

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi és Informatikai Kar

Földtudományi Doktori Iskola

**A parlagfűpollen-koncentráció változása az időjárás
függvényében, valamint előrejelzése Szegedre**

PhD értekezés tézisei

Csépe Zoltán

Témavezető:
Dr. Makra László
egyetemi tanár

Külső konzulens:
Dr. Magyar Donát

Szeged

2018

1. Bevezetés

A levegőszennyezés jelentős és egyre fokozódó veszélyt jelent a környezetre. Az orvosi költségek és a halálozások számának nagymértékű emelkedését vonja maga után, s becslések szerint évente mintegy 800 000 korai halálesetet okozhat világszerte (Cohen et al., 2005). Az elmúlt három évtizedben, az allergiás eredetű légzőszervi megbetegedések előfordulása folyamatosan nőtt, különösen a fejlett országokban (D'Amato, 2002; Asher, 2006; Lundback, 1998; ECRHS, 1996; ARIA, 2008). Történeti adatok vizsgálata is jelzi, hogy az allergiás eredetű orrnjákhártya-gyulladás (AR = allergic rhinitis) és az allergiás eredetű asztma előfordulása jelentősen megnőtt az elmúlt két évszázadban. Bár e növekedés okait nem teljesen tisztázták még, az epidemiológiai adatokból arra lehet következtetni, hogy a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből származó bizonyos szennyezőanyagok fontos szerepet játszhatnak a betegségek előfordulásában és azok gyakoriságának növekedésében (Peterson és Saxon, 1996; Saxon és Diaz-Sanchez, 2005). Ez a növekedés részben a környezeti tényezők változásával magyarázható. A városiasodás, a növekvő autóforgalom, az egyre nagyobb mértékű kipufogógáz kibocsátás (a dízel kipufogógáz a szervezet IgE-koncentrációját növelheti) (Peterson és Saxon, 1996; Krämer et al., 2000), valamint a megváltozó életmód mind kapcsolódnak a légzőszervi allergiás megbetegedések növekvő gyakoriságához (D'Amato et al., 2005). Az időjárási viszonyok befolyásolhatják mind a biológiai, mind a kémiai légszennyező anyagok koncentrációját. Bizonyítható a levegőszennyezés allergénekre gyakorolt hatása, amely növeli az allergéneknek való kitettséget, azok koncentrációját és/vagy a bio-allergén aktivitást (Pénard-Morand et al., 2005; Bartra et al., 2007; Just et al., 2007). Különböző kulturális tényezők, az egyre nemzetközibbé váló utazások és az éghajlatváltozás miatt az élőhelyek és a pollenkoncentrációk folyamatosan változnak Európában (Vogl et al., 2008; Ariano et al., 2010; Cecchi et al., 2010; Kiss és Béres, 2006). Meggyőző bizonyítékok utalnak arra, hogy az éghajlatváltozás hatással lesz, és már hatással is van a légköri eredetű allergénekre. Ezek a hatások a pollenmennyiségben, a pollenek allergiakeltő hatásában, a pollenszezon hosszában, a növények elterjedésében, a pollenkoncentráció térbeli eloszlásában, valamint egyéb növényi tulajdonságokban jelentkeznek (Beggs, 2004; Williams, 2005; D'Amato et al., 2007; Reid és Gamble, 2009; Kaminski és Glod, 2011). Ebből adódóan, a levegőszennyezés folyamatos növekedése miatt a

légzőszervi megbetegedések elterjedése és súlyosbodása világszerte jelentős aggodalomra ad okot.

Magyarország légszennyezettsége az egyik legmagasabb Európában. Az országban évente kb. 16000 korai haláleset tulajdonítható a levegő magas PM₁₀ koncentrációjának (Ågren, 2010; Barrett et al., 2008). Továbbá a levegő pollenkoncentrációja is igen magas. Világviszonylatban a Magyarországot is magában foglaló Kárpát-medencében a legmagasabb a parlagfű (*Ambrosia*) pollenjének a koncentrációja. Az összes taxon közül a parlagfű bocsátja ki a legtöbb pollent Magyarországon: pollenkibocsátásának aránya a késő nyári periódusban eléri az összes taxon együttes pollenkibocsátásának a 40%-át (Juhász és Juhász, 1997). Szegeden a leginkább szennyezett napokon a parlagfűpollen kvantitatív paraméterei (átlagos napi pollenszám, napi maximális pollenszám, évi maximális pollenszám) kb. egy nagyságrenddel nagyobbak, mint Európa más nagyvárosainak hasonló adatai (Makra et al., 2005). A parlagfű pollenjére érzékeny betegek aránya az összes pollenfajtára érzékenyek között Szegeden 83,7% (Kadocsa és Juhász, 2000).

