



Nagy és kis reliefenergiájú digitális domborzati modellek esettanulmánya

Zámolyi András doktorandusz,
ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai Tanszék

Bevezetés

A földfelszín tulajdonságainak számszerűsítése egyre több eredményt szolgáltat a tudomány számára. A rendelkezésre álló földtudományi – földrajzi adatok számítógépes feldolgozása erőteljesen felgyorsította a domborzat elemzését és egy új kutatási irányt adott meg, digitális geomorfológia, geomorfometria, illetve digitális felszínmodellkezés néven (Pike, 2000). Globális projektek, mint az SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) és kisebb léptékben működő nemzeti, illetve nemzetközi cégek és kutatócsoportok nagy mennyiségű adatot termelnek ilyen célokra. A rendelkezésre álló adatmennyiség gyarapodásával a geomorfológiai analízisben felhasznált modellek minőségellenőrzésének fontossága is nő, mert a digitális domborzatmodell véletlenszerű és szisztematikus hibái is a modell összes deriváltját befolyásolják (Florinsky, 1998; Oksanen & Sarjakoski, 2005). A tanulmány két, egymástól földtani és domborzati viszonyban eltérő alkalmazási terület vizsgálati módszereit, illetve a további vizsgálatok lehetőségeit fejt ki. A két szóban forgó kutatási terület egyrészt egy a Kikládi szigetcsoporthoz tartozó sziget az Égei térségben (Szerifosz), másrészt a Nyugat-Magyarországon fekvő Kisalföld előtere. Szerifosz esetében a szubdukáló afrikai lemez hátragördülő mechanizmusa az Eurázsia és Afrika közötti kollíziós zóna keretében egy kéregtágulásnak alávetett teret hozott létre, melyben a miocénban metamorf magu komplexumok sora alakult ki (pl. Naxosz, Iosz...), így Szerifosz is (Grasemann et al., 2004). Míg Szerifosz szigetén az erős felszíni lefolyás a völgyek fő szakaszait és a hegyoldalakat is megfosztotta a málladék-takarótól, a Kisalföld északi részén fekvő Győri medencét, illetve a Fertő-tó keleti partvidékét a folyóvízi feltöltődés síksággá formálta. A nyugat-magyarországi kutatási terület a Pannon-medence egyik legalacsonyabb reliefenergiájával rendelkező része és ezáltal jóval pontosabb digitális domborzati modellt igényel, több kiegészítő magassági

pont és völgyvonal adattal. Segítséget nyújt ebben az esetben a vízhálózat elemzése történelmi térképek és légifelvételek alapján. Ezáltal nemcsak a holocénban lezajlott vertikális kéregmozgásokra is lehet következtetni (Ouchi, 1985), hanem a felszínfejlődés egyes fázisait is számszerűsíteni. Az ELTE Geofizikai Tanszék, a Bécsi Műszaki Egyetem és a Bécsi Egyetem közreműködésében az ilyenfajta adatok egy egységes térinformatikai adatbázisba való integrálása a fő cél.

Szerifosz földtani áttekintése

Szerifosz földtanilag az Attikai–Kikládi kristályos övhöz, egy eocén magasnyomású, világhírű kékpala előfordulásokkal rendelkező egységhez tartozik. A magasnyomású–alacsony hőmérsékletű kőzetek exhumációja, ami a görög szubdukciós zóna kialakulása előtt zajlott, kéregméretű folyamatokat foglalt magába, valószínűleg egy konvergens exhumációs ék formájában (Grasemann & Vannay, 1999). A miocén extenziós térben számos más, már jól tanulmányozott sziget (pl. Naxosz és Iosz; Lister et al., 1984) mellett, Szerifosz szigetén is kialakult egy metamorf magu komplexum, melyet nemrég fedeztek fel (Grasemann et al., 2004).

