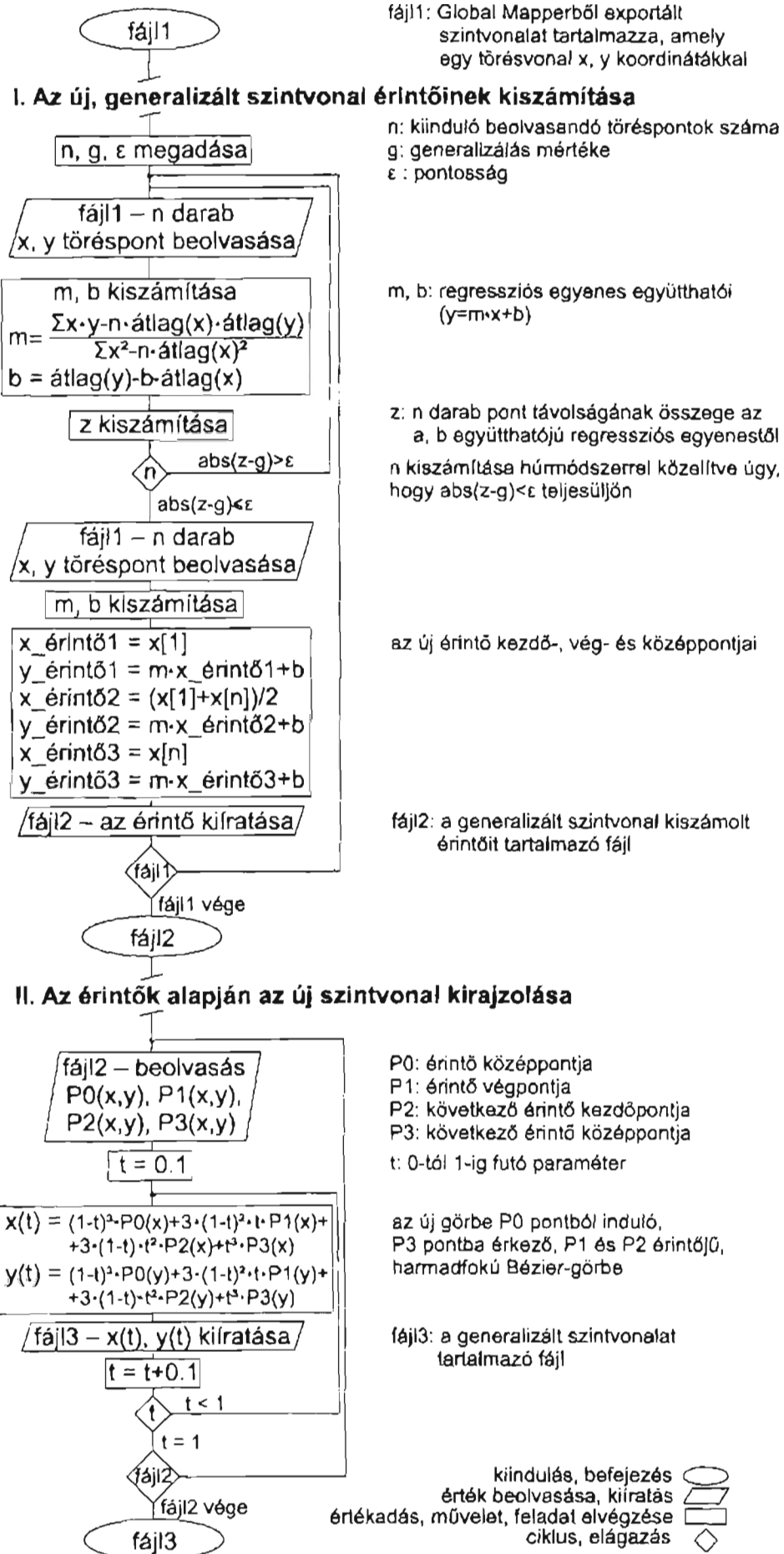
3. ábra Fogarasi-havasok ábrázolása az 1 : 1 000 000–1 500 000 tartományban



