Válasz Timár Gábor bírálatára

A bírált MTA doktori disszertáció:
Optikai és mikrohullámú földmegfigyelési adatok integrációja és agrohidrológiai értékelése

Szerző:
Vekerdy Zoltán

2022. április

Köszönöm Professzor Dr. Timár Gábornak a mélyreható és részletes bírálatot. Az alábbiakban, követve bírálatának szerkezetét, igyekszem legjobb tudásom szerint reagálni észrevételeire és megválaszolni kérdéseit.

A Bíráló által csoportosított témakörök szerint haladva először az általános észrevételekre reagálok, majd kérdéseit/megjegyzéseit szó szerint idézve adom meg rájuk válaszaimat és reakcióimat.

Általános észrevételek

A dolgozat szerkezete tényleg nem a hagyományos probléma–célkitűzések–adatok, módszerek–eredmények–értékelés–következtetések lineáris struktúrát követi, ami egy kompromisszum következménye. Egy személyes jellegű magyarázattal kell kezdjem.

A tárgyalt témaköröket összefogó „*gondolati ív*" az adatintegráció. Disszertációmmal – önös indíttatásból – igyekeztem áttekinteni azokat a kutatási területeket, amikkel az elmúlt évtized(ek)ben foglalkoztam. Mivel engem a távérzékelési és térinformatikai technikák alkalmazásai érdekelnek, igyekeztem magam számára is tisztázni az egyes felhasználási területeken elért eredményeimet és feltárni a bennük lévő közös vonásokat. Ez nagy kihívás: mindenképp el kell kerülni az „aki sokat markol az keveset fog" szituációt. Megnyugvással olvastam, hogy Bíráló elfogadhatónak találta a megoldásként kidolgozott szokatlan szerkezetet.

Az, hogy a tézisek a szerkezet nem azonos szintjén jelennek meg, jól mutatja a kutatói lét egyik dilemmáját: nem mindig láthatjuk át, és különösen nem láthatjuk előre, hogy munkánk egyes részletei mekkora jelentőséggel bírnak a tudomány szempontjából.

Az elméleti háttér felvázolása a témák multidiszciplinaritása okán az egyik legnagyobb kihívást jelentette a disszertáció megírása során. A különböző alapfogalmak felvázolása nem sikerülhetett minden szakterületről jövő olvasó számára kielégítő módon, ami miatt a szöveg „*a földtudományok más ágát művelő olvasó számára határozottan barátságtalan olvasmány*" lett, és bizonyos alapfogalmakat külső forrásból kellett megszerezni a szöveg megértéséhez.

Sajnálom, hogy a szöveg nem olvasható „*kényelmesen*". Talán a felmerült kérdések egy részét jobb szerkesztési megoldásokkal meg lehetett volna előzni.

A szemi-empirikus formulák kérdése a szívemhez közel álló problémakör. A fizika alapegyenletei hemzsegnek az empirikus tagoktól (pl. az Ohm törvény). Emiatt nem értem pontosan[1], hogy mit ért Bíráló az alatt, hogy „...az olvasó...elveszti a *fizikai*

[1] Sarkos fogalmazásom nem teljesen igaz: valamennyire értem a problémát, hiszen a fizikai távérzékelés hemzseg az egymásba ágyazott empirikus tényezőket tartalmazó egyenletektől. Maga a távérzékelés ilyen: sugárzást mérünk (vagy a gravitációs tér jellemzőit) és abból vezetünk le, számszerűsítünk – rengeteg empiriával fűszerezve – a felszín tulajdonságaira (növényborítottságra, talajnedvességre stb.) vonatkozó adatokat.

fogalomalkotás halvány lehetőségét is" (Opponensi vélemény második oldal, második bekezdés vége). Remélem, hogy a kérdéseire a következőkben adott válaszaimmal segítem a fizikai megértést.

A tézisekkel kapcsolatos kérdések

Az elkövetkezőkben kurzív betűtípussal idézem Bíráló kérdéseit/megjegyzéseit.