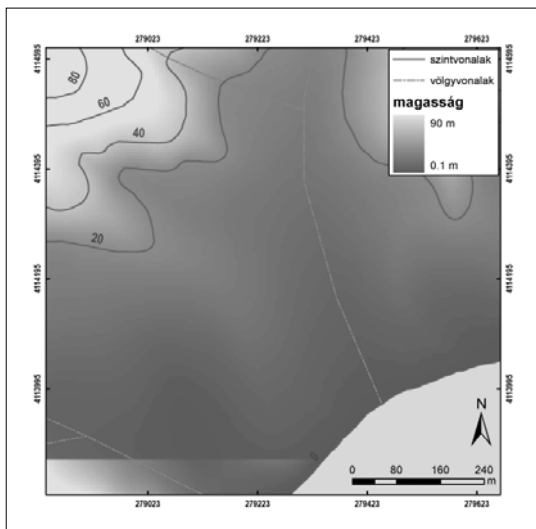
A Kikládi szigetek jelenkori felszínét pleisztocén–holocén geomorfológiai folyamatok jellemzik, melyek már létező felszínalakzatokra települnek és melyeket a tágulásos tektonika bizonyos részben befolyásol. Szubhorizontális fennsíkok rendszere található a legtöbb szigeten (pl. Riedl 1995 és vonatkozások). Perissoratis & Conispoliatitis (2003) szerint a Szerifoszt körülvevő ív alakú szigetlánc egy a holocénban alámerült hegység része. Ezt a modellt alátámasztják a sziget öbleiben található üledékgyűjtő területek és a időszakos folyók vízhálózati elrendeződése. A tengervízszint ingadozásaiból következik a jól észlelhető abráziós síkok hiánya. A sziget déli részén viszont elkülönül egy nagyon lapos lejtőszöggekkel rendelkező rész 450–500 méter magasságban (Hejl et

al., 2002). Szerifosz felszínfejlődését túlnyomórészt a felszíni lefolyás erős évszakos ingadozásai és a közettani különbségek befolyásolják.

A digitális domborzatmodell szerkesztése

A sziget geomorfometriai elemzésének alapjául egy hagyományos domborzati modell szolgált, melynek főbb elemei az ANAVASI cég által rendelkezésre bocsájtott, 1:25 000-es méretarányú (eredetileg 1:50 000-es méretarányú görög katonai térképekről digitalizált) szintvonalak 20 m szintkülönbséggel képezték. A sziget optimális felbontásának meghatározása a *Hutchinson & Gallant* (2000) által leírt módszer alapján történt és 10 métert eredményezett. Ez a nagy felbontású domborzatmodell szint- és völgyvonalak, valamint magassági pontok szintéziséből készült az ESRI ArcGis 9.1 szoftvercsomagba implementált ANUDEM interpolációs algoritmus segítségével (*Hutchinson*, 1996), mely figyelembe tudja venni a domborzat lokális változásait. Míg nagy relatív szintkülönbségek esetében az algoritmus kiegyenlítően ábrázolja a domborzatot, úgy sík területeken a bemenő paraméterként szereplő völgyvonalak túlsúlyban érvényesülnek (1. ábra).

A sziget $\sim 8 \times 10$ km-es méreteit tekintve, nem bizonyult alkalmasnak az SRTM 90 m-es felbontású DDM alkalmazására. Mindamellet, ha

