Válasz Pásztor László bírálatára

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

Szerző:
Vekerdy Zoltán

2022. április

Köszönöm Dr. Pásztor Lászlónak 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, azok címeit megtartva, először az általános észrevételekre reagálok, majd kérdéseit szó szerint idézve adom meg rájuk válaszaimat.

A témaválasztásról

Köszönöm a támogató értékelést.

A doktori munka formai értékelése

Disszertációm szerkezete nem hagyományos, ami Bírálót „*nem kis fejtörés*" elé állította. Mindez a témaválasztás következménye: dolgozatomban egy multidiszciplináris szakterület (műholdas agrohidrológia) integrációra törekvő megközelítését mutatom be két példán keresztül.

Bíráló észrevétele „*...nagyon nehéz beazonosítani a szöveg jelenlegi felépítése alapján a szerző munkáját és eredményeit...*" napjaink egyik fontos tudományetikai kérdését veti fel: mi a szerepe a témavezetőnek a tudományos eredményekben, és mennyire lehet a kutatóközösségek eredményeiben az egyéni teljesítményt azonosítani. Igyekeztem fogalmazásommal pontosan utalni a kutatásban résztvevőkre: többes szám első személyt alkalmaztam, ahol témavezetőként, kutatócsoportban vagy MSc/PhD diákjaimmal közösen dolgoztuk ki az eredményt. Egyes szám első személyben utaltam az egyedül végzett munkára és azokra az eredményekre, amiket a közös munkából is magaménak tekinthetek.

Az 1. fejezet a problémafelvetést és a kutatási célok kitűzését tartalmazza. Bíráló utalást tesz arra, hogy számára a cél- és részcélkitűzések „*nem teljesen áttekinthető*"-ek (bírálat 2. oldal, 5. bekezdés). Sajnos nem világít rá, hogy hol lát logikai problémát, így erre csak általánosságban tudok reagálni: a disszertáció 1-1. táblázata az áttekinthetőség érdekében strukturáltan adja meg a részcélkitűzéseket, valamint az azokhoz tartozó kutatási kérdéseket. Ezt követően, a szerkezet áttekinthetőségét biztosítandó, fejezetekre lebontva ismertetem, hogy melyik fejezet melyik kérdéssel foglalkozik.

A 2. fejezet a vonatkozó szakterületek irodalmi áttekintését adja. Talán ez a fejezet az, ami alapján Bíráló a disszertációt egyetemi tankönyvhöz hasonlította. Az irodalmi áttekintés azonban csak azokra a szakterületekre vonatkozik, amikkel a disszertáció további részeiben foglalkozom. Így egyetértek azzal, hogy „*nem tekinthető igazán minden részletre kiterjedő, teljes áttekintésnek*" (bírálat 1. oldal, utolsó bekezdés). Itt csak a szélesebb alapokat tekintem át, és így a részleteket és az azokkal kapcsolatos irodalmat a következő fejezetekben tárgyalom.

Bíráló észrevétele alapján a disszertáció 2. fejezetének utolsó mondatához pontosításként megjegyzem, hogy az „adatintegráció megvalósításának technikai

részletei” itt a számítástechnikai megoldásokra (fájlformátum, adatkonverziós kódok, stb.) vonatkoznak. Pontosabb lett volna tehát a „számítástechnikai megvalósítására” kifejezés használata.

A 3. és a 4. fejezet alkotja a disszertáció magját. Ezek a fejezetek hasonló felépítésűek: a probléma ismertetése után részletesen tárgyalják a feladat megoldásának lépéseit, majd az utolsó alfejezetben rendszerezik az adatintegrációval kapcsolatos megoldásokat. Ilyen értelemben ez a két fejezet „párhuzamosnak” is tekinthető. Hasonló struktúrára számtalan példát lehet találni a nemzetközi gyakorlatban, amikor a disszertáció több előzetesen publikált cikk összeszerkesztésén alapul.

Mint ahogy azt Bíráló megjegyezte, az 5. fejezet általános kitekintést ad a tudomány fejlődési irányaira, és valóban nem határozza meg részleteiben a terveimet. Ennek gyakorlati okai vannak: szakterületünkön a kutatás team-munka, sok esetben nem csak rajtam múlik, hogy munkatársaim, doktoranduszaim csapatával az adott kutatási lehetőségek keretein belül mikkel foglalkozhatunk. A fő irányokat látjuk, de sok külső tényező befolyásolja, hogy miként juthatunk el céljainkhoz. Így ez a fejezet azt mutatja be, hogy én miként látom a fejlődés lehetőségeit. A tudományos irányokon van tehát a hangsúly, az egyéni ambíciók és lehetőségek ezügyben kevésbé fontosak.