4. ábra Az új módszer gondolatmenete

## Új módszer alkalmazása

A meglévő módszerek mellett egy újjal is kísérletet tettünk a gyorsabb és jobb generalizálásra program írása segítségével. A követendő gondolatmenetet a 4. ábra mutatja be, amely szinte azonos egy másik geoinformatikai probléma megoldása során alkalmazott folyamattal (AGÁRDI N. 2012). Rendelkezésre áll egy olvasható állomány, amely tartalmazza az egyszerűsítendő szintvonalakat, és a feladatot a most bemutatandó program végzi el. A kimenet a céltól függ: nyomtatott térkép, további geoinformatikai feldolgozás vagy webes publikálás-e a végső állomás.



fájl1: Global Mapperből exportált szintvonalat tartalmazza, amely egy törésvonal x, y koordinátákkal

n: kiinduló beolvasandó töréspontok száma  
g: generalizálás mértéke  
ε: pontosság

m, b: regressziós egyenes együtthatói  
(y = m · x + b)

z: n darab pont távolságának összege az a, b együtthatójú regressziós egyenestől  
n kiszámítása húmmódszerrel közelítve úgy, hogy abs(z-g) < ε teljesüljön

az új érintő kezdő-, vég- és középpontjai

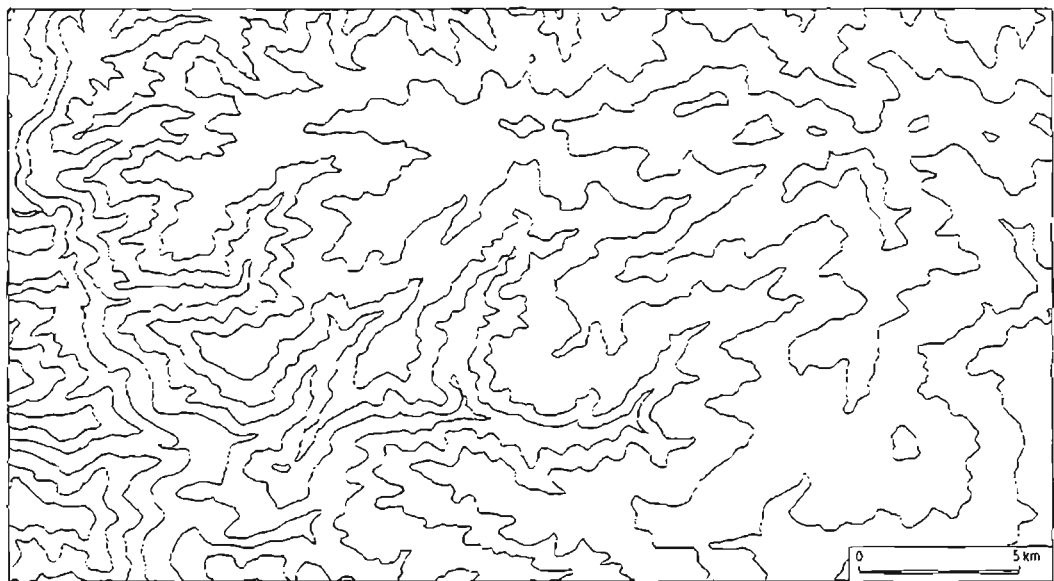
fájl2: a generalizált szintvonal kiszámolt érintőit tartalmazó fájl

P0: érintő középpontja  
P1: érintő végpontja  
P2: következő érintő kezdőpontja  
P3: következő érintő középpontja  
t: 0-tól 1-ig futó paraméter