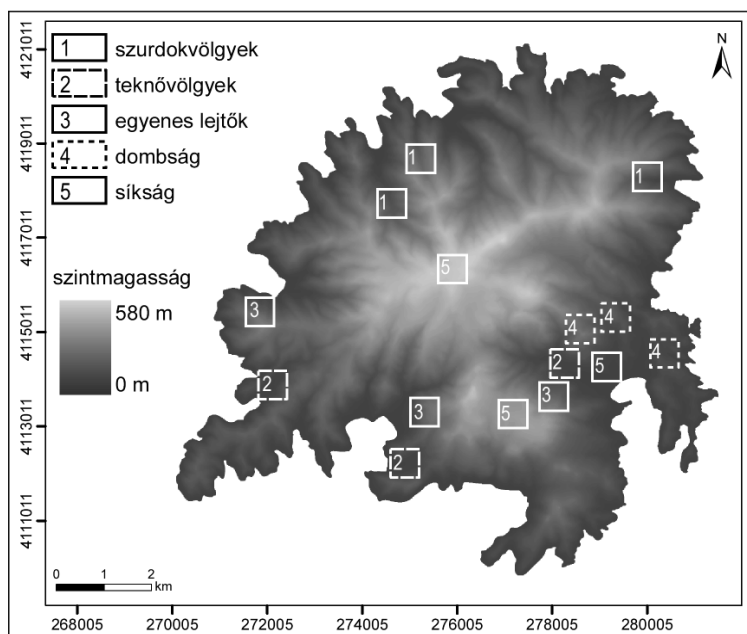


1. ábra Szerifosz sík területén interpolált digitális domborzatmodell. A két völgyvonal közötti rész a völgyvonalak túlsúlyozása miatt mesterségesen és ezáltal hibásan magas gerincet alkot (koordináták: UTM rendszer, 35-ös zóna).

a második kutatási területet vizsgáljuk, az SRTM adatbázis magasságai, melyek a színtezett magasság becslései (*Farr és Kobrick*, 2000; *Werner*, 2001; *Rabus et al.*, 2003; a hazai irodalomban *Timár et al.*, 2003) nem feltétlenül rendelkeznek elegendő pontossággal a vertikális kéregmozgások által befolyásolt felszíni formák kiszűrésére. Emiatt kifejezetten síkvidékek kutatására alkalmas, nagy vertikális felbontású domborzati modell (*Timár*, 2003a) előállítása szükséges.

Miután a bemenő adatok összességét tisztáztuk, a következő lépés a digitális domborzatmodell (DDM) optimális felbontásának meghatározása. Az ebben a tanulmányban leírt eljárás *Hutchinson & Gallant* (2000) módszerét veszi alapul és egy „ideális”, geomorfológiai típussterületekből összegzett lejtőszögeloszlás, valamint az egész szigetre számolt DDM lejtőszögeloszlását hasonlítja össze különböző felbontásoknál. Az elgondolás a következő: ha kisebb felbontással dolgozunk, akkor túl nagy cellaméret miatt több valós érték kiátlagolódhat egy kevert, „hamis” értéket eredményezve. Minél kisebb a választott felbontás, annál jobban csökkentjük az átlagolt értékeket, míg el nem érkezik az „optimális” felbontás pontja, ahol minden átlagolást kiszűrtünk (*Hutchinson*, 1996). Innentől fogva már nem nyerhetünk több érdemi információt a természetes felszín tulajdonságairól. Korábbi elemzések kimutatták, hogy a lejtőszög a legérzékenyebb a felbontásban történt változások megfigyelésére (*Gao*, 1998). A lejtőszöget a felszín egyik tetszőleges pontjában kiszámított gradiens arkusztangenseként lehet értelmezni (radiánban kifejezve). Fontosságát az is növeli, hogy minden felszínformáló folyamat leírásában és számszerűsítésében szerepel. Szerifosz esetében a lejtőszögeloszlás hisztogramját 1 fok széles osztályokra bontottuk fel. A pontosabb eredmények érdekében öt, a sziget felszínalakját jellemző, geomorfológiai típussterületet határoltunk el a terepi munka során (2. ábra): (1) szurdokvölgyek; (2) teknővölgyek; (3) egyenes lejtők; (4) dombság, alacsony magassági tarományban; (5) síkság, közülük az egyik a modell határához közel a parti részen terül el.

