

VÁLASZ

dr. Zentai László professzor opponensi véleményére

Köszönöm dr. Zentai László professzor úrnak, hogy igen alaposan átnézte és véleményezte MTA doktori disszertációm. Köszönöm a dolgozattal kapcsolatos elismerő szavait és kritikai észrevételeit.

Először a bírálatban szereplő kritikai megjegyzésekre reagálok, majd ezt követően válaszolok a feltett kérdésekre:

1) „*A tézisek szokatlanul nagy száma volt a másik meglepetés a bíráló számára.*”, illetve valamivel lejjebb: „*Az értekezés inkább a szerző eddigi tudományos kutatásainak (ahogy ő is említi esettanulmányainak) az összefoglalása, logikus rendezése, mint inkább egy konkrét tudományos mű, bár inkább valahol a kettő között van*”.

Bevallom, hogy figyelmetlenül olvastam el az MTA Földtudományok Osztályának doktori követelményrendszerét, amelyben az szerepel, hogy „*Az MTA doktora cím megszerzése iránti kérelemhez olyan doktori művet kell mellékelni, amely önmagában véve is alkalmas a kérelmező eredeti tudományos teljesítményének értékelésére, megítélésére, valamely tudományos kérdés megoldásának bemutatása alapján.*” Valójában én nem egy kiválasztott kérdés megoldását tűztem ki célul, hanem bizonyos mértékig az eddigi tudományos munkásságom egyfajta bemutatását, amennyire a megadott maximális terjedelem (150 oldal) ezt engedi. Ezen belül természetesen az egységességet a közös módszertan biztosítja, de a disszertáció egésze és a tézisek emiatt lettek bővebbek, mint amennyi szükséges (vagy megszokott). Titkon reménykedem abban is, hogy talán nem csak a felkért bírálók olvassák el a disszertációt, hanem alkalomadtán más érdeklődők is, akik így egy teljesebb képet kaphatnak a munkáimról és egyben a földrajz sokszínűségéről is.

2) „*Jó döntésnek tartom, hogy a szerző a teljesen egyértelmű geomorfometria kifejezés helyett maradt a morfometria szakkifejezésnél*”

A megfelelő szakkifejezés kiválasztása nem könnyű kérdés, amit az is jelez, hogy egy másik tisztelt Bíráló (Kertész Ádám) éppen a fentivel ellenkező véleményt írt: „*Helyesebbnek tartom a geomorfometria kifejezés használatát, mivel morfometria más tudományágakban is létezik.*” A disszertációmiban tulajdonképpen én magam is érveltem mindkét megoldás mellett: „*Mivel morfometria sokféle tudományterületen előfordul a nyelvésztől az anatómiáig, így az angol eredetű geomorfometria kifejezés pontosabban leírja ezt a témakört (Evans, 1972, 2012, Pike et al., 2009, Florinsky, 2017), de a magyar szakirodalom hagyományát követve én többnyire rövidebben csak morfometriát említek.*” Nem gondolom, hogy ezt a vitát nekem kell most eldöntönnöm, de felsorolok még néhány további szempontot is, amik említhetők e vitában:

– ezzel a témával foglalkozó tudományos társaság neve: International Society for Geomorphometry

– konferencia neve ebbe a témában: Geomorphometry 2023

– Google Scholar találatainak száma “morphometry, geomorphology” kifejezésre: 36200 (csak 2000-től számítva: 21500); a “geomorphometry” kifejezésre: 10700 (csak 2000-től számítva: 9940).

Ez alapján döntetlen színezetű az összesített eredmény, de úgy tűnik, hogy az idő inkább a “geomorfometriának” dolgozik, és ez valóban precízebb megfogalmazás. Ezért a jövőben lehet, hogy inkább ezt követem majd, de talán nem róható fel hibának, ha a disszertációmiban a hagyományokhoz ragaszkodva a “morfometria” kifejezést használtam.

3) „*A bevezetést néhol túlságosan személyesnek érzem... Kicsit talán a tudományfilozófiai jellegű eszmefuttatások is túlságosan átveszik a vezető szerepet ebben a részben. De bírálóként kellő empátiával igyekeztem ezt kezelni, hiszen egy ilyen doktori értekezés valamilyen formában egy életmű és érthető, hogy a szerző sokféle kutatási eredményt szeretne bemutatni, viszont a saját véleményét szeretne kifejteni a kutatásokhoz kapcsolódóan. De azért a bevezető fejezet zárómondata (Jó olvasást és képnézegetést kívánok!) szerintem nem nagyon való egy doktori értekezésbe.*”

Egyrészt köszönöm tisztelt Bírálóm empatikus hozzáállását – való igaz, hogy az ember egy MTA doktori disszertációban szeretné a saját (adott esetben tudományfilozófiai) véleményét is bemutatni. A **Bevezetés** zárómondata kapcsán nem akarok „mentegetőzni”, csak jelzem, hogy itt a legnemesebb értelemben, bár valóban kissé tréfásan, utaltam arra, hogy a képek kiemelten fontos információhordozók (többek között) az

én témám szempontjából is, így azok figyelmes megtekintése és értelmezése az olvasással egyenértékű tevékenység.

4) *“A sivatagi dűnék morfológiai elemzése kapcsán hiányolom Lancaster: Geomorphology of Desert Dunes című művét a feldolgozott szakirodalomban.”*

Lancaster-nek két későbbi munkájára hivatkoztam, de ez az összefoglaló munka valahogy nem került a kezembe, így nem is hivatkoztam rá, ami kétségkívül hiányosság.