Sajnos – bár igyekeztem többszörösen is ellenőrizni a disszertáció szerkesztési részleteit – értelemzavaró hibák csúsztak egyes ábrák és egyenletek hivatkozásaiba és néhány jelölésbe, amiket a jelen válaszomhoz csatolt hibajegyzékkel javítok. A jegyzékben az értelmezést nem zavaró hibákra nem térek ki.

Köszönöm a hivatkozási és elütési hibák kiszűrését, bár a tipográfiai hibának jelzett „*alsó indexek időnként*(i) *felcsúszása*” valójában nem hiba, hanem a szövegszerkesztő alapértelmezett szedési beállítása. Vizuálisan tényleg nem tökéletes a megoldás (lehetne minden alsó index egy kicsit lejjebb), de így is egyértelmű a jelek elhelyezkedése.

Tartalmi értékelés

Bíráló összehasonlította, hogy a két fő témakörrel kapcsolatos eredményeket milyen tudományos fórumokot publikáltuk. Való igaz, hogy a párolgással kapcsolatos kutatásainkat több rangos fórumon ismertettük (D1-es folyóirat, nemzetközi konferenciák, stb.), míg a vízbőséggel foglalkozók csak hazai fórumokon kerültek bemutatásra. Ennek egyik oka a kutatások időbeli eltérése. A párolgással kapcsolatos kutatásokat az elmúlt két évtizedben folytattam, míg a belvizes kutatásokat a nyolcvanas években folytatott munkámra építve 2015 környékén indítottam újra. Felfuttatásához idő kell. Munkatársaimmal folyamatosan dolgozunk újabb publikációkon.

A vízstressz figyelembevétele a párolgás SEBS modellel történő monitorozása során

Bíráló 1. kérdése: *A dolgozat 32. oldalán a következő szerepel:* „A modell jelenlegi implementációinak nagy előnye, hogy a bemeneti adatokat rugalmasan kezelik: alapvetően területi (térképes) adatokat fogadnak, így figyelembe véve a paraméterértékek térbeli eloszlását. Ahol ezek nem állnak rendelkezésre, ott az egész területre jellemző állandókkal is tudnak számolni." *Értem én, hogy egy modell tetszőleges alapértelmezett adatokkal lefut („mit neki"), de egy területi konstans mennyire tekinthető releváns térbeli adatnak egy ilyen komplex vizsgálat esetén?*

Válaszom: Az idézett mondat a SEBS kód implementációira utal. A gyakorlati szempontból „rugalmas" megoldás azonban nem csökkenti a modellező felelősségét: teljes mértékben osztom a kérdésben megfogalmazott tudományos kételyt.

Minden modellező rémálma az adathiány. Ez különösen a komplex, térben osztott és nagy területekre kiterjedő folyamatok modellezése során okoz problémát. A távérzékelés egyik nagy előnye, hogy nagy térbeli felbontású, nagy területekre kiterjedő adatokat szolgálat a földfelszín és a légkör (bio)fizikai állapotáról. A SEBS algoritmus azonban a távérzékelési adatok mellett olyan (meteorológiai) paramétereket is igényel, amiket helyszíni pontszerű mérésekből, vagy azokat felhasználó modellekből lehet számszerűsíteni.

A „területi konstans" alkalmazhatóságát két szempont alapján kell megítélni a térképezni kívánt területen:

1. Szempont: A változó értéktartományának nagysága és az értékek térbeli változékonysága.
   Meghatározásának az alapja a változó területi autokorrelációjának és az ábrázolni kívánt terület nagyságának összevetése, amihez több pontban ismerni kell a paraméter értékét. Ez önellentmondáshoz vezet: ha már több pontban van mérésünk, akkor nincs értelme a területi konstans alkalmazásának.
   A modellezőnek tehát ismernie kell a paraméter változékonyságát az adott területen. Csak abban az esetben használhat egy területi konstanst (pl. átlagot), ha a vonatkozó paraméter (feltételezhető) autokorrelációs hossza minden irányban jóval nagyobb, mint a modellben szereplő többi, nagy részletességgel ismert paraméteré. A SEBS esetében tehát akkor, ha a konstansként kezelt paraméter területi változékonysága nem torzítja el a nagyobb felbontású távérzékelési adatok területi változékonyságából származó információt.