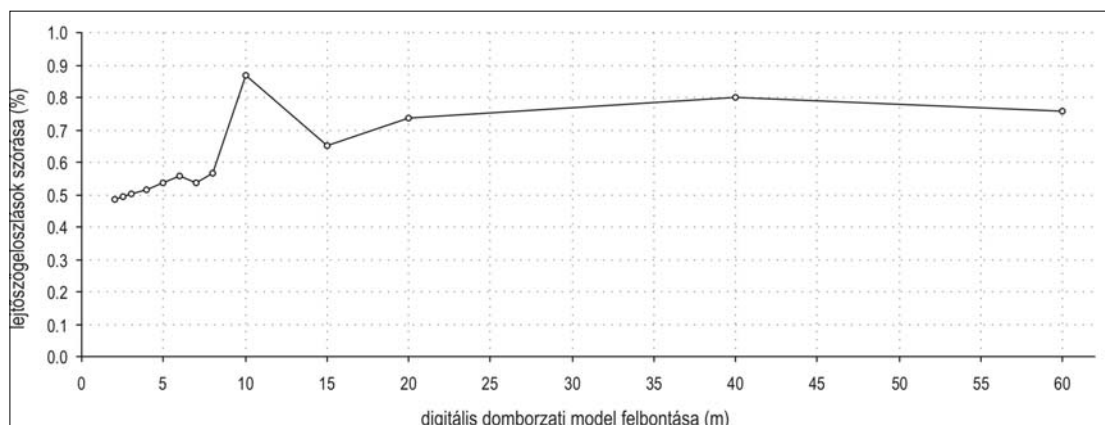
E geomorfológiai típussterületek lejtőszögeloszlásai a szigeten elfoglalt területük arányában súlyozva képezték az „ideális” domborzat lejtőszögeloszlását, mely a zajtól mentes jelet képviselte. E jel változását az egész sziget DDM-jéből kiszámolt lejtőszögeloszláshoz kellett viszonyítani egy adott felbontásnál. Gyakorlatban a két, ugyanakkora felbontásnál kiszámított lejtőszög-



2. ábra A geomorfológiai típusterületek elhelyezkedése Szerifosz szigetén. A négyzetek mérete 600×600 méter (koordináták: UTM rendszer, 35-ös zóna).

eloszlás egymásnak megfelelő osztályába tartozó értékek négyzetes különbségét képeztük, ezeket a különbségeket összegeztük, majd a hisztogrammban található osztályok darabszámával elosztottuk és az így kapott értékből gyököt vontunk. Az ílymódon kiszámolt értéket (%-ban) a felhasznált felbontások (2 m, 2,5 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 10 m, 15 m, 20 m, 40 m, és 60 m) függvényében ábrázoltuk (3. ábra).

denca inverziója (Fodor et al., 2005; Bada et al., 1999; Horváth, 1995) a térség neotektonikus fázisának is számít. A Kis- és Nagyalföld síkságai szemben állnak a Dunántúli hegység alacsony átlagos magasságú, de erősen váltakozó domborzatával. E helyzet kialakulásában a részben recens vertikális kéregmozgások nagy szerepet játszanak, melyek a Kisalföld északi részén fekvő Győri medencében elérhetik a $-2,2$ mm/a értéket



3. ábra: A lejtőszögeloszlások szórásértéke százalékban a digitális domborzatmodell felbontása függvényében. A függvény csúcspontja 10 m körül adja meg az optimális felbontás értékét.

(Joó, 1992; Joó et al., 2006). A Dunántúli hegység területe nagymértékű kiemelkedésnek és folyóvízi erózióknak van alávetve (Horváth & Cloetingh, 1996), míg a Kisalföld a Győri medence területén folyóvízi feltöltődés (4. ábra), illetve a délebben fekvő Marcal medencében a letarolódás jeleit mutatja.

A Kisalföld és a Fertő-tó felé nyúló előtere egy nemzetközi érdekességű kutatási terület. Emiatt a különböző nyelveken végzett kutatások és történelmi feljegyzések, térképezések egybegyűjtése és összevetése fontos átfogó rátekintést nyújt a térség kölcsönhatásainak elemzésére. Ezeket az adatokat egy egységes térinformatikai rendszerbe illesztve érdemes vizsgálni, ami felveti a felhasználható koordinátarendszer kérdését.