5) *„A természeti-társadalmi kapcsolatok statisztikai vizsgálata és kapcsolódása a morfológiához számomra nem teljesen meggyőző, mert a legtöbb esetben lényegében egy logikus gondolkodással is elérhető következtetés fogalmazódik meg az elemzés végén. Nem tudom, hogyan lehetne ezt meggyőzőbben megfogalmazni, s ugyan elfogadom a módszerben rejlő lehetőségeket, bár talán éppen a karsztos területek esetén nem hiszem, hogy általánosan alkalmazható következtetéseket lehet levonni, olyanokat, amelyek minden, vagy legalábbis nagyszámú karsztos területre érvényesek. Itt a szerző csak egy mintaterülettel foglalkozik (de már itt is két hipotézist vázol fel), így az általánosíthatóság lehetősége fel sem merül.”*

Ez a rész pontosan azért került be a disszertációba, hogy bemutassam, hogy még akár erre is használhatók a digitális terepmodellek. Elismerem, hogy ez a téma a disszertációban valóban kevésbé van kifejtve, és csak egy esettanulmány szerepel róla. Viszont az utóbbi 7-8 évben elég sokat foglalkoztam pont ezzel a témával, számos mintaterületen vizsgáltam az alap-hipotézis érvényességét, mely erősen leegyszerűsítve úgy szól, hogy “a karsztok természeti adottságai többnyire inkább hátrányt jelentenek a társadalmi-gazdasági fejlődésben, ami például a demográfiai változásokban is kimutatható; ugyanakkor a természetvédelem és a természeti turizmus terén előnyösek ezek az adottságok”. A Gömör–Tornai-karszt, az Erdélyi-szigethegység, Montenegró valamint a Pindosz-hegység példáján sikerült ezt a hatást kimutatni (Telbisz et al., 2014, 2015, 2016, 2019). És pont azért izgalmas ez a kérdéskör, mert a társadalmi-gazdasági fejlődésre valóban számos egyéb (társadalmi és természeti) tényező hat jóval erősebben, ennek ellenére a “karszt” hatása mégis sok helyen kimutatható. Ugyanakkor pont a disszertációs esettanulmányban, a Tara-hegység kapcsán az jött ki, hogy ott demográfiai szempontból a domborzat szerepe szignifikáns, míg a “karszt” szerepe nem az. De ezt a kérdéskört a jelenleginél is nagyobb adatbázisokon vizsgálva, esetleg gépi tanulási módszereket is fölhasználva a sokváltozós adatelemzésben, a későbbiekben precízebb válaszok várhatók ebben a témában.

6) *“Az értekezést próbáltam nagyon figyelmesen olvasva megtalálni, hogy a szerző milyen kis töbröt tekint már töbröknek (a Z-limittel elvileg a minimális mélység állítható be, de ez nem feltétlenül van összefüggésben a vízszintes mérettel)... Természetesen a minimális töbrőméretnek valamennyire összhangban kell lennie a DTM felbontásával, de erre nem találtam utalást az értekezésben.”*

Definíció szintjén nehéz megadni a töbrő minimális méretét. A szakirodalom sem ír egyértelmű választ ezzel kapcsolatban. Terepi tapasztalataim alapján láttam 1-2 méter átmérőjű kisformákat, amik karsztos oldással alakultak ki, tehát töbrök voltak. Sőt kifejezetten olyat is láttam a Biharban, amikor egy hosszú, nagyon heves esőt követően új töbrök alakultak ki a felszínen. Ezen tapasztalatok alapján van, ahol 1 vagy 2 métert javasolnék minimális töbrő-átmérőnek, más terepen viszont lehet, hogy 10 méterben adnám meg a minimum-értéket. Ez a konkrét helyszíntől függően változhat. A nehézség ott jelentkezik, hogy az ekkora méretű “gödrök” közül hányadrész tekinthető töbröknek, és hányadrész az, ami más eredetű (valós gödör, de más módon létrejött; avagy a DTM-ben létező, de nem valós mélyedés). Erre lehet a terepi megfigyelések alapján következtetni, de esetleg az adatok statisztikai eloszlása alapján is, a nagyon kilógó értékek figyelembevételével. A Gömör–Tornai-karszt elemzése során nem alkalmaztam minimális töbrő-átmérőt a magányos formák esetében. A legkisebb formák így 30 m² területtől kezdődnek, ami 3 méteres sugárnak felel meg. Elképzelhető, hogy ezek kis méretű “egyedek” valóban töbrök, de az is lehet, hogy ezek más eredetű formák. Tekintve, hogy számarányuk az összeset tekintve elenyésző, ezért ezt a kérdést nem vizsgáltam tovább. Ugyanakkor, ahogy a disszertációban leírtam (p.25), a terület mintázatának megfigyelése alapján arra jutottam, hogy ahol a kis töbrök egy nagyobb zárt mélyedés részei, ott azokat egyszerűen a nagyobb forma részének tekintem, nem önálló elemnek. Technikailag: a töbrő-lehatárolási algoritmus első köre után azokat az 1000 m²-nél kisebb töbröket, amelyekhez közel volt másik töbrő, azokat feltöltöttem és így újra futtattam az algoritmust (ez szerepel a disszertációban, p.25). Mindezen túl természetesen egyetértek a bíráló azon megállapításával, hogy a DTM felbontása befolyásolhatja a minimális “felismerhető” töbrőméretet.

7) *“Itt kerülnek elő a formák vízszintes alakját jellemző dimenzió nélküli paraméterek, mint megnyúltság és a kerekítettség. Érdekes lenne itt egy kitekintés, hogy más szakterületek morfológiai kutatásiban milyen megoldásokat fejlesztettek ki ezek meghatározására, az alak, a „szabályosság” jellemzésére.”*

Ez kétségtől érdekes lenne, de nagyon messzire vezetne. Csak a geomorfológián belül példaként említhetők a vulkáni formák (azok szintvonalai), vagy a vízgyűjtők, melyek megnyúltsága, kerekítettsége egy sokak által tárgyalt kérdés. Ha kifejezetten más szakterületekre is kitekintünk, akkor a sejtek alakjától a magok formájáig nagyon sok területen előkerülnek ezek a dimenzió nélküli paraméterek.

8) *“a szerző hol Simpson-szabályról, hol Simpson-formuláról, hol Simpson-módszerről ír. Én a legtöbbször Simpson-formula alakban láttam és használtam. Az értekezésben a három különféle terminológia használatára a szerző nem ad magyarázatot.”*

Ezt a három alakot azonos értelemben használom, mivel mindegyik szóhasználat előfordul. A legklasszikusabb alak magyarul talán valóban a “Simpson-formula” kifejezés, de például a Wikipédia (ami tudom, hogy nem a legmélyebb tudományos forrás, de azért van jelentősége) “Simpson-módszer” címszó alatt tárgyalja, angolul pedig talán a Simpson’s Rule a leggyakoribb kifejezés, amit fordíthatunk Simpson-szabálynak (és ez elő is fordul magyar szövegekben).