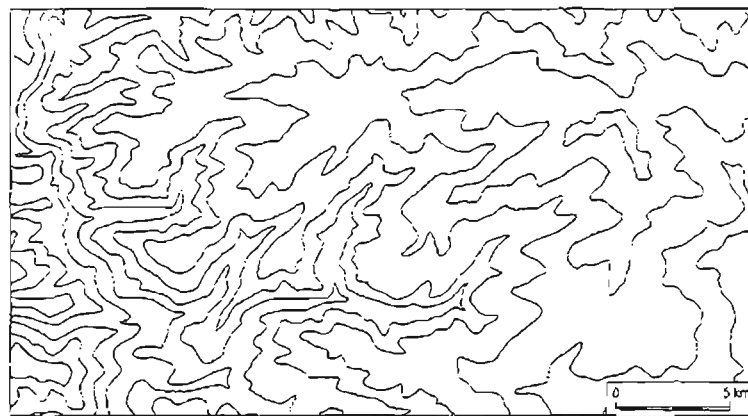
az új görbe P0 pontból induló, P3 pontba érkező, P1 és P2 érintőjű, harmadfokú Bézier-görbe

fájl3: a generalizált szintvonalat tartalmazó fájl

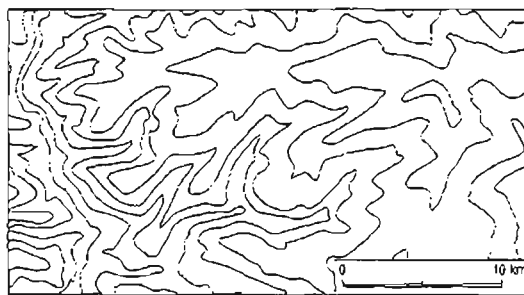
5. ábra Szintvonal generalizálásának folyamatábrája



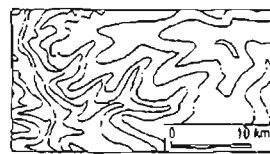
1 : 250 000



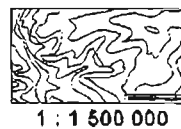
1 : 350 000



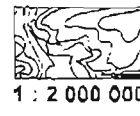
1 : 500 000



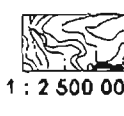
1 : 1 000 000



1 : 1 500 000



1 : 2 000 000



1 : 2 500 000

6. ábra A programban lévő generalizálási érték növelése által kapott eredmények  
Az 1 : 2500 000-es szintvonalrajz az SRTM domborzatmodellből generált  
kiindulási alap

A generalizálás automatizálását több oldalról közelítettük. Elhagytuk egy bizonyos töréspontnál rövidebb szintvonalakat, minden második vagy harmadik töréspontot vettünk csak figyelembe, néztük a törésvonalak töréspontjain lévő szögeket, és ez alapján egyszerűsítettünk. Számos azonos kísérlettel foglalkoztak már, amelyek közül egyet az előző fejezetben részleteseb-

ben ismertettünk. Gondolatilag ezek a módszerek sokat segítettek az új kialakításban. Összegezve, tapasztalataink alapján a két legfontosabb szempont a programozás során az volt, hogy a generalizálás mértékét állítani tudjuk, és folytonos görbék, amelyek megközelítik a kézi rajzolást, szolgáljanak eredményül.

Az új módszerünk alapjai a matematikai statisztikában alkalmazott regresszió állításon nyugszanak (MORDECAI, E.–KARL A. F. 1970). A regressziós egyenesek adott pontokat a legjobban megközelítő lineáris vonalak. A szintvonalunk annyi töréspontjára írtunk fel egy regressziós egyenest, amennyinél a pontok összes távolsága a kapott egyenestől átlép egy megadott küszöbértéket. Ezzel tudtuk állítani a generalizálás mértékét, mivel minél nagyobb a küszöbérték, a program annál több pontra állít egyenest, annál jobban egyszerűsít. A program végighalad az adott szintvonalon és kiszámolja a regressziós egyeneseket, amelyek az új görbe érintői. A végső lépésben vetjük a kapott érintőket, felezőpontjukat, és harmadfokú Bézier-görbét állítottunk fel rájuk. A módszer teljesíti a második lényeges szempontot is, biztosítja a görbe folytonosságát. Egy szintvonal generalizálást az 5. ábrában összegezzük.