Egyszerűbb kezelhetősége és globális vonatkozása miatt az UTM (Universal Transverse Mercator) vetület ajánlkozik WGS84 dátummal. A kutatások célja a felszínformáló folyamatok sebességének meghatározása, az üledékképződés és visszapusztulás kölcsönhatásában kialakult anyagmérlegek kalibrálása. Ebben segít a már létező kormeghatározási adatok összegzése és a számos régészeti kutatás eredménye, mely bizonyítja az antropogén befolyást a térség legfiatalabb felszínfejlődési szakaszára. Például léteznek utalások a Hanság árpádkori szabályozására (Takács, 2000). Történelmi térképek pontos vetületi illesztése (pl. Timár & Molnár, 2003; Timár 2004; Timár et al., 2006) számos új és fontos tudományos eredménnyel szolgált a felszínfejlődés kutatása és a történelmi vízrajzi változások elemzésében. További előnyt jelent, hogy időben kiegészítik a régészeti kutatásokat. A nagymértékű kéregmozgásokon, szerkezetföldtani változásokon kívül a kvarterben lezajlott felszínfejlődés jelentősen befolyásolja a kutatási terület vízrajzát is. A tájegység ökológiai egyensúlyára a globális változások helyi vonatkozásai (árvizek, aszályok stb.) nagy kihatással vannak. Elegendő a Kisalföld nyugati részén fekvő Fertő-tó vízháztartási problémáira gondolni. Maga a Fertő-tó jelentősen befolyásolja



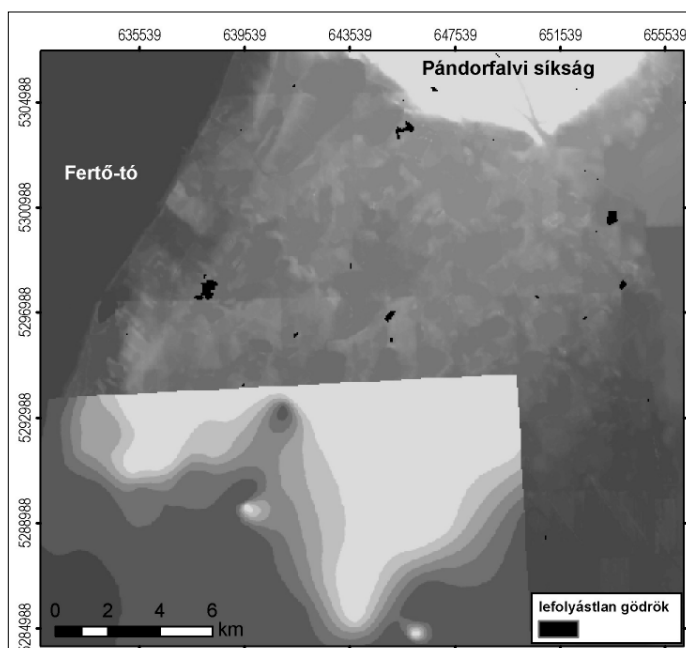
4. ábra A Mosonyi-Duna kanyargó medre a második katonai felmérés térképszelvényén, jól mutatja a Kisalföld északi részének folyóvíz által történő feltöltődését (koordináták: UTM rendszer, 33-as zóna).

a térség éghajlatát, növényzetét. Vízháztartását javarészt a csapadék, illetve árvizek esetén a vízszaduzzasztott befogadó folyók látják el a kellő vízmennyiséggel (Baranyi et al. 1994).

A Kisalföld domborzati modellje

A Kisalföldi kutatási területen pillanatnyilag két különböző eljárással készült digitális domborzatmodell áll rendelkezésre 10 m felbontással. A Fertő-tó közvetlen környékén és keleti partjától a magyar határig az ortofotókból készült grid alapú modell van használatban, melynek felszínét a felszínborításból eredő hibák befolyásolják és mely hidrológiai szempontból nem mindig biztosít szabad lefolyást felszíni vizek számára ott, ahol az a természetben adott. A DDM készítése során mesterségesen keletkezett lefolyástalan gödrök kiküszöbölésére sokfajta eljárás alkalmazható (Jenson & Domingue, 1988; Tarboton, 1997). Ezzel ellentétben a szintvonalakon alapuló DDM csak kisebb mennyiségben vagy alig tartalmaz mesterséges gödröket, részletessége az alapadatok függvényében kisebb. Az 5. ábra szemlélteti a különbségeket.