9) *“A rekonstrukció lehetséges hibaforrásai alfejezet véleményem szerint nagyon fontos része a dolgozatnak, de jobb lenne egy táblázatos, átlátható összefoglaló, ahol minden módszer vagy adatforrás hibája egyértelműen látható, ahogy a 41. oldalon olvasható is a kiszámított 0,5%, ami valóban jól értelmezhető. Itt megkapjuk az adatforrások pontosságát, de arra nincs igazán utalás, hogy hogyan tudjuk meg a végső eredmények pontosságát.”*

A lepusztulási arány hibája a 83. oldalon lévő 10. táblázatban szerepel minden vizsgált vulkánra. Elismerem ugyanakkor, hogy ez nincs minden módszer vagy adatforrás esetében következetesen dokumentálva.

10) *“A töbörlevezetési algoritmus érzékenysége a feltöltési Z-limit értékére meggyőzőnek hat, de ... Jó lett volna más mintaterületet is bevonni a vizsgálatba ebben a témakörben.”, illetve kicsit később „A mérsékelt övi karsztkúpok elemzése szlovéniai mintaterületeken történt meg, szintén igen részletesen tárgyalja a szerző ezeket a kutatásait. Itt is célszerű lett volna legalább az említés szintjén kitekinteni más mintaterületekerekre is...”*
Egyetértek azzal, hogy további mintaterületekre is fontos lenne ezeket a módszereket tesztelni. Jelenleg a saját kutatásaim ezekre a mintaterületekre terjedtek ki, de valóban érdemes lehet ezeket a vizsgálatokat tovább folytatni.

11) *“A természet-társadalom kapcsolatok statisztikai jellegű megközelítésére a szerző egy nyugat-szerbiai mintaterületet használ. Különösen ennél a vizsgálatnál éreztem volna fontosnak más mintaterület bevonását is”*

Itt “nyitott kapukat döngöt” a bíráló, mivel ehhez hasonló vizsgálatokat sok más mintaterületen is végeztem, amint azt feljebb, az 5. pontban már leírtam.

12) *“magyar nyelvű szakirodalomban mára már egyre többször lidar formában olvasható”*

Nem vagyok ellene a kisbetűs írásnak sem, de a “LiDAR” írásmód révén kiugrik a szövegből ez a mozaikszó és én ezt inkább előnynek érzem. Függetlenül attól, hogy a helyesírási elvek mit mondanak a mozaikszavak helyesírásáról. Ha a mozaikszavak közszavakból jönnek létre, akkor elvben inkább kisbetűvel kéne írni őket, azonban ez alól bőven vannak kivételek (pl. DNS, PVC, TDK, WC).

13) Helyesírás, ábrák:

Köszönöm a helyesírási hibák pontos listáját. Ezt és az ábrákkal kapcsolatos precíz megjegyzéseket minden bizonnyal jól tudom hasznosítani egy esetleges publikálás során. A szokásos opponensi feladatokon túl itt valójában lektori szemmel történt az átnézés, amit külön köszönök.

“A bírálók bizonyosan a korosabb korosztályba tartoznak, az ő számukra nagyon sok ábra szövege túlságosan is apróbetűs, egyes esetekben az ábra szövege csak úgy olvasható, ha a digitális változatba erősen belenyújtunk.”

Sajnos az apróbetűk problémáját én is egyre jobban tapasztalom, de a szerkesztés során annyira a digitális változatot és annak nagyíthatóságát tartottam szem előtt, hogy a betűméretek emiatt valóban sok esetben túlságosan kicsik lettek a nyomtatási mérethez képest.

14) Tézisekkel kapcsolatos megjegyzések:

„Az esetenként többszörösen összetett, hosszú 3-4 soros mondatok még egy tudományos műben, egy disszertációban sem igazán szerencsések, semmiképpen nem könnyítik meg az olvasó, a bíráló dolgát... A szerző itt pontosan leírja az algoritmikus lépéseket, ami egy téziszfűzetben felesleges”

A téziszfűzet összeállítása bizonyos szempontból nehezebb feladat, mint a teljes disszertáció elkészítése. Mert egy rövid terjedelemben kell sok információt összezsúfolni. A téziszfűzettel kapcsolatban egyrészt fontosnak tartom, hogy ha valakinek csak ez kerül a kezébe, akkor is érthető legyen számára minden, ezért itt is – a lehető legtömörebben – le kellett írnom a bevezető részeket, valamint az adatokkal és módszertannal kapcsolatos legfőbb pontokat. A tézisek hosszúságát pedig az magyarázza, hogy elég komplex állításokról van szó, amelyek kimondásában fontosak az alkalmazási feltételek, az állítás részletei és a legtöbb esetben a mintaterület is.

Ettől függetlenül elismerem – mivel több bíráló is ugyanezt kifogásolta –, hogy a tézisek túl hosszúak lettek. Büszke lehetnék, ha én is $E = m \cdot c^2$ tömörségű téziseket tudnék megfogalmazni. Erre az én eredményeim sajnos nem alkalmasak, de a jelenlegi tézisek valamivel tömörebb és általánosabb megfogalmazása bizonyosan elérhető.

Ad. 1. Tézis: *„akár úgyis értelmezhető, hogy addig változtatgatom a Z-limit értékét, amíg a várt eredményt nem kapom”*. Elfogadom, hogy ez a megfogalmazás nem a legszerencsésebb. A lényeg, hogy itt van egy referencia-adat (1:10 000-es méretarányú topográfiai térkép; amit ráadásul számtalan terepbejárás során pontosnak találtam a vizsgált területre vonatkozóan), amihez viszonyítva értelmezhető ez az eljárás. A referencia-adat más területeken lehet más is (pl. egy szűkebb részre vonatkozó terepi felmérés; jó felbontású LiDAR vagy légifotó manuális kiértékelése; stb.). Referencia-adat hiányában viszont valóban nem egyértelmű ennek az eljárásnak a használata.

Ad 2. Tézis: *„Igazából nincs is egyértelműen megfogalmazva a tézis. Az pedig (nekem, mint kartográfusnak) evidens, hogy még ha az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképet is tekintjük, az kevesebb többrét ábrázol, mint amennyit a lidar adatokból kinyerhetünk. Nem tekintem ezt a tézist ebben a formában elfogadhatónak.”*

Tény, hogy ebben a tézisben olyan dolgokat fogalmaztam meg, amelyek a józan ész alapján elég logikusak. De ezek a vizsgált területre vonatkozóan mérésekkel vannak alátámasztva.