- Kérdés: *az első tézishez: a 15. oldal (3) egyenletének van gyakorlati jelentősége? Ez tipikus példája az „egymásba ágyazott empirikus feltételezésen alapuló közelítés"-nek. Teljesen biztos, hogy nincs más, az agrohidrológiai/agrometeorológiai irodalomban bevett, más hasonló gondolatmenet? – kérdezem ezt a 4.6.1. pontban említett modellre gondolva is. Kérem továbbá a Jelöltet, hogy magyarázza el a kB^{-1} fogalmát egy geofizikus számára.*

Válaszom: Teljesen egyetértek, ez egy empirikus feltételezéseket tartalmazó összefüggés. Kő kemény mikrometeorológia.

A teljesség kedvéért idemásolom a (3) egyenletet:

$$kB^{-1} = \ln\left(\frac{z_{0m}}{z_{0h}}\right)$$

Ahol k a von Kármán állandó (0,41) és B a Stanton szám, egy dimenzió nélküli hőszállítási együttható, z_{0m}.a momentum elnyelés érdességi hossz és z_{0h} a hőszállítási érdességi hossz.

A párolgás meghatározása a felszín energiamérlegének alapján a disszertáció (1) egyenlenének latens hőre való megoldását jelenti. Az egyenletben szereplő szenzibilis hő meghatározásánál van a kB^{-1} paraméternek szerepe. Összességében ez a hőátadással szembeni ellenállást kifejező tényező, amelyik a növényzet struktúrájától (érdességétől) függő két paraméter (z_{0m} és z_{0h}) függvénye. Igen kiterjedt irodalma van, a SEBS-ben használt megközelítését részletesebben pl. Su, Schmugge, Kustas, et al. (2001) tárgyalja.

A szenzibilis hőáram alapvetően a felszín és a levegő hőmérsékletkülönbségétől függ. Távérzékeléssel a felszín hőmérséklete becsülhető (túlzott optimizmussal fogalmazva: meghatározható), valamint a levegő és a párologtató felszín fizikai paramétereinek ismeretében (meteorológiai és növényzeti adatok) a szenzibilis hőáram számítható. A felszínt borító növényzet hőárammal szembeni ellenállását fejezi ki a kB^{-1} paraméter a SEBS-ben (Su, 2002). Ebben az összefüggésben mással ez nem helyettesíthető.

- Kérdés: *szintén az első tézishez: ha jól értem, a 37-39. oldal lényege az, hogy a Bowen-arányból számolt és a (kB^{-1}-et is tartalmazó) SEBS-modellből*

származtatott szenzibilis hőáramok közt a crossploton húzott 1:1 vonalhoz képest mutatkozó eltérés szigmoidjával korrigálta Jelölt a kB^{-1} paramétert? (Ez egy nehéz mondat, de mivel a Szerző is így ír, biztos érteni fogja...) Ettől persze csökken a „nagyon kieső" pontok száma (3-6. ábra), de a nyilvánvaló matematikai trükkön túl mi ennek a valós fizikai tartalma? A kérdést pontosítva: rá tud-e mutatni a Jelölt a felhasznált – általam követhetetlenül sok – közelítés közül arra vagy azokra, amelyekre nézve ez a szigmoid-korrekció elvi korrekciót is jelenthet?

Válaszom: Nem csak egy empirikus alaki illesztésről van szó. A SEBS eredeti algoritmusa elsősorban szárazság esetén becsülte alul a szenzibilis hőáramot, és így becsülte túl a párolgást (Lubczynski & Gurwin, 2005; van der Kwast, Timmermans, Gieske, et al., 2009; Vinukollu, Wood, Ferguson, et al., 2011). Ezt saját méréseink is alátámasztották. A vízstresszre a növények a sztómák bezárásával reagálnak, ami a növénytakarón belül a függőleges mentén a környezeti hatásoktól függő eloszlásban történik (disszertáció 3.2.1 szakasz). Emiatt eltérés mutatkozik a távérzékelt felszíni hőmérséklet és a valós párologtatáshoz (transzspirációhoz) tartozó hőmérséklet közt. A vízstressz figyelembevételére vezettük be a szigmoid függvényt, aminek független változója a talajnedvesség, valamint három alaki paramétere van. Optimális esetben a gyökérzóna talajnedvességét kéne figyelembe venni, de távérzékeléssel ez nem határozható meg közvetlenül, így ezt a felszínközeli réteg talajnedvességével közelítjük. Megoldásunkban két pontatlanságot okozó hibaforrás van: a felszíni talajnedvesség távérzékeléssel való meghatározásának hibája és a felszíni talajnedvesség és a gyökérzóna talajnedvessége közti különbség. A távérzékelési technika és az adatfeldolgozási algoritmusok fejlődésével ezek a hibák fokozatosan csökkennek, és így eljárásunk pontossága az idők folyamán növekedhet.