A sötétebb szürke az alacsonyabb tengerszint feletti magasságot jelenti. E két különböző tulajdonságú modell kombinálása és finomítása mor-



5. ábra A Kisalföldi kutatási területen rendelkezésre álló két egymástól eltérő módszer alapján készült digitális domborzatmodell szintmagasság-ábrázolása. A sötétebb szürke az alacsonyabb magasságot jelenti. Fekete területek leflyástalan gödröket jeleznek (koordináták: UTM rendszer, 33-as zóna).

fometiai számítások tekintetében alapos előleges vizsgálatokat tesz szükségessé (Timár, 2003a), pl. a lejtőszögeloszlás jellegzetes paramétereit kell ellenőrizni és ezek alapján az összesítést végrehajtani. Az ezután rendelkezésre álló digitális domborzati modell segítségével a szükséges geostatistikai és geomorfológiai elemzések gyorsan – és a modell hibahatárain belül megbízhatóan – elvégezhetőek (pl. Székely et al. 2002).

Összefoglalás

Szerifosz sziget nagy reliefenergiájú digitális domborzatmodelljét az ANUDEM interpolációs algoritmussal többfajta bemenő alapadattól (szintvonal, völgyvonal, magassági csúcspontok...) 10 m-es optimális felbontással szerkesztettük meg. A felbontást a lejtőszög-eloszlások közepgyök hiba értékének monitorozásával sikerült meghatározni. Míg a nagy relatív magasságkülönbségekkel bíró területeken az algoritmus megfelelő minőségben modellezi a terepfelszínt, addig a síkságokon a völgyvonalak túlhangsúlyozása miatt mesterséges hibák keletkeznek. A Kisalföldi kutatási terület a Pannon-medencében az egyik legalacsonyabb reliefenergiával rendelkező tájegység. Domborzatmodelljét kiegészítő nagy vertikális pontosságú adatokkal kell finomítani. Ebben az esetben két eltérő elgondolás alapján szerkesztett domborzatmodell egységesítése

válhat szükségessé egy, a lejtőszögeloszlások vizsgálatára épülő, eljárás szerint. A nemzetközi térinformatikai adatbázis létrehozása mellett ez egy főbb feladat, mely a terület felszínfejlődési numerikus modelljének alapját képezi.

Case studies of digital elevation models with high and low relief energy

Zámolyi, A.

Summary

Quantification of the properties of the earth's surface produces a high amount of results for scientific research. The procedure of terrain analysis is accelerated by digital processing of geologic and geographic data thus giving rise to a new discipline named digital geomorphology, geomorphometry, or digital terrain modeling (Pike, 2000). Global projects, for instance SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) and national or international enterprises working on a smaller scale offer a great variability of data for these purposes. Accordingly, the importance of quality control of digital terrain models (DTM) used in geomorphologic analysis is increasing, since random and systematic errors of DTM-s propagate through all surface derivatives (Florinsky, 1998; Oksanen & Sarjakoski, 2005). This paper focuses on the research methods and on research