2. Szempont: A modellnek az adott paraméterre vonatkozó érzékenysége.
   Azon paraméterek esetében lehet területi konstanst alkalmazni, amelyekre a modell kevésbé érzékeny, és így az konstans használatából származó hiba viszonylagosan kis hatással van a modellezett eredményre.

A modellező felelőssége abban áll, hogy számszerűsítse a modellezés során alkalmazott egyszerűsítések (pl. területi konstansok) hatásait. Ennek egyik gyakran alkalmazott módszere az (empirikus) érzékenységvizsgálat.

A Bíráló által idézett mondatom a SEBS algoritmus implementációinak gyakorlati alkalmazhatóságát jellemzi. A területi konstansok alkalmazásának tudományos értéke a modellezés fent ismertetett részleteiben rejlik.

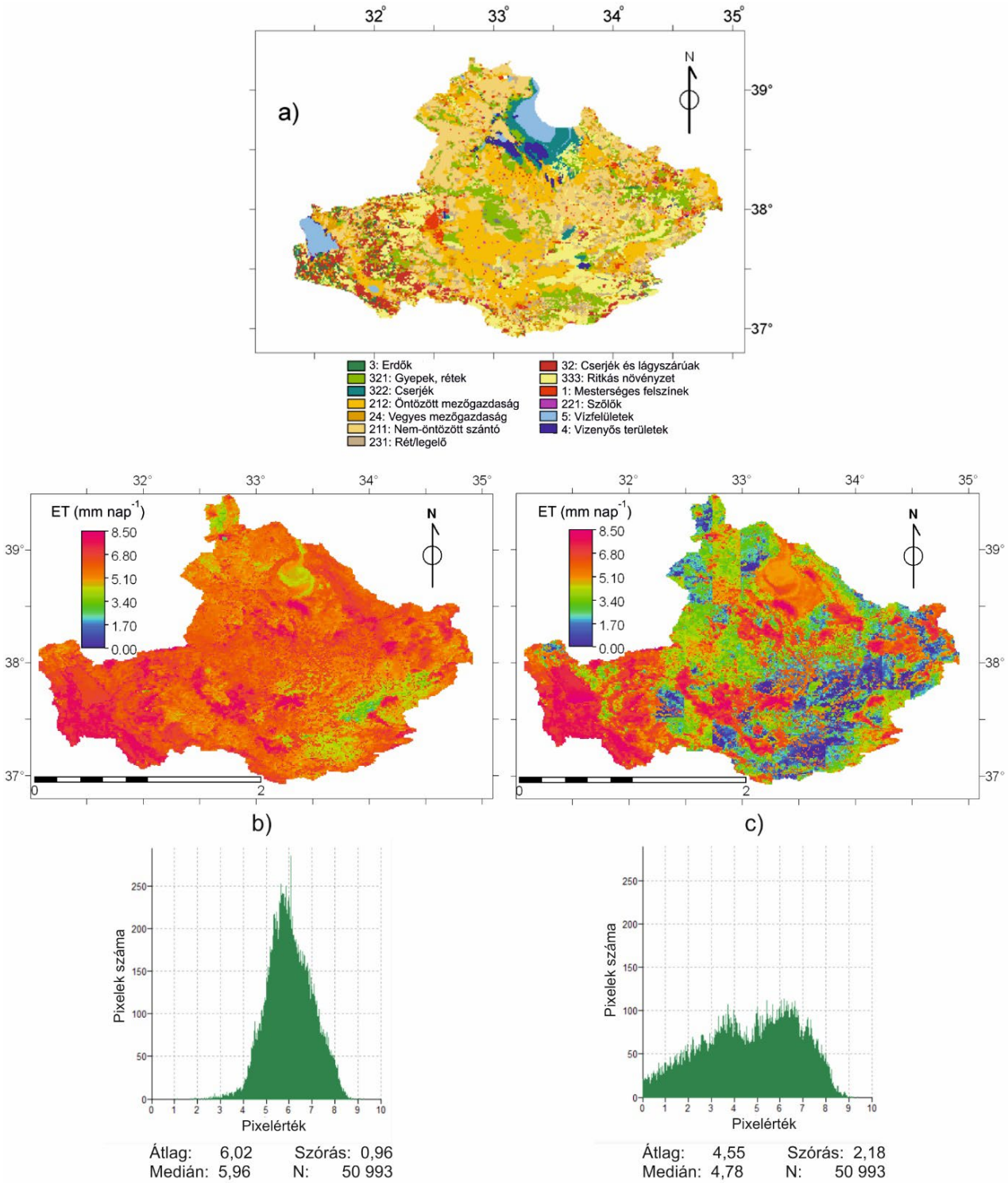
Bíráló 2. kérdése: *A dolgozat 42. oldalán a következő szerepel*: „Helyi mérésű, független párolgásadat hiányában a terület dinamikus vízmérlege alapján ellenőriztük a SEBS-SM modellel készített térképeket[...]. A módszer lényege a területi eloszlást lehető legpontosabban tükröző csapadék és párolgás térképekkel számított lefolyás és beszivárgás, és így a vízmérleg meghatározása évszakos [...] lépésekben." *Nagyon érdekelne, miképp kell elképzelni a Konya-medencére készült (ki által és milyen módszerrel?) csapadék és párolgás térképeket, melyek a területi eloszlást lehető legpontosabban tükrözik.*