Ad 4. Tézis: *„Kicsit talán túlságosan is evidensnek tűnik (legalábbis egy laikus számára). Kevésbé érzem tézisszerűnek a megfogalmazást. Nem tekintem ezt a tézist ebben a formában elfogadhatónak.”*

Elfogadom, hogy ez a tézis csupán egy módszertani elgondolást jelenten, amit a mintaterületek elemzése során alkalmaztam, ezért nem tekinthető önálló tézisnek, hanem csak az eredményekhez vezető útnak.

Ad 10., 11., illetve 12-14. Tézis: *„Elfogadható, komplex, részletes tézis, sőt talán túlságosan is hosszú. Célszerű lett volna a mintaterületekre talán csak egy-egy külön összefoglaló tézist szánni. Jelenlegi formában inkább csak eredmények, konklúziók bemutatását tükrözi.”*, illetve *„Elfogadható, de célszerűbb lett volna az esettanulmány jellegű téziseket összefogóan kezelni.”*

Elfogadom a kritikát, hogy ezek a tézisek túlságosan hosszúra sikerültek, és egyetértek magam is azzal, hogy a rövid tézis jobb, mint a hosszú de nagyon nehéznek találtam a téziseim alpontjait úgy összevonni, hogy közben a tartalom ne lúgozódjon ki. Például a 10. tézist rövidre összevonva az alábbi módon tudnám megírni: **„Meghatároztam, hogy a tőbrök vízszintes alakját, kiterjedését, mélységét, ezek statisztikai eloszlását, valamint térbeli mintázatát hogyan befolyásolják a domborzati és geológiai adottságok a Gömör–Tornai-karszt esetében.”**

15) *„A módszerek leírása ugyan alapos, de többször hivatkozik a szerző a munkafolyamat algorit-mizálására. Ez valójában nem azt jelenti, hogy különböző algoritmusok segítségével, használatával kézzel (kattintgatva) végezzük el a munkát, hanem azt, hogy a szerző hoz létre egy olyan összességében algoritmizált munkafolyamatot, ahol különböző paraméterek megadásával manuális beavatkozás nélkül előáll az eredmény. Ez lehetett volna egy nagyon erős tézis, ha lenne ilyen. (A legfontosabb térinformatikai szoftverek képesek lennének ilyen algoritmikus eljárás létrehozására.)”*

A töbör-lehatárolás és morfológiai számítások esetében, illetve a kúpformák vizsgálatánál ténylegesen létre is hoztam ilyen algoritmust (ArcMap szoftverben), ami a munkafolyamat nagy részét elvégezte. A dűnék vizsgálatánál egyes részleírásokra készült egyszerű szoftveres (Visual Basic-ben megírt) eljárás. Egy viszonylag robusztus algoritmus kidolgozását azért nem tekintetem célnak, mert a felhasználási terület, vagy másképpen a kutatói közösség, viszonylag szűk körű ezekben a témákban, így az ilyen típusú fejlesztésnek kevés lenne a felhasználója.

Végül következnek a tisztelt Bíráló által megfogalmazott kérdések és az azokra adott válaszaim:

1. „A 6. tétel esetében az alkalmazhatóság szerző által megfogalmazott – jogosnak tűnő – feltételei mennyire szűkítik le a kidolgozott módszer alkalmazását? Tudna-e példát mondani olyan mintaterületre, melyre a módszer jól működik és olyat, amelyre nem?”

Természetesen az alkalmazhatósági kritériumok jelentősen szűkítik azokat a területeket, ahol a módszer használható. Erősen szabdaltságon többek között gondot jelent a vulkán alapszintjének lehatárolása. Ezért mondjuk Japán vulkánjaira nehéz lenne alkalmazni a módszert. Egy lehetséges helyszínnek látom viszont a Transz-Mexikói Vulkanikus Övet, a Mexikói-fennsíktól délre, ahol a miocéntől kezdődően máig folyamatos vulkán tevékenység zajlott és zajlik (Gómez-Tuena & Carrasco-Núñez, 2000; Ferrari et al., 2012). Idősebb, kihunyott és ma is működő vulkánok egyaránt megtalálhatók itt nagy számban. A vulkán felépítmények sokfélék (kaldera, rétegvulkán, monogenetikus kúpok, stb.), de ezek között bizonyonnyal akad elég sok, ami azonos működése következtében közel azonos „kezdeti formával” rendelkezhetett. A kérdés részletes elemzése azonban további vizsgálatokat igényelne.

2. „Mi a legfontosabb gyakorlati, szakmai, tudományos jelentősége a 9. tételben megfogalmazott eredménynek, a Gömör–Tornai-karszt fennsíkjai általános lejtése (lejtésirány és lejtőszög) meghatározásának?”

Ehhez a kérdéshez a Bevezetésben szereplő Mallory-idézet illik: „Mert ott van.” Gyakorlati jelentőséget nehezen tudnék társítani hozzá. Azon kívül, hogy a fennsíkok általában véve sík jellege a pásztorkodás szempontjából egy kedvező adottság. Ehhez azonban a vízhiány társul a karsztosodás miatt, amit viszont egyértelműen hátráltató tényezőnek tekinthetünk a fennsíkokon végzett emberi tevékenység szempontjából. Mindenesetre tény, hogy a Gömör–Tornai-karszt fennsíkjain még napjainkban is (bár igencsak megritkulva) pásztorok terelgetik itt nyájakat és gulyákat. De ebből a szempontból a néhány fok lejtőszög-különbség nem számít.