possibilities of two study areas differing in their geologic and geomorphologic setting. The first case study is located on Serifos, an island of the Cycladic archipelago in the Aegean Sea. The second study area lies within the Little Hungarian Plain in the western region of the Pannonian Basin. In the case of Serifos the slab roll-back of the subducting African plate creates an extending space within the overall convergent tectonic setting of the Eurasia – Africa collision. During the Miocene, metamorphic core complexes formed on several islands (e.g. Naxos, Ios...) and also on Serifos (Grasemann et al., 2004). While the regolith was eroded in the main valley sections and on the slopes by torrential surface runoff on Serifos, the northern parts of the Little Hungarian Plain (Győr basin and floodplains east of Lake Neusiedl) were constantly filled up by river systems. Interpolation of the high-relief digital elevation model of Serifos Island was done using different types of input data (contour lines, valley lines, summit and ridge points...) with the locally adaptive ANUDEM algorithm (Hutchinson, 1996). While the algorithm is perfectly suited for terrain with high relief energy, it introduces artefacts on flat areas by overweighting of valley lines. The optimum resolution is obtained by the method of Hutchinson & Gallant (2000) and yields 10 m for the island. The study area in the Little Hungarian Plain is one of the geomorphologic units in the Pannonian Basin with the lowest relief energy. A digital terrain model of this area has to be refined with high vertical accuracy data (Timár, 2003a) and additional information for valley lines that is derived by the analysis of the drainage system with the help of historical maps and aerial imagery. This analysis also allows detection of Holocene vertical crustal movements (Ouchi, 1985) and provides data for the quantification of the phases of landscape evolution. In the case of the Little Hungarian Plain study area two DTMs constructed with different methods are reviewed. The DTM in the western part of the study area around Lake Neusiedl is derived from orthoimagery, whereas the DTM covering the area of the Győr basin is constructed using contour lines. The unification of these two digital terrain models based on the analysis of the slope angle distributions could prove necessary. The integration of these data into a geodatabase in order to retrieve a basis for a numeric landscape evolution model of the study area forms a main goal of the cooperation between the Geophysics Department of

ELTE University, Technical University Vienna, and the Department of Geodynamics and Sedimentology of the University of Vienna.

IRODALOM

- Bada, G.–Horváth, F.–Gerner, P.–Fejes, I. (1999): Review of the present-day geodynamics of the Pannonian basin: progress and problems. *Geodynamics*, 27, 501–527.
- Baranyi, S.–Deák, J.–Dreher, J.–Mahler, H.–Major, P.–Neppe, I. F.–Papesch, W.–Rajner, V.–Rank, D.–Reitinger, J.–Schmalfuss, R. (1994): Wasserhaushaltsstudie für den Neusiedlersee mit Hilfe von Geochemie und Geophysik. In: Lobitzer H., Császár G., Daurer A.: Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn, 2, Geologische Bundesanstalt, Wien, 419–435.
- Farr, T. G.–Kobrick, M. (2000): Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. *Eos, Trans. American Geophys. Union* 81: 583–585.
- Florinsky, I. V. (1998): Accuracy of local topographic variables derived from digital elevation models. *International Journal Geographical Information Science*, 12(1), 47–61.
- Fodor, L.–Bada, G.–Csillag, G.–Horváth, E.–Ruszkiczay-Rüdiger, Zs.–Palotás, K.–Sikhegyi, F.–Timár, G.–Cloetingh, S.–Horváth, F. (2005): An outline of neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 410, 15–41.
- Gao, J. (1998): Impact of sampling intervals on the reliability of topographic variables mapped from grid DEMs at a micro-scale. *International Journal Geographical Information Science*, 12(8), 875–890.
- Grasemann, B.–Petrakakis, K.–Iglseider, C.–Rambousek, C.–Zámolyi, A.–Draganits, E. (2004): The Serifos Metamorphic Core Complex (Western Cyclades, Greece). In: Chatzipetros A.A., Pavlides S.B. (eds.): Proceedings of the 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, 1, Pp. 77–79.
- Grasemann, B.–Vannay, J.-C. (1999): Flow controlled inverted metamorphism in shear zones. *Journal of Structural Geology*, 21(7), 743–750.
- Hejl, E.–Riedl, H.–Weingartner, H. (2002): Post-plutonic unroofing and morphogenesis of the Attic Cycladic complex (Aegea, Greece). *Tectonophysics*, 349, 37–56.
- Horváth, F. (1995): Phases of compression during the evolution of the Pannonian Basin and its