Válaszom: Köszönöm az észrevételt, az idézett második mondat sajnos valóban nem pontos. Egyértelműbb a következő megfogalmazás:

Helyi mérésű, független párolgásadat hiányában a terület dinamikus vízmérlege alapján ellenőriztük a SEBS-SM modellel készített térképeket [...]. A módszer lényege az általunk készített párolgás- és csapadéktérképekkel számított lefolyás- és beszivárgásértékek összehasonlítása a rendelkezésünkre álló rétegvízkutak adataival. A vízmérleget évszakos [...] lépésekben határoztuk meg.

Bíráló 3. kérdése: *A 3-9. ábra b és c térképei (43. oldal) erőteljesen eltérnek egymástól. (ugyanez mondható el a hozzájuk tartozó hisztogramokról is). Mintázatuk olyannyira különböző, hogy a SEBS-SM-mel készült nehezen tekinthető a SEBS-szel készült finomhangolásaként. Egy paraméter módosítással drasztikus változás következett be az eredmények térbeli mintázatában (csakúgy, mint a megjelenített értékek statisztikai eloszlásában). Mindehhez a c térképen feltűnő artifaktumok társulnak (négyzet alakú rács határai menti ugrások). Szeretnék kérni egy részletesebb magyarázatot a két térkép különbségeinek okairól.*

Válaszom: A válasz egyértelműsítése érekében idemásolom a 3-9. ábrát képaláírással együtt:



3-9. ábra[1] A SEBS és a SEBS-SM modellekkel számolt aktuális ET térképek összehasonlítása
a) CORINE 2006 felszínborítottság térkép, valamint b) SEBS és c) SEBS-SM napi párolgás térképei és hisztogramjai, 2010.08.08.

A SEBS-SM algoritmus valójában ekkora különbséget eredményez a SEBS párolgásértékeihez képest. Ennek a Gokmen, Vekerdy, Lubczynski, et al. (2013) cikkben is publikált bizonyítását foglalja össze a 3.2.4. szakasz. A bizonyítás alapja

a SEBS-SM-en alapuló módszerrel, valamint a rétegvízkutak adataiból meghatározott mélybeszivárgási idősorok regressziója. A mélybeszivárgási folyamat kis sebességéből származó késleltetés figyelembevételével végzett grafikus és statisztikai vizsgálat (*3-11. ábra* és *3-2. táblázat* a disszertációban) bizonyította, hogy a SEBS-SM-ből számított területi dinamikus vízmérleg korrelál a hidrogeológiai megfigyelésekkel azaz az integrált beszivárgási értékek megegyezők a kutak adataival. Ez utóbbiból következik, hogy a SEBS-SM megfelelően számszerűsíti, míg az eredeti SEBS túlbecsüli a párolgást, mint ahogy azt több publikáció is jelezte (Gurwin & Lubczynski, 2005; van der Kwast, Timmermans, Gieske, et al., 2009; Vinukollu, Wood, Ferguson, et al., 2011).

A *3-9. ábra b* és *c* térképeinek jelentős különbsége, amit a hisztogramok is illusztrálnak, az alacsonyabb értékek előfordulási gyakoriság különbségeire vezethető vissza.