Egy szénanáthával küzdő, parlagfű pollenre érzékeny beteg szezonális gyógyszerköltsége Magyarországon kb. 100 euró (Harsányi, 2009). Ha egy asztmás beteg kezelési napjainak száma 50%-kal megemelkedik, az 230%-os drágulást jelent a kezelés gyógyszerköltségeiben (Harsányi, 2009).

Óvatos becslések szerint a pollenallergiás betegek kb. 90 millió eurót költenek Magyarországon allergia-, vagy asztma gyógyszerekre (Mányoki et al., 2011). Ugyanakkor a gyógyszerköltségek csupán egy részét képezik az egészségügyben jelentkező közvetlen költségeknek. A pollenallergiás betegek ambuláns és kórházi kezelési költségei további 53-67 millió eurós kiadást jelentenek évente (Basky, 2009). Ebből eredően a teljes összeg 143-157 millió eurót jelent évente (3. ábra).

2. Célkitűzések

A parlagfűpollen koncentráció statisztikai analízise és meteorológiai vonatkozásainak tanulmányozása nagy gyakorlati jelentőséggel bír. Hatékonyan segíthetnek ugyanis a magas pollenterheléssel járó időszakokra való felkészülésben, s ezáltal az egészségügyi következmények mérséklésében. A fentiek fényében a disszertáció célkitűzései a következők.

a) Elemezni az *Ambrosia* (parlagfű) napi pollenkoncentrációiban bekövetkező változások lehetséges okait Dél-magyarországon, Szeged térségében. Ennek érdekében a napi parlagfű pollen és meteorológiai adatok bázisán faktoranalízist hajtottunk végre speciális transzformációval, hogy meghatározhassuk a meteorológiai paraméterek, mint magyarázó változók, és parlagfűpollen koncentrációk, mint célváltozó közötti kapcsolatok erősségét és előjelét.

b) Tanulmányozni a parlagfű pollen jellemzői és a meteorológiai változók közötti kapcsolatot, továbbá a parlagfű pollen jellemzők kategóriái rangjának és a meteorológiai változók évi értékei kategóriái rangjának a kapcsolatát Dél-Magyarországra, Szeged térségére.

c) Tanulmányozni azt, hogy a meteorológiai elemek előző napi értékei hogyan kapcsolódnak az extrém parlagfűpollen terhelés aktuális napi értékeihez.

d) Elkülöníteni a jelen és a múltbeli éghajlati feltételek súlyát a parlagfűpollen koncentráció Szeged térségére történő meghatározásában, amely két eljárás alkalmazásával történt: többszörös korrelációval, valamint a faktoranalízis és speciális transzformáció együttes alkalmazásával.

e) Különböző statisztikai eljárásokra alapozva i) pontos előrejelzési modellek kidolgozása gyakorlati célú felhasználásra; ii) azon mesterséges intelligencia (CI = Computational Intelligence) módszerek (pl. Multi-Layer Perceptron [MLP], döntési fák) kiértékelése, amelyeket korábban még nem alkalmaztak a parlagfű pollen esetében, valamint iii) egy nagy megbízhatósággal működő, CI-eljárásokat felhasználó előrejelzési módszer kidolgozása, amely korábbi előrejelzési algoritmusok input adatain alapul.

3. Adatbázis

A disszertáció elemzéseiben felhasznált adatbázisok különböző időszakokra vonatkoznak. Ennek okai a következők: (1) a korábbi tanulmányok elérhető adatbázisai rövidebbek; (2) bizonyos taxonok adatbázisai hiányosak; (3) bizonyos feladatok végrehajtására rövidebb adatbázisok elegendőnek bizonyultak.

A meteorológiai elemek adatbázisa 8 meteorológiai változó különböző időszakokra vonatkozó napi értékeit tartalmazza [átlaghőmérséklet (T_{mean}); minimum hőmérséklet (T_{min}); maximum hőmérséklet (T_{max}); hőmérsékleti terjedelem, azaz a maximum és a minimum

hőmérséklet különbsége ($\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$); globálsugárzás (I) vagy teljes sugárzás (TR); relatív páratartalom (RH); szélesség (V, vagy WS) és csapadék (R)]. Ezek az értékek vagy egy adott év minden egyes napjának napi értékei, vagy a július 15-től október 15-ig terjedő periódus napi értékei az 1997-2006, 1997-2010, vagy a 1999-2007 közötti időszakokra vonatkozóan.

A pollen adatbázis a parlagfűpollen napi átlagos koncentrációjának értékeit (pollenszem / m³ levegő) tartalmazza az 1997-2006, 1997-2010, illetve a 1997-2007 közötti periódusok július 15 - október 15 közötti időszakára vonatkozóan.