Ha azonban a kérdés elméleti jelentőségét vizsgáljuk, akkor azt kell figyelembe venni, hogy a geomorfológiai szakirodalom mindig is hangsúlyosan kezelte a felszínformák lejtőszögének kérdését. Ezen belül a hegyláb hordalékkúpok, illetve a hegyláb felszínének lejtőszögét számos kutató tanulmányozta (pl. DeCelles, Cavazza 1999, Arzani 2011, Fontana et al. 2014, Bowman 2019). A hegyláb felszínének az emelkedő hegységek peremén sokféle megfigyelhető felszínformák, melyek régóta a geomorfológusok érdeklődési körébe tartoznak. Márpedig a Gömör–Tornai-karszt egy hegyláb felszín volt az erőteljesen emelkedő Érchegység déli oldalán. A karsztot betakarták más üledékes kőzetek, melyeken vízfolyások alakultak ki, sokféle szétteretve a Poltári Kavics formáció anyagát, mely azonban napjainkra nagyrészt már lepusztult a fennsíkokról. Az egykori hegyláb felszín lejtőszöge befolyásolta e vízfolyások lefutását és irányait is, ami közvetve a szurdokok és barlangok kialakulásában is szerepet játszott (mely utóbbiak jelenleg a Világörökség részei). Ilyen formában tehát a karszt általános lejtésének kérdése a terület felszínfejlődésében egy kicsi, de azért nem elhanyagolható mozaikdarab. Továbbá ez egy olyan paraméter a sok közül, melynek alapján a Gömör–Tornai-karszt összehasonlítható más területek hegyláb felszíneivel.

3. „Ideális esetben milyen paraméterekkel rendelkező és eredetű DTM-et és elemzési módszert választana sivatagi dűnék lehatárolására?”

Nagyléptékű vizsgálatokhoz (mint amilyen az általam kidolgozott esettanulmány is), ahol nagyobb területek (100 000 km² nagyságrend) mintázatainak elkülönítése és morfológiai jellemzése a cél, úgy gondolom, hogy már a 30 m felbontású DTM is elegendő a formák lehatárolásához. Ideális esetben olyan DTM-re van szükség, melyben nincsenek jelentős adathiányok és hibák. Ezt többféle adatbázis egybevetésével, illetve hibajavítási algoritmusokkal lehet elérni.

A kisebb formák (például barkánok, dómok) vagy akár nagyobb egyedi formák (pl. piramisdűnék) részletesebb vizsgálatához ugyanakkor 1 méter felbontású LiDAR adatokat tekintenek ideálisnak. Ezeknek a formáknak a részletes morfológiai paramétereit ez alapján pontosan meg lehetne határozni.

Tekintve, hogy a sivatagokban gyakran felhőmentes az idő, ezért nagy felbontású űrfelvételekből, vagy (repülőgépről, illetve drónról készített) légifotókból sztereo-fotogrammetriai eljárásokkal is lehetne ilyen jó felbontású DTM-et készíteni. További szerencsés körülmény, hogy a sivatagokban a növényzet zavaró hatásával sem kell számolni, ami egyszerűsíti, illetve pontosabbá teszi az ilyen típusú DTM-ek készítését.

Legfontosabbnak azonban a homokdűnék változásának vizsgálatát gondolom, beleértve a horizontális elmozdulást és az esetleges vastagságváltozásokat (Dong, 2015; Grohmann et al., 2020). Erre a jó felbontású űrfelvételek kiváló lehetőséget jelentenek, de a radar-adatok (pl. Sentinel-1) segítségével a vertikális változások is remekül megragadhatók (Ding et al., 2020; Boemke et al., 2023). Ez most egy különösen aktív kutatási terület. A Structure-from-Motion módszer segítségével akár régebbi légifotókból is kinyerhetők 3D-s dűneadatok, melyek segítségével egyes helyeken akár több évtizedre visszamenőleg is lehetséges a dűnék változásait jellemezni (Grottoli et al., 2021).

4. *„Általánosságban a hibaforrások és hibakezelések nem egyértelműen rajzolódnak ki az értekezésben, ami a gyakorlati alkalmazhatóság szempontjából igen fontos lenne. Mivel indokolja ezt, illetve hogyan ítéli meg a hibák jelentőségét?”*

Ez a legkomplexebb kérdés, melyre nehéz szabatos választ adni. Mivel általánosságban van feltéve, ezért nehéz megítélni, hogy a választ milyen mélységben kell megadnom rá.

Először egy rövid válasz: a hibákat ott tárgyaltam részletesen, ahol azok a leginkább befolyásolhatják az eredményt, vagyis a rétegvulkánok esetében. Mivel ennél a vizsgálatnál több bemenő paramétert is becsülni kellett, ezért fontos volt ennek a hibájával foglalkozni, ami meg is történt. Itt jelzem, hogy ebben a témában, vagyis a vulkáni térfogatszámítást illetően további publikációim is megjelentek szerzőtársakkal (Telbisz et al. 2017, Karátson et al. 2019), ahol számításokkal támasztottam alá, hogy az alapszint lehatárolása, illetve a körvonal megrajzolása befolyásolja leginkább a térfogatszámítás eredményeit, és ezt számszerűsítettem is.

A töbrös vizsgálatok esetében az automatikus lehatárolásnál a Z-limit jelentette a „legbizonytalanabb” tényezőt, ami a töbrök számát és sűrűségét befolyásolja, ezért ezt vizsgáltam részletesebben, de tény, hogy csak az Aggteleki-karsztra vonatkozóan.

A töbrök sűrűségét szintén jelentősen befolyásolja még az a terület, amire vonatkozóan a számítást végezzük, ezt is tárgyaltam a disszertációban.