A c térképen látszó négyzetes artifaktum a 25 km-es térbeli felbontású AMSR-E alapú felszíni talajnedvességadatok hatása, ahogy azt a *3.5.2. szakasz* leírja (56. oldal). A kutatás időpontjában ez volt a legmegbízhatóbb távérzékelés alapú talajnedvesség adatsor. Itt érdemes Bíráló 1. kérdésére visszautalni, hiszen a kisebb térbeli felbontású térkép valójában területi konstansok (átlagok) sorozata. Az ábrát az eredetileg rendelkezésre álló adatok hatásának hű visszaadása érdekében nem kozmetikáztam. Egy AMSR-E adatokon alapuló simított talajnedvesség-térképpel készült párolgástérképet a Remote Sensing of Environment folyóiratban publikáltunk (Gokmen, Vekerdy, Verhoef, et al., 2012).

Fontosságának megfelelően, a talajnedvesség-adatok térbeli felbontásának problémáját is érinti a *3.5.2. szakasz*.

Bíráló 4. kérdése: *A 3-13. ábra leskálázott felszínhőmérséklet térképen szintén egy artifaktum tűnik fel egy éles, számomra értelmezhetetlenül megjelenő sáv formájában. Mit lehet tudni ennek okáról?*

Válaszom: Amennyiben Bíráló a térkép közepe táján lévő, egy hideg területet körülvevő sávra gondol, az a Naivasha-tó partvonala mentén kialakult hőmérséklet-különbségeket mutatja. A partközeli sekély vizek (sárga) a mélyebb víztestnél (halvány zöld) jobban felmelegedtek. A partot erősen párologtató, alacsonyabb hőmérsékletű (sötétebb zöld) növényzet – többnyire nád és erdő – borítja. Tovább haladva azonban a ritkuló füves szavanna párologtatása alacsonyabb, azaz a hőmérséklete magasabb (sárga árnyalatai). Ezeket a különbségeket a termális élezésben használt növényzeti indexek alapján lehetett térképezni, azaz ez a sáv nem artifaktum.

[1] A disszertáció számozása szerint

Bíráló 5. kérdése: *A 3-14. ábrán megjelenített térképpárokban szereplő térképek különböző időszakokra vonatkoznak, eltérő felbontásúak és különbözik a jelkulcsuk. Az összehasonlítás ebben a formában pontosan mi célt is szolgál?*

Válaszom: Az ábra publikálása előtt erősen hezitáltam. Valóban, a jelkulcsok különbsége alapvető probléma. Szándékom a különböző nagyfelbontású felvételek (Landsat 8, 30 m és Sentinel-2, 10 m) alapján végzett termális élezések térbeli mintázatainak illusztrálása és nem szigorú összehasonlítása volt. Belátom, hogy célszerűbb lett volna a két térképsort külön-külön ábrán bemutatni és részletesebben leírni, hiszen két különböző kutatás eredményeit mutatják. Az ábra jelenlegi formájában az eredeti célját nem szolgálja megfelelően.

Belvízmegfigyelés és modellezés

Bíráló 6. kérdése: *A tesztterület talajtani leírásánál (i) a területi jellemzésre nem merült-e fel alternatíva az ún. mezőgazdasági talajtérkép használatára; (ii) a mintavételezés során hány mintát, hányszoros ismétlésben, illetve a szelvényen belül pontosan honnan vettek?*

Válaszom: (i)A HYDRUS-1D modell paraméterezéséhez saját talajtani mintavétel mellett döntöttünk, mert pontosan arról a helyről származó adatokra volt szükségünk amelyikre a modellt futtattuk. Természetesen konzultáltunk a vizsgálatba bevont terület magasan képzett, modern mezőgazdasági technológiákat alkalmazó gazdájával is, aki nem tudott megfelelő pontosságú talajtani adatokat adni vagy ajánlani. Továbbá, figyelembe vettünk egy internetes globális adatbázist, a Soil Grids[2]-et is. Mintavételezésünk eredményét ez utóbbival összehasonlítva arra a következtetésre jutottunk, hogy ez a raszteres adatbázis további fejlesztést igényel ahhoz, hogy segítségével a talajnedvesség és talajvízmozgás dinamikáját jobban megérthessük (Khadka, 2019, 52. oldal). Disszertációmban a mezőgazdasági talajtérképet a terület általános leírásánál használtam fel (4-7. ábra, 47. oldal).