A szigmoid korrekciós függvénynek fizikai/növényélettani alapjai vannak, de a megvalósítás az alaki paraméterek kalibrációs igénye miatt empirikus.

- Kérdés: *a harmadik tézishez: a horizontális georeferencia szubpixeles pontossága a különböző felbontású idősorok integrációjának Achilles-sarka! A nagyfelbontású Sentinel és a kisebb felbontású MODIS esetében az utóbbi mennyire pontosan követi a Sentinel vízszintes koordináta-rendszerét? Lehet-e egy esetleges fél pixeles csúszásnak (ez a MODIS esetén 125-500 méter!) hatása a fejezetben levont következtetésekre? (Megjegyzem, ez a probléma főleg a radar-visszaverési szögeknél lép fel, ha a radarkép és a referenciakép felbontása lényegesen eltér. Szerencsére a 4. fejezet ilyen témájú része kizárólag egyveretű, Sentinel-adatokat használ, így ott a kérdés nem merül fel.)*

Válaszom: Ez minden leskálázásnak és a különböző térbeli felbontású űrfelvételek koregisztrációjának alapvető problémája. A kérdésre egészen pontos választ csak egy érzékenységvizsgálat adhatna. Annyi azonban kijelenthető, hogy a termális felvételek pixeljei a valós értéktartományhoz képest erősen simított területi átlagokat tartalmaznak, és így feltételezhetően a georeferencia pontatlanságából eredő hiba kevésbé befolyásoló, mint a leskálázás regressziós egyenletének

(disszertáció *(16)* egyenlet) esetleges hibája. Ez utóbbi akkor léphet fel erősen, ha a területen nem léteznek a kisfelbontású felvétel pixelméretét többszörösen meghaladó méretű, homogén területek az átlagtól eltérő hőmérsékletű felszíni kategóriák jellemzésére. (Bocsánat a nehéz mondatért...!) Másként fogalmazva, ha minden nagy pixelen belül nagy a felszíni hőmérsékletek szórása.

Kisebb jelentőségű kérdések és megjegyzések

- Kérdés: *7. o. „A kutatás vezérfonala tehát a szélsőséges agrohidrológiai helyzetekhez szükséges egységes négydimenziós adatgyűjtés és feldolgozás" – mi a negyedik? Megjelenik itt a magasság?*

Válaszom: A szöveg valóban nem teljesen egyértelmű. Az adatintegráció szempontjából figyelembe veendő négy dimenzió: X, Y, T és a mért paraméter. Ez utóbbira jó példa a disszertáció 4.4 alfejezetében tárgyalt radar-visszaverődés.

- Kérdés: *13. o. „Párolgásszámításhoz az 5. egyenletet λE-re kell megoldani" – az (5) egyenletben nem szerepel λE; ez elírás, vagy szerepel benne csak más egyenletek közbeiktatásával?*

Válaszom: Ez szerkesztési hiba, amit nem vettem észre (Bill Gates ördöge[2]). A hivatkozásnak az *(1)* egyenletre kéne mutatnia.

- Kérdés: *24. o. A (7) egyenletnek mi a jelentősége? Egymáshoz hasonló térbeli morfológiájú víztestek esetén a (6) egyenlet közelítése? Hogyan határozható meg az f hatványfüggvény pontos alakja egy adott területre?*

Válaszom: A *(7)* egyenlet a *(6)* egyenlet általánosítása. Miután általánosan érvényes, mindenhol igaz megoldás nem létezik, a 23. oldal utolsó bekezdése két forrást említ példaként, amik az *f* függvény helyspecifikus meghatározását illusztrálják. (Egy magasságmodell segítségével a meghatározás automatizálható lenne – de ezzel csak ötlet szinten foglalkoztam.)