A módszer legnagyobb előnye, hogy tudjuk állítani a generalizálás mértékét, és tág méretarány-tartományban szép képet ad. Az SRTM modellből generált szintvonal ideálisan 1 : 250 000-es térképhez használható fel, a megírt program segítségével ez 1 : 2 500 000 méretarányig biztosan kitolható (6. ábra).

A program hátránya az, hogy nem generalizál tökéletesen (minél kisebb a méretarány, annál több utómunka szükséges, amelyet vertikális generalizálással akár csökkenthetünk (MÁRTON M., 2012)). A kisebb hibákat utólag könnyű javítani, amely a lefektetett gondolatmenetbe illeszkedve csökkenti ezt a hátrányt.

## **Megjelenítés a weben**

Nemcsak nyomtatott formában készítünk térképet, hanem a webre is. E célból először a szintvonalrajzot SVG formátumban, weboldalba ágyazva jelenítettük meg. Emellett másik út, hogy a koordinátákat GeoJSON fájlokba írtuk, és a JSON formátumot értelmező függvények a JavaScript segítségével elvégzik a generalizálást, és egyidejűleg a megjelenítést is. A weben raszteres (HTML5 Canvas) és vektoros (SVG) megjelenítést is kipróbáltunk, de mindkét esetben a túl nagy JSON fájlok feldolgozása szkript nyelvek segítségével problémákat okoz a működés során, ezért a futással egyidejű generalizálás korlátozott (2. ábra).

## Összefoglalás

A domborzatmodellekből előállított szintvonalak generalizálására a cikk két módszert is bemutatott, mindkét esetben saját programok segítettek a kartografálást. A kidolgozott módszerek alkalmasak bármely izovonalas térkép egyszerűsítésére kibővített méretarány-tartományban. Jelen tanulmány, a meglévő módszerek mellett újat is felkínál, és emellett röviden kitekint a webes feldolgozás körébe.

*The present study was sponsored by the Hungarian Scientific Research Fund (OTKA No. K 100911).*

## Irodalom

- AGÁRDIN. (2012): Programozással segített tematikus térképezés, Térinformatikai konferencia és szakkiallítás konferencia kiadványa, Debrecen, pp. 19–26.
- DOUGLAS, D.–PEUCKER, T.(1973): Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. *The Canadian Cartographer*, Toronto, 1973. 10(2), 112–122
- MÁRKUS B. (2010): *Spatial Analysis 1., Spatial data handling.* Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár, 2010. Jegyzet.
- MÁRTON M. (2012): *A Világtenger kartográfus szemmel.* ELTE IK, Budapest, 2012. pp 130-140
- MORDECAI, E.–KARL, A. F. (1970): *Korreláció és regresszió analízis,* Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest
- MORTENSON, M. E (1999): *Mathematics for Computer Graphics Applications.* Industrial Press Inc. New York, 1999. pp. 264-276.
- NAKOS, B. (1999): *Comparison of manual versus digital line simplification.* Workshop. ICA Commission on Generalization and Multiple Generalization. Ottawa , August 1999.
- CETINKAYA, B.–ASLAN, S.–SENGUN, Y. S.–COBANKAYA, O. N.–ILGIN, D. E. (2006): *Contour Simplification with Defined Spatial Accuracy.* Workshop of the ICA Commission on Map Generalisation and Multiple Representation – June 25th 2006
- SZIRMAY-KALOS L.–ANTAL GY.–CSONKA F. (2003): *Háromdimenziós grafika, animáció és játékfejlesztés.* Computerbooks, Budapest, 2003. 3. fejezet, pp 54–69.
- HUANG, L.–FEI, L.–JING, H. (2009): *Harmonic Generalization based on the Integrated Geographic Feature Retrieval.* International Symposium on Spatial Analysis, Spatial-Temporal Data Modeling, and Data Mining Proc. of SPIE Vol. 7492 74921H-1