(ii) Az M1 (belvizes) szelvényben 10 bolygatatlan (15, 30, 60, 120 és 150 cm) és 5 bolygatott (0-5, 90, 100, 220 és 280 cm), az M2 (nem belvizes) szelvényben 10 bolygatatlan (15, 40, 60, 80 és 120 cm) és 4 bolygatott (0-5, 100, 190 és 250 cm) mintát vettünk. A bolygatatlan mintákat a Decagon 5TM/5TE talajnedvesség/talajhőmérséklet szenzorok mélységében vettük, kétszeres ismétléssel: sajnos háromszoros mintázásra gyakorlati korlátok miatt nem volt lehetőség (feldolgozási időkorlát, repülőn való szállítás, stb.). A mintázás és a laboratóriumi feldolgozás részleteit az ITC–SZIE együttműködésben készült, az interneten szabadon hozzáférhető MSc szakdolgozat tartalmazza (Khadka, 2019, 4.2. és 4.3 alfejezetek).

Bíráló 7. kérdése: *A szerző a 94. oldalon így fogalmaz:* ,,A belvíz kialakulásának és megszűnésének folyamata igen komplex, a felszíni és a felszín alatti hidraulikai körülmények, valamint a peremfeltételek négydimenziós (X, Y, Z & T)

[2] https://soilgrids.org/#!/?layer=ORCDRC_M_sl2_250m&vector=1

dinamikájától függ. Egy ilyen komplex rendszer leírásához szükséges determinisztikus modell paraméterezése a jelenleg rendelkezésre álló adatokkal még egy viszonylag kisebb területre is nehéz." *Kérdésem, ismeri-e a szerző a WateRisk Integrált Hidrológiai Modelt, illetve a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének ezirányú tevékenységét, esetleg Kozma Zsolt 2013-as, „Belvízi szélsőségek kockázatalapú értékelésnek és modellezési módszertanának fejlesztése" című doktori értekezését?*

Válaszom: Igen, ismerem Kozma Zsolt néhány belvízmodellezéssel kapcsolatos eredményét. Egy áttekintő publikációjára (Kozma, 2019) hivatkozom is disszertációmban, azonban részletesen nem tárgyalom. Ennek alapvető oka a megközelítéseink különbözősége: Kozma és munkatársai regionális integrált modellezéssel foglalkoztak, ami óhatatlanul területi átlagok figyelembevételét, azaz a részletek elhanyagolását igényli. Munkatársaimmal én egy pontszerű, nagyobb részletességű megközelítésből indultam ki, és annak területi kiterjeszthetőségét vizsgáltam.

Bíráló 8. kérdése: *A 97-98. oldalon szóba kerül a van Genuchten paraméterek becslése. A szerző így fogalmaz:* „Több szerző által kidolgozott pedotranszfer függvényt is felhasználtunk a számításokhoz, végül azonban, érzékenység vizsgálatok alapján, a HYDRUS-1D beépített pedotranszfer modulját választottuk." *Kérdéseim: (i) mely szerzőkét, illetve (ii) mi alapján döntöttek végül a beépített függvény mellett (nekem általában rossz tapasztalataim vannak az ilyen alapértelmezett és így általános érvényűként tekintett alapadatok, illetve függvények helyi használatának megbízhatóságáról)?*

Válaszom: (i) Válaszomat két részre bontom:

- A fogalmazást pontosítani kell:
  - Az eredeti fogalmazás: *A HYDRUS-1D modellben l=0,5, így a modell független paraméterei a θ_s, θ_r, K_s, $\propto$ és n (Šimůnek, Šejna, Saito, et al., 2013). Több szerző által kidolgozott pedotranszfer függvényt is felhasználtunk a számításokhoz (Khadka, 2019), végül azonban, érzékenység vizsgálatok alapján, a HYDRUS-1D beépített pedotranszfer modulját (Schaap, Leij, & van Genuchten, 2001) választottuk. A kalibráció során figyelembevehető értéktartományok szélső értékeit a szakirodalom alapján állapítottuk meg.*
  - A pontosabb fogalmazás a következő: *A HYDRUS-1D modellben l=0,5, így a modell független paraméterei a θ_s, θ_r, K_s, $\propto$ és n (Šimůnek, Šejna, Saito, et al., 2013). A paraméterek számításához, a HYDRUS-1D beépített pedotranszfer ROSETTA modulját (Schaap, Leij, & van Genuchten, 2001) használtuk a talajminták adataival. Az eredményeket érzékenységvizsgálatnak vetettük alá, és a kalibráció kezdeti paramétereit ez alapján állítottuk be. A kalibráció során figyelembevehető értéktartományok szélső értékeit több szerző szakirodalomban publikált értékei alapján állapítottuk meg (Khadka, 2019).*