- Kérdés: *32. o. 2-3. ábra: mi a Bowen-arány? (36 oldalon, később elmagyarázza)*

Válaszom: Ugyan a Bowen-arány a mikrometeorológiában alapfogalomnak számít, azonban ügyesebb szerkesztéssel ez a kérdés elkerülhető lett volna.

- Megjegyzés: *41. o: az említett 14. oldalon nincs (6) egyenlet.*

Válaszom: Ez is szerkesztési hiba, amit nem vettem észre. A hivatkozásnak az *(2)* egyenletre kéne a 14. oldalon mutatnia.

[2] A hiba a Word szövegszerkesztő rejtett kódjainak (könyvjelzőknek) kezelésével kapcsolatos.

- Kérdés: *40-41. o. 3-7. és 3-8. ábra: a bal tengelye feltüntetett beesési szög miért vonaldiagramként van ábrázolva? Nem csak arról van szó, hogy napon belül más-más helyi időben illetve más műholdhelyzetnél volt a mérés?*

Válaszom: A θ relatív talajnedvességet jelöl, a Bowen-arány állomás felszínközeli szenzora alapján. Ezt a 38. oldalon a 14. egyenlet jelöléseinek magyarázatánál (is) megadom. Miután a mezőgazdasági vízgazdálkodás szakterületein ez általánosan használt jelölés, nem ismételtem meg az ábra aláírásában. (Valóban, ügyesebb szerkesztéssel...)

- Kérdés: *44. o. tetején:* „Bizonyítottuk, hogy Konya-medencében és környékén található csapadékmérők adatai az összegzési időlépcső növelésével egyre jobban korrelálnak a TRMM-3B43 adataival, és regresszióval a szisztematikus torzítás csökkenthető" – *csak én voltam figyelmetlen és nem találtam ezt a bizonyítást a dolgozatban?*

Válaszom: Ez a rész a 42. oldalon hivatkozott publikációnkban (Gokmen, Vekerdy, Lubczynski, et al., 2013) leírt kutatást ismerteti. Valóban, itt meg kellett volna ismételni a hivatkozást.

- Megjegyzés: *66-67. o. illetve 4-4. ábra: Mi a nem modellezett mezőgazdasági tábla „részletességi szintje"? A 66. oldalon levő felsorolás itt csak a „Modellezett táblát" említi. Mi a különbség 4-5. ábrán mutatott F és M jelű szelvények között? A kérdés a teljes dolgozat elolvasása, és a 4.6. pontban megtalált leírás után költőivé vált.*

Válaszom: Ügyesebb szerkesztéssel...

- Megjegyzés: *69. o. Érdekes (bár számomra elfogadható) a crowdsource-alapú, vagyis nem minőségellenőrzött MetNet-adatoknak az ellenőrző célú használata.*

Válaszom: Köszönöm az egyetértést. Természetesen felhasználás előtt statisztikailag valószínűsítettük az adatok illeszkedését a környező ismert hivatalos adatokhoz.

- Megjegyzés: *76. o. F 4.1, F 4.2 és F 4.3 függeléket nem találtam, tartalmilag a 6.1, 6.2 és 6.3 tűnik megfelelőnek.*

Válaszom: Ez is az előzőekhez hasonló szerkesztési hiba, amit nem vettem észre. Igen, az F 6.1... függelékekre kéne a hivatkozás mutasson.

- Kérdés: *Az igen részletes 4.4 fejezetet, lehet, hogy tévesen, a belvíztérképezés szempontjából kicsit öncélúnak érzem, bár elismerem, hogy a bemutatott lépések fontosak és érdemiek (és önálló, 4. tézisként el is fogadom). Szükség van erre a 4.5 pont megértéséhez ill. az abban foglalt számítások elvégzéséhez?*

Válaszom: Szerintem igen. A beesési szög normalizálása egy fontos lépés, mert a beesési szög befolyásolja a visszaszórás nagyságát, és így befolyásolhatja a szegmentáláson alapuló belvízlehatárolás pontosságát.