A többi paraméter számításánál viszont úgy vélem, hogy nem jelentősek a hibák. Mégpedig az alábbiak miatt: – A formák méretéhez képest a DTM felbontása jó vagy nagyon jó volt (kivétel: a homokdűnék közül a kisebbek). A DTM felbontása sokféleképpen befolyásolja a számítások eredményét. A magasságot (annak eloszlását, átlagértékét) viszonylag kevésbé, a lejtőszögértékeket már jobban (minél gyengébb a felbontás, annál kisebbek a lejtőszögek), a görbületet még jobban befolyásolja a pixelméret. E változások mértéke természetesen a konkrét tereptől és felbontástól függ, adott esetben ezek az összefüggések számszerűsíthetők is. Ezt a témát sok szakcikk (pl. Chang, Tsai 2013, Grohmann 2015) és a társszerzőkkel írt tankönyvünk (Telbisz et al. 2013) is tárgyalja. A DTM horizontális felbontása értelemszerűen befolyásolja azt is, hogy mekkora méretű felszínformát lehet ez alapján lehatárolni és milyen részletességgel. Ezen kívül a DTM „minősége” is befolyásolhatja az eredményeket. Ezt lehet egyfajta számszerűsített „átlagos hibával” (pl. RMSE) jellemezni, vagy minőségi jellemzőkkel is (mint pl. az ASTER-ben lévő „gödrök és dombocskák”) – ez utóbbi kevésbé számszerűsíthető. A szakirodalom ezeket részletesen tárgyalja (pl. SRTM: Shortridge, Messina 2011, Rodriguez 2006, Rabus et al. 2003; ASTER: Slater et al. 2011, Tachikawa et al. 2011). A töbrök esetében használt LiDAR alapú DTM esetében úgy vélem, hogy mivel a töbrök (és karsztkúpok) túlnyomó részének átmérője legalább 10 m, de általában ennél jóval több, ezért a DTM-ből fakadó hiba minimálisnak tekinthető. Szlovéniában és Szlovákiában 1 m a felhasznált adatok felbontása és a pontossági adatok is ismertek, ezek a disszertációban is szerepelnek; az aggteleki vizsgálatnál 2,5 m a felbontás, a pontossági adatok erről a területről nem állnak rendelkezésemre, de ettől függetlenül erre is érvényesnek gondolom, hogy a DTM-ből fakadó hiba nem jelentős. Az Andok rétegvulkánjainak vizsgálatánál az SRTM 3” felbontású adatait használtuk (mivel az elemzés elvégzésekor még csak ez volt elérhető). Bár ez a felbontás ma már nem számít túl jónak, de a rétegvulkánok méretéhez viszonyítva még ez is megfelelő. A kisebb formákhoz kapcsolódó lejtőszögeket a valós értéknél kisebbnek mutatja ez a modell, de a nagyobb,

homogénebb vulkánlejtők esetében még ez a torzítás sem lényeges. Továbbá, mivel az adott vizsgálaton belül egységes volt az alapadat, ezért az egymással való összehasonlításokat ez nem befolyásolja. A sivatagi dűnék esetében tény, hogy a felhasznált 3” felbontású domborzatmodell (De Ferranti 2014) alapján a kisebb formák már nem elemezhetők, de ezt a disszertációban is leírtam. A nyugat-szerbiai mintaterület esetében az 1” felbontású SRTM adatokból származó hibát elhanyagolhatónak tartom, mivel nagyobb területre vonatkozó átlagokat számoltam ebből.

– A legtöbb esetben az átlagértékek (esetleg a medián), illetve az eloszlás voltak az érdekes kérdések. Az átlagérték (és a medián is) statisztikai értelemben robusztus paraméter. Az átlag hibája (standard hiba) egyenlő a szórás osztva az elemszám négyzetgyökével. Tekintve, hogy a legtöbb vizsgálatnál az elemszám (ami a pixelek száma egy területi összegzésnél) igen nagy volt, így az átlag becslése meglehetősen pontosnak tekinthető. A kisebb, véletlenszerű hibák az eloszlás *jellegét* szintén nem befolyásolják érdemben. Felmerülhet a kérdés, hogy *szisztematikus hiba (torzítás)* lehetett-e valamelyik paraméter számítása során, de erről nem tudok.

– „Érzékeny paraméternek” tekinthető a kerekítettség, ami erősen függ attól, hogy a szintvonalakat (domborzatmodell) milyen mértékben simítjuk, illetve magától a felbontástól és a tényleges részletességtől is. Ezért ez mások által, más alapadatokból nyert értékekkel nem feltétlenül hasonlítható össze közvetlenül. Ám saját vizsgálataimon belül, ahol ugyanolyan adatból kiindulva ugyanolyan módszerrel számítottam, ott használható összehasonlításra.

– A homokdűnék esetében a dűneközi térszín, mint alapfelület kiterjesztése (interpolációja) befolyásolhatja a dűnék relatív magasságát és térfogatát. Itt a vulkánokhoz hasonlóan elvi számítások alapján is megadható, hogy az alapszint bizonyos mértékű hibája mekkora hibát eredményezhet a térfogatban, illetve „kísérleti jelleggel” is kiszámítható, hogy például többféle interpolációs eljárást alkalmazva mekkorák az eltérések. Továbbá kérdésként fölmerülhet még, hogy a dűnék esetében a mintaterületekre számított értékek mennyire reprezentatívak az adott területre nézve. Ezt több mintaterületre végzett méréssel lehetne számszerűsíteni. Mindezek egyelőre csak elvi lehetőségek, ezeket a gyakorlatban nem számítottam ki.

5. *„A ma olyan divatos gépi tanulós módszerek (mély tanulás, neurális hálók, véletlen erdő, stb.) már jelen vannak a felszínformák lehatárolásának mai szakirodalmában, de az értekezésben ezek nincsenek említve. Ha nem is ezzel a módszerrel dolgozott, az áttekintésben talán lett volna ennek helye. Hogyan értékeli a gépi tanulós módszerek alkalmazhatóságát ezen a szakterületen?”*

A gépi tanulós módszerek elterjedésében az idei év hozott robbanásszerű fejlődést, de tény, hogy már az elmúlt években is jelen voltak ezek a módszerek, ezért a szakirodalmi áttekintésben valóban érdemes lett volna ezekre is – legalább röviden – kitérni.

A töbrök esetében úgy gondolom, hogy van egy viszonylag egyértelmű definíciónk („a töbör a karsztos területek zárt mélyedése, néhány métertől 500 m átmérőig”), amit jó felbontású DTM-ek alapján elég jól lehet alkalmazni, ezért itt nem nagyon látom szükségét a gépi tanulós módszerek bevetésének. Azonban problémát jelenthet, ha a terepen nem-karsztos eredetű, de hasonló méretű zárt mélyedések is előfordulnak (pl. kis tavak, elhagyott medrek, stb.; akár természetes, akár ember alkotta formák, vagy esetleg DTM „hibák”). Továbbá nem mindig érhető el jó felbontású/minőségű DTM. Ilyen esetekben segíthet a gépi tanulás. Zhu et al. (2020) hat különböző gépi tanulási módszert vetett be a karsztos és nem karsztos mélyedések elkülönítésére, melyek közül a neurális hálókat találta a leghatékonyabbnak. Rafique et al. (2022) azzal kísérletezett, hogy „közvetlenül” a DTM-ből és a lejtőszögből kiindulva, tehát nem a mélyedések azonosításán keresztül, hanem csak a fenti alapadatokból, gépi tanulási módszerek segítségével határoljon le töbröket. Véleményem szerint ez jóval gyengébb eredményt szolgáltatott, mint a definíción alapuló algoritmus. A hirtelen kialakuló szakadéktöbrök jelentette kockázat elemzését vizsgálták Bianchini et al. (2022).