- Az értéktartományok megállapításához a következő publikációkat vettük figyelembe: Vereecken, Maes, Feyen, et al. (1989); Rawls, Gimenez, & Grossman (1998); Wösten, Lilly, Nemes, et al. (1999); Wösten, Pachepsky, & Rawls (2001); Nemes & Rawls (2006); Weynants, Vereecken, & Javaux (2009)

(ii) A ROSETTA egy beépített önálló pedotranszfer algoritmus, ami a HYDRUS-1D modellparaméterek meghatározását segíti. Neurális hálózat segítségével egy többlépcsős folyamatban ad becslést a van Genuchten paraméterekre. Ezt használtuk a terepi mintákból és mérésekből megállapított talajfizikai paraméterek modellparaméterekké transzformálására. Tehát nem „beépített" paramétereket, hanem „beépített" szoftvert használtunk a paraméterek saját adatokon alapuló meghatározására. A félreértés remélhetőleg a fenti, pontosabb fogalmazással eloszlatható.

Bíráló 9. kérdése: *A dolgozat 25. oldalán a következő szerepel:* „A FIR a jelen értekezés beadása körüli időpontban kerül „éles" indításra, és így a tartalmáról csak előzetes információk állnak rendelkezésemre." *Kérdésem, van-e a jelöltnek ismerete, tapasztalata az indulás utáni időszakról, illetve látja-e annak bármilyen hatását, következményét, lehetőségét a dolgozatban bemutatott eredmények hazai szélesebb körű alkalmazására?*

Válaszom: A Földmegfigyelési Információs Rendszer[3], FIR alapvetően egy kormányzati feladatokat támogató, alapvetően európai távérzékelési adatokon alapuló informatikai rendszer. Felépítése és indítása megtörtént, de semmiképp sem tekinthető kiforrottnak és véglegesnek. Céljainak megfelelően hozzáférést tesz lehetővé a hazánk területére vonatkozó távérzékelési adatokhoz, valamint azok különböző szintű (L3 és L4) – elsősorban a kormányzati feladatokhoz kapcsolódó – feldolgozásaihoz két felhasználói csoport számára:

1. Kormányzati szervek számára zártkörű felhasználásra.
2. A nagyközönség számára szabad hozzáférésű tájékoztató szolgáltatásokkal.

Mindkét felhasználó csoport korlátozott interaktivitású, főleg leválogatásra koncentráló felületeken keresztül dolgozhat az adatokkal. Az alkalmazási területek a kormányzati feladatköröknek megfelelően sokrétűek, és a vízügyi alkalmazások közt szerepel a belvízmegfigyelés is, aminek algoritmusait folyamatosan fejlesztik.

A FIR-ben alkalmazott technológiánál rugalmasabb felhasználást tesz lehetővé az adatkocka technológia, ami az adatok és a feldolgozó algoritmusok integrálásával kiértékelés és modellezés jellegű felhasználói felületek kialakítását, valamint hozzáadott-értékű szolgáltatások fejlesztését is lehetővé teszi. Az Európai Űrügynökség (ESA) megbízásából kialakításra került az Euro Data Cube[4] (EDC), és ehhez kapcsolódóan a válaszom írásának időszakában egy magyar és osztrák partnerekkel alakított konzorciummal dolgozunk a Duna Adatkocka (Danube Data Cube, DDC) fejlesztésén.

[3] https://fir.gov.hu
[4] https://euordatacube.com

Azt remélem, hogy a disszertációmban bemutatott eredmények közvetlenül vagy közvetetten mind a FIR-ben, mind a DDC-ben hasznosításra kerülhetnek.