- Kérdés: *98. o. „Az evapotranszspiráció számításához a Penman-Monteith módszert választottuk" – mennyivel adna más eredményt a 3. fejezetben említett ET-számítás alkalmazása?*

Válaszom: A SEBS modell az aktuális ET területi eloszlását (X, Y) adja meg.

A HYDRUS-1D modellezéssel pontszerű (Z mentén történő), időben „folytonos" szimuláció végezhető. A referencia párolgást (ET_0) a Penman-Monteith egyenlet alapján számoltuk, ami a modell szempontjából a peremfeltételt adja meg. Az aktuális párolgást a modell a növények gyökerének vízfelvevő képessége és a rendelkezésre álló víz alapján számolja.

A két modellezés összevetését tehát az aktuális párolgáson keresztül lehet megvalósítani.

- Kérdés: *156. o. F 6.3 „Az adatintegrációhoz a különböző forrásokból származó felvételeket földrajzi koordinátarendszerbe transzformáltuk (Plate Carrée, WGS 84 dátummal). Ez a megoldás a különböző űrfelvételek eredeti koordinátarendszerei közötti kompromisszum, mivel a térképi vetületek közötti átszámításokat a transzformációk a földrajzi koordinátákon keresztül valósítják meg." Ezt rossz megoldásnak tartom, mert a földrajzi koordinátákban felvett egyenközű rácsháló a közepes szélességen már nagyon komoly affin torzulással terhelt, és pl. brutálisan nem területtartó, ami a területalapú elemzéseket elrontja. Nem véletlen a vetületek alkalmazása a térképészetben és a geoinformatikában. Bármilyen, az adott területen 1/1000 hossztorzulásnál jobb mutatójú, a topográfiai térképeken általában használt vetület megteszi.*

Válaszom: Ez a megoldás egy geometriai kompromisszum az adatok integrációjához. Ez alapján sem távolságméréseket, sem területméréseket nem végeztünk, így a torzulásoknak nincs szerepük. Természetesen, ha horizontális mérésekre lett volna szükség, akkor azt metrikus vetületben végeztem volna.

Összefoglalva...

Köszönöm Professzor Dr. Timár Gábor alapos kritikáját és támogató szavait. Remélem, hogy válaszaim megfelelően tisztázták a felmerült kérdéseket.

Enschede, 2022. április 10.

Vekerdy Zoltán

Hivatkozások

Gokmen, M., Vekerdy, Z., Lubczynski, M. W., Timmermans, J., Batelaan, O., & Verhoef, W. (2013). Assessing groundwater storage changes using remote sensing-based evapotranspiration and precipitation at a large semiarid basin scale. *Journal of Hydrometeorology*, *14*(6), 1733–1753. https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-0156.1

Lubczynski, M. W., & Gurwin, J. (2005). Integration of various data sources for transient groundwater modeling with spatio-temporally variable fluxes--Sardon study case, Spain. *Journal of Hydrology*, *306*(1–4), 71–96. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.038

Su, Z. (2002). The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes. *Hydrology and Earth System Sciences*, *6*(1), 85–100. https://doi.org/10.5194/hess-6-85-2002

Su, Z., Schmugge, T., Kustas, W. P., & Massman, W. J. (2001). An evaluation of two models for estimation of the roughness height for heat transfer between the land surface and the atmosphere. *Journal of Applied Meteorology*, *40*(11), 1933–1951. https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<1933:AEOTMF>2.0.CO;2

van der Kwast, J., Timmermans, W., Gieske, A., Su, Z., Olioso, A., Jia, L., ... de Jong, S. (2009). Evaluation of the Surface Energy Balance System (SEBS) applied to ASTER imagery with flux-measurements at the SPARC 2004 site (Barrax , Spain). *Hydrology and Earth System Sciences*, *13*, 1337–1347. Retrieved from www.hydrol-earth-syst-sci.net/13/1337/2009/

Vinukollu, R. K., Wood, E. F., Ferguson, C. R., & Fisher, J. B. (2011). Remote Sensing of Environment Global estimates of evapotranspiration for climate studies using multi-sensor remote sensing data : Evaluation of three process-based approaches. *Remote Sensing of Environment*, *115*(3), 801–823. https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.11.006