A vulkánok esetében az a tapasztalatom, hogy a „vulkáni felépítmények” elemszáma általában nem annyira nagy, hogy szükség legyen gépi tanulási módszerek megalkotására az általános morfológiai jellemzéshez. Ennek ellenére léteznek erre is kísérletek, de viszonylag kis számban (Li et al. 2023). Ha azonban a vulkánok változás-vizsgálatára gondolunk, vagy az előrejelzési modellekre, akkor már rendkívül tág lehetőségek nyílnak a gépi tanulási algoritmusok számára (pl. Gaddes et al. 2019, Sun et al. 2020, Carniel, Guzmán 2021, Corradino et al. 2021).

Az általam vizsgált témák közül leginkább a homokdűnék vizsgálatában hozhat jelentős előrelépést a mesterséges intelligencia. A homokdűnék ugyanis forma szempontjából sokféle variációt mutatnak, a

darabszámuk is jelentős (különösen a kisebb formákat tekintve) és többnyire dinamikusan változnak (bizonyos területeken). Így automatikus lehatárolásukra egyrészt van igény, másrészt nem egyszerű a feladat, harmadrészt adatból (űrfelvétel, DTM, radaradat) van bőven, ezért ideális terepet jelentek a gépi tanulási módszerek fejlesztése számára. Ennek megfelelően az utóbbi néhány évben számos publikáció jelent meg ezen a téren (pl. Azzaoui et al. 2019, Goldstein et al. 2019, Mohammadpoor et al. 2021).

Kicsit általánosabban kitekintve úgy vélem, hogy a mesterséges intelligencia számára a távérzékelési adatok jelentik a legnagyobb kincsesbányát, így ezzel kapcsolatban várhatók (illetve már el is indultak) a legnagyobb fejlesztések, különösen azokon a területeken, amelyekre nagy a társadalmi igény (pl. mezőgazdaság; katasztrófa előrejelzés és nyomkövetés). A különböző formák, egységek lehatárolása jelenti talán az egyszerűbb feladatot, míg az előrejelző modellek kidolgozása a nehezebb probléma, ám ez vezethet nagyobb fejlődéshez számos területen.

Ugyanakkor azt is megjegyzem, hogy a gépi tanulási módszerek sok esetben „fekete-dobozként” működnek, így a tudományos megértést nem minden esetben szolgálják. De ez egy messzire vezető, izgalmas kérdés, melynek megválaszolása már nem az én hatásköröm...

Végül ismételtelen megköszönöm tisztelt Bírálómnak, hogy alaposan áttanulmányozta dolgozatomat, és ennek alapján azt nyilvános vitára alkalmasnak tartja és véleményében az MTA doktori cím odaítélését javasolja.

Budapest, 2023. december 20.



Telbisz Tamás
egyetemi docens

A válaszban idézett munkák jegyzéke

- Arzani, N., 2012. Catchment lithology as a major control on alluvial megafan development, Kohrud Mountain range, central Iran. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37 (7): 726–740. <https://doi.org/10.1002/esp.3194>.
- Azzaoui, A., Masmoudi, L., Elbelrhiti, H., Chaouki, I., Agadir, A., 2019. Segmentation of Crescent Sand Dunes in High Resolution Satellite Images using a Support Vector Machine for Allometry. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10: 191–198. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0101126>.
- Bianchini, S., Confuorto, P., Intrieri, E., Sbarra, P., Di Martire, D., Calcaterra, D., Fanti, R., 2022. Machine learning for sinkhole risk mapping in Guidonia-Bagni di Tivoli plain (Rome), Italy. *Geocarto International*, 37 (27): 16687–16715. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2113455>.
- Boemke, B., Turki, I., Brüll, C., Lehmkuhl, F., 2023. Assessing complex aeolian dune field morphology and evolution with Sentinel-1 SAR imagery – Possibilities and limitations. *Aeolian Research*, 62: 100876. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2023.100876>.
- Bowman, D., 2019. *Principles of Alluvial Fan Morphology*. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1558-2>.
- Carniel, R., Raquel Guzmán, S., 2021. Machine Learning in Volcanology: A Review. In *Updates in Volcanology - Transdisciplinary Nature of Volcano Science*, Németh, K. (Ed.), InTechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94217>.
- Chang, K., Tsai, B., 1991. The Effect of DEM Resolution on Slope and Aspect Mapping. *Cartography and Geographic Information Systems*, 18 (1): 69–77. <https://doi.org/10.1559/152304091783805626>.