- bearing on hydrocarbon exploration. *Marine and Petroleum Geology*, 12(8), 837–844.
- Horváth, F.–Cloetingh, S. (1996): Stress-induced late-stage subsidence anomalies in the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 266, 287–300.
- Hutchinson, M. F.–Gallant, J. C. (2000): Digital Elevation Models and Representation of Terrain Shape. In: Wilson J. P., Gallant J. C. (eds.): *Terrain Analysis: Principles and Application*. John Wiley & Sons, USA, Pp. 29–50.
- Hutchinson, M. F. (1996): A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models. In: NCGIA (ed.) *Proceedings of the third International Conference Integrating GIS and Environmental Modelling*, Santa Fe, New Mexico, 21–25 January, 1996. Santa Barbara, CA: University of California, National Center for Geographic Information and Analysis: CD-ROM and WWW. Joó I. (1992): Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin. *Tectonophysics*, 202, 129–134
- Jenson, S. K.–Domínguez J. O. (1988): Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic system analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11), 1593–1600.
- Joó, I. (1992): Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin. *Tectonophysics*, 202, 129–134.
- Joó I.–Balázsik V.–Guszlev A.–Végső F. (2006): A függőleges felszínmozgások feltételezett „okozói” hatásának szétválasztása és bemutatása a Középső-Tisza és a Körösök vidékén. *Geodézia és Kartográfia*, 4, 17–23
- Lister, G.S.–Banga, G.–Feenstra, A. (1984): Metamorphic core complex of Cordilleran type in the Cyclades, Aegean Sea, Greece, *Geology*, 12, 221–225.
- Oksanen, J.–Sarjakoski, T. (2005): Error propagation of DEM-based surface derivatives. *Computers & Geosciences*, 31, 1015–1027.
- Ouchi, S. 1985. Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. *Geological society of America Bulletin*: 96, 504–515.
- Perissoratis, C.–Conispoliatis, N. (2003): The impacts of sea-level changes during latest Pleistocene and Holocene times on the morphology of the Ionian and Aegean seas (SE Alpine Europe). *Marine Geology*, 196, 145–156.
- Pike, R. J. (2000): Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis. *Progress in Physical Geography*, 24(1), 1–20.
- Rabus, B.–Eineder, M.–Roth, A.–Bamler, R. (2003): The shuttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *Photogrammetric Remote Sensing* 57: 241–262.
- Riedl, H. (1995): Beiträge zur regionalen Geographie der Insel Tinos (Kykladen) mit besonderer Berücksichtigung des quasinatürlichen Formenschatzes. *Salzburger Geographische Arbeiten*, 29, 11–82.
- Székely, B.–Reinecker, J.–Dunkl, I.–Frisch, W.–Kuhlemann, J. (2002): Neotectonic movements and their geomorphic response as reflected in surface parameters and stress patterns in the Eastern Alps. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series*, 3, 149–166.
- Takács K. (2000): Árpád-kori csatornarendszerek kutatása a Rábaközben és a Kárpát-medence egyéb területein I. rész, *Coral-Journal for Social History*, 1, 27–61.
- Tarboton, D. G. (1997): A new method for the determination of flow directions and contributing areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research*, 33(2), 309–319.
- Timár G. (2003a): Az Alföld nagyfelbontású digitális domborzati modellje. *Geodézia és Kartográfia* 55(4): 19–23.
- Timár, G. (2003b): Controls on channel sinuosity changes – Case study of the Tisza River, the Great Hungarian Plain. *Quaternary Science Reviews* 22: 2199–2207.
- Timár, G. (2004): GIS integration of the second military survey sections – a solution valid on the territory of Slovakia and Hungary. *Kartografické listy* 12: 119–126.
- Timár G.–Molnár G. (2003): A második katonai felmérés térképeinek közelítő vetületi és alapfelületi leírása a térinformatikai alkalmazások számára. *Geodézia és Kartográfia* 55(5): 27–31.
- Timár G.–Telbisz T.–Székely B. (2003): Úrtechnológia a digitális domborzati modellezésben: az SRTM adatbázis. *Geodézia és Kartográfia* 55(12): 11–15.
- Timár, G.–Molnár, G.–Székely, B.–Biszak, S.–Varga, J.–Jankó, A. (2006): Digitized maps of the Habsburg Empire –The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest, 59 p.
- Werner M. (2001): Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Mission overview. *Journal of Telecommunication (Frequenz)* 55: 75–79.