Bíráló 10. kérdése: *Az 5. fejezet a most folyó kutatások és -a továbblépés lehetőségeit tárgyalja. Arra lennék kíváncsi, hogy a szerző az ígéretes folytatási lehetőségek közül konkrétan melyeket tervezi követni a közel és távolabbi jövőben?*

Válaszom: A válaszom írásával egyidejűleg, a 9. válaszomban említett DDC-hez kapcsolódó feladatok mellett, a mikrohullámú és optikai felvételek integrált indexeinek kidolgozásán és alkalmazásán dolgozom. Ez az elöntéstérképezés pontosabbá tételéhez járulhat hozzá, valamint a későbbiekben az 1D beszivárgási modellek területi kiterjesztéséhez nyújt majd segítséget. Megkerülhetetlen lesz majd a párolgás területi idősorainak számszerűsítése – mondjuk egy adatkockán belül.

A tézisekről

Köszönöm a konstruktív javaslatot az első és a második tézis összevonására. Sokat törtem rajta a fejemet, és végiggondoltam a szóbajöhető érveket.

Az összevonás mellett szólók (röviden):

- Egyazon területre vonatkozó kutatások eredményeit tárgyalja mindkét tézis.
- A második tézis az első eredményét használja fel.
- A második tézis visszahat az elsőre, mert bizonyítja az első helyességét.

Az összevonás ellen szólók (röviden):

- Az első egy, a függőleges mentén (1D) lejátszódó folyamat matematikai-fizikai leírásával kapcsolatos kísérlet és kutatás eredményét foglalja össze, míg a második tézis az első tézisben pontosított folyamatleírás területre kiterjesztett (2D) alkalmazását mutatja be.
- A két tézisben foglalt két külön cikkben publikáltuk (Gokmen, Vekerdy, Verhoef, et al., 2012; Gokmen, Vekerdy, Lubczynski, et al., 2013). A különbséget jól érzékelteti a harmadik szerzők tudományterülete: Anne Verhoef párolgással foglalkozó mikrometeorológus, míg Maciek Lubczynski integrált hidrogeológiával modellezéssel foglalkozik.

A két tézis között a kapcsolat vitathatatlanul szoros. Azonban én a két eredményt ugyan egymásra épülőnek, de jellegükből adódóan külön-külön említésre méltónak tartom.

Összegző megállapítás

Köszönöm Dr. Pásztor László 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

Gokmen, M., Vekerdy, Z., Verhoef, A., Verhoef, W., Batelaan, O., & van der Tol, C. (2012). Integration of soil moisture in SEBS for improving evapotranspiration estimation under water stress conditions. *Remote Sensing of Environment*, *121*, 261–274. https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.02.003

Gurwin, J., & Lubczynski, M. (2005). Modeling of complex multi-aquifer systems for groundwater resources evaluation - Swidnica study case (Poland). *Hydrogeology Journal*, *13*(4), 627–639. https://doi.org/10.1007/s10040-004-0382-9

Khadka, A. (2019). *Integrating remote sensing and infiltration model to analyze the ponding dynamics in Hungary*. University of Twente. Retrieved from http://essay.utwente.nl/83358/

Kozma, Z. (2019). A síkvidéki hidrológia és a belvíz vizsgálat a folyamatalapú modellezés sel: kihívások és lehetőségek. *Hidrológiai Közlöny*, *99*(2), 27–38.

Nemes, A., & Rawls, W. J. (2006). Evaluation of different representations of the particle-size distribution to predict soil water retention. *Geoderma*, *132*(1–2), 47–58. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.04.018

Rawls, W. J., Gimenez, D., & Grossman, R. (1998). Use of soil texture, bulk density, and slope of the water retention curve to predict saturated hydraulic conductivity. *Transactions of the Asae*, *41*(4), 983–988.

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/

Vereecken, H., Maes, J., Feyen, J., & Darius, P. (1989). Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density, and carbon content. *Soil Science*, *148*(6), 389–403. Retrieved from https://www.academia.edu/7229850/ESTIMATING_THE_SOIL_MOISTURE_RETENTION_CHARACTERISTIC_FROM_TEXTURE_BULK_DENSITY_AND_CARBON_CONTENT

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

Weynants, M., Vereecken, H., & Javaux, M. (2009). Revisiting Vereecken

Pedotransfer Functions: Introducing a Closed-Form Hydraulic Model. *Vadose Zone Journal*, *8*(1), 86–95. https://doi.org/10.2136/vzj2008.0062

Wösten, J. H. M., Lilly, A., Nemes, A., & Le Bas, C. (1999). Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*, *90*(3–4), 169–185. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00132-3

Wösten, J. H. M., Pachepsky, Y. A., & Rawls, W. J. (2001). Pedotransfer functions: Bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*, *251*(3–4), 123–150. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00464-4