- Corradino, C., Bilotta, G., Cappello, A., Fortuna, L., Del Negro, C., 2021. Combining Radar and Optical Satellite Imagery with Machine Learning to Map Lava Flows at Mount Etna and Fogo Island. *Energies*, 14 (1): 197. <https://doi.org/10.3390/en14010197>.
- De Ferranti, J., 2014. Digital elevation models. Digital elevation models, 2014. Available at <http://viewfinderpanoramas.org/> [Last accessed 6 January 2014].
- DeCelles, P.G., Cavazza, W., 1999. A comparison of fluvial megafans in the Cordilleran (Upper Cretaceous) and modern Himalayan foreland basin systems. *GSA Bulletin*, 111 (9): 1315–1334. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1999\)111<1315:ACOFMI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1999)111<1315:ACOFMI>2.3.CO;2).
- Ding, C., Zhang, L., Liao, M., Feng, G., Dong, J., Ao, M., Yu, Y., 2020. Quantifying the spatio-temporal patterns of dune migration near Minqin Oasis in northwestern China with time series of Landsat-8 and Sentinel-2 observations. *Remote Sensing of Environment*, 236: 111498. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111498>.
- Dong, P., Xia, J., Zhong, R., Zhao, Z., Tan, S., 2021. A New Method for Automated Measurement of Sand Dune Migration Based on Multi-Temporal LiDAR-Derived Digital Elevation Models. *Remote Sensing*, 13 (16): 3084. <https://doi.org/10.3390/rs13163084>.
- Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., Manea, M., 2012. The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. *Tectonophysics*, 522–523: 122–149. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.09.018>.
- Fontana, A., Mozzi, P., Marchetti, M., 2014. Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps. *Sedimentary Geology*, 301: 150–171. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.09.003>.
- Gaddes, M.E., Hooper, A., Bagnardi, M., 2019. Using Machine Learning to Automatically Detect Volcanic Unrest in a Time Series of Interferograms. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124 (11): 12304–12322. <https://doi.org/10.1029/2019JB017519>.
- Goldstein, E.B., Coco, G., Plant, N.G., 2019. A review of machine learning applications to coastal sediment transport and morphodynamics. *Earth-Science Reviews*, 194: 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.04.022>.
- Gómez-Tuena, A., Carrasco-Núñez, G., 2000. Cerro Grande volcano: the evolution of a Miocene stratocone in the early Trans-Mexican Volcanic Belt. *Tectonophysics*, 318 (1): 249–280. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00314-5](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00314-5).
- Grohmann, C.H., 2015. Effects of spatial resolution on slope and aspect derivation for regional-scale analysis. *Computers & Geosciences*, 77: 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.02.003>.
- Grohmann, C.H., Garcia, G.P.B., Affonso, A.A., Albuquerque, R.W., 2020. Dune migration and volume change from airborne LiDAR, terrestrial LiDAR and Structure from Motion-Multi View Stereo. *Computers & Geosciences*, 143: 104569. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104569>.
- Grottoli, E., Biaisque, M., Rogers, D., Jackson, D.W.T., Cooper, J.A.G., 2021. Structure-from-Motion-Derived Digital Surface Models from Historical Aerial Photographs: A New 3D Application for Coastal Dune Monitoring. *Remote Sensing*, 13 (1): 95. <https://doi.org/10.3390/rs13010095>.
- Karátson, D., Telbisz, T., Dibacto, S., Lahitte, P., Szakács, A., Veres, D., Gertisser, R., Jánosi, Cs., Timár, G., 2019. Eruptive history of the Late Quaternary Ciomadul (Csomád) volcano, East Carpathians, part II: magma output rates. *Bulletin of Volcanology*, 81 (4): 28. <https://doi.org/10.1007/s00445-019-1287-8>.
- Li, H., Nong, W., Li, A., Shang, H., 2023. Automatic Identification and Mapping of Cone-Shaped Volcanoes Based on the Morphological Characteristics of Contour Lines. *Sustainability*, 15 (5): 3922. <https://doi.org/10.3390/su15053922>.
- Mohammadpoor, M., Eshghizadeh, M., 2021. Introducing an intelligent algorithm for extraction of sand dunes from Landsat satellite imagery in terrestrial and coastal environments. *Journal of Coastal Conservation*, 25 (1): 3. <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00789-x>.
- 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. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 57 (4): 241–262. [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(02\)00124-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(02)00124-7).
- Rafique, M.U., Zhu, J., Jacobs, N., 2022. Automatic Segmentation of Sinkholes Using a Convolutional Neural Network. *Earth and Space Science*, 9 (2): e2021EA002195. <https://doi.org/10.1029/2021EA002195>.

- Rodríguez, E., Morris, C.S., Belz, J.E., 2006. A Global Assessment of the SRTM Performance. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72 (3): 249–260. <https://doi.org/10.14358/PERS.72.3.249>.
- Shortridge, A., Messina, J., 2011. Spatial structure and landscape associations of SRTM error. *Remote Sensing of Environment*, 115 (6): 1576–1587. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.017>.
- Slater, J.A., Heady, B., Kroenung, G., Curtis, W., Haase, J., Hoegemann, D., Shockley, C., Tracy, K., 2011. Global Assessment of the New ASTER Global Digital Elevation Model. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 77 (4): 335–349. <https://doi.org/10.14358/PERS.77.4.335>.
- Sun, J., Wauthier, C., Stephens, K., Gervais, M., Cervone, G., La Femina, P., Higgins, M., 2020. Automatic Detection of Volcanic Surface Deformation Using Deep Learning. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125 (9): e2020JB019840. <https://doi.org/10.1029/2020JB019840>.
- Tachikawa, T., Kaku, M., Iwasaki, A., 2011. Aster GDEM version 2 validation report. Aster GDEM version 2 validation report, 2011. Available at <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/1.html> [Last accessed 1 January 2014].
- Telbisz T., Karátson D., Látos T., 2017. Vulkánok térfogatszámításával kapcsolatos módszertani kérdések (methodological problems in connection with volcano volumetry: in Hungarian). *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában (theory meets practice in GIS)*, 8th Conf, Debrecen University Press, 367–374.
- Telbisz, T., Bottlik, Z., Mari, L., Kőszegi, M., 2014. The impact of topography on social factors, a case study of Montenegro. *Journal of Mountain Science*, 11 (1): 131–141. <https://doi.org/10.1007/s11629-012-2623-z>.
- Telbisz, T., Bottlik, Z., Mari, L., Petrvalská, A., 2015. Exploring relationships between Karst terrains and social features by the example of Gömör-Torna Karst (Hungary-Slovakia). *Acta Carsologica*, 44 (1): 121–137. <https://doi.org/10.3986/ac.v44i1.1739>.
- Telbisz, T., Imecs, Z., Mari, L., Bottlik, Z., 2016. Changing human-environment interactions in medium mountains: the Apuseni Mts (Romania) as a case study. *Journal of Mountain Science*, 13 (9): 1675–1687. <https://doi.org/10.1007/S11629-015-3653-0>.
- Telbisz, T., Stergiou, C.L., Mindszenty, A., Chatzipetros, A., 2019. Geological and Geomorphological Characteristics of Vikos Gorge and Tymphi Mountain (Northern Pindos National Park, Greece) and Karst-Related Social Processes of the Region. *Acta Carsologica*, 48 (1): 29–42. <https://doi.org/10.3986/ac.v48i1.6806>.
- Telbisz, T., Székely, B., Timár, G., 2013. Digitális terepmodellek. Adat, látvány, elemzés. Budapest: ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék. <https://mek.oszk.hu/12000/12042/12042.pdf>
- Zhu, J., Nolte, A.M., Jacobs, N., Ye, M., 2020. Using machine learning to identify karst sinkholes from LiDAR-derived topographic depressions in the Bluegrass Region of Kentucky. *Journal of Hydrology*, 588: 125049. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125049>.