A pollenszezont annak kezdő és záró napja határozza meg. A szezon kezdetének (végének) meghatározásához azt a napot választottuk, amelyen a pollenkoncentráció legalább 1 pollenszem / m³ levegő volt, és legalább 5 egymást követő (megelőző) napon szintén 1 vagy több pollenszem fordult elő 1 m³ levegőben (Galán et al., 2001). A pollenszezon természetesen évről évre változik. A disszertációban az 1997-2006 közötti tízéves periódus során tapasztalt leghosszabb pollenszezont vettük alapul minden év esetében még akkor is, ha a fennmaradó években lényegesen más volt a pollenszezon hossza, azaz pl. számottevően később kezdődött, vagy jóval korábban végződött (Makra et al., 2010; Matyasovszky et al., 2012; Makra et al., 2014a).

4. Módszerek

Student féle t-próba (7. rész): A Student féle t-próbát (Zimmerman, 1997) alkalmaztuk annak eldöntésére, hogy vajon az egyes valószínűségi szintekhez tartozó pollen kvantilisokban a meteorológiai elemek átlagai szignifikánsan eltérnek-e egymástól. Nearest neighbour (NN) (legközelebbi szomszéd) módszer (7. rész): Egy NN-módszert dolgoztunk ki és használtunk annak eldöntésére, hogy a következő napi pollenterhelés két kategóriája közül melyik fog bekövetkezni az öt meteorológiai változó aktuális értékei mellett. Az aktuális napi meteorológiai változók legközelebbi szomszédja az a nap, amelyre a magyarázó változók a leginkább hasonlóak az aktuális napi magyarázó változókhoz. Az a pollenterhelés kategória tartozik ehhez az esethez, amelyik a kiválasztott napon jelen van. Regresszió (8. rész): A lineáris regressziókat a következőképp használtuk. A magyarázó változókat két részre osztottuk, majd a napi pollenkoncentrációk és a meteorológiai változók e két csoportja közötti kapcsolatot külön-külön regresszióanalízissel határoztuk meg, a pollenszezon összes

napjára. Faktoranalízis (5., 7. és 8. rész): A kezdeti adatbázis dimenziójának csökkentése, valamint a vizsgált változók közötti kapcsolat megmagyarázása érdekében a faktoranalízis többváltozós statisztikai módszerét alkalmaztuk. Faktoranalízis speciális transzformációval (5., 7. és 8. rész): A faktoranalízis végrehajtását követően a magyarázó változók összes faktorának a factorsúlyait egy új faktorban egyesítettük oly módon, hogy csak ennek a faktornak legyen nagy súlya az eredményváltozóval, az összes többi faktor factorsúlya pedig korrelálatlan legyen az eredményváltozóval. Ez az eljárás - melyet speciális transzformációnak nevezünk - alkalmas arra, hogy kimutassuk: milyen mértékben hatnak a magyarázó változók a célváltozóra, továbbá arra, hogy azok hatását a célváltozóra gyakorolt fontosságuk szerint rangsoroljuk. Mesterséges intelligencia (CI = Computational Intelligence) (9. rész): A következő CI-módszereket használtuk a disszertációban: A *Multi-layer perceptron (MLP)* (Haykin, 1999) modellek olyan mesterséges neurális hálózat modellek, amelyek képesek komplex és nagyon nemlineáris folyamatokat modellezésére. A neurális hálózatok két típusát alkalmaztuk: egy komplex (egynél több rejtett réteggel rendelkező MLP) és egy kevésbé komplex (csak egy rejtett réteggel rendelkező MLPRegressor) verziót. Az MLP a komplex és a nagyon nemlineáris folyamatokat a hálózat topológiáján keresztül tudja modellezni. A Multi-Layer Perceptron egy input (bemeneti) és egy output (kimeneti) réteget tartalmaz a nemlineáris aktivációs függvények egy vagy több rejtett rétegével együtt. A parlagfű napi pollenkoncentrációinak és napi riasztási küszöbértékeinek előrejelzése érdekében számos döntési fa alapú algoritmust (M5P, REPTree, DecisionStump és J48) használtunk. Ezeket az algoritmusokat korábban nem alkalmazták a fenti feladatokra a nemzetközi szakirodalomban. A modelleket Matlab környezetben, a fenti algoritmusok WEKA alkalmazásával dolgoztuk ki Hall et al. (2009) munkája nyomán. *MLPRegressor* és *MLPClassifier*: Mindkettő beépített WEKA modellalkotó szoftver (Hall et al., 2009). Ezek az algoritmusok a Multi-Layer Perceptronok speciális részei. Mindig csak egy rejtett réteggel rendelkeznek, ahol a neuronok számát a felhasználó határozza meg. Mindkettő úgy optimalizál, hogy minimalizálja a négyzetes hibát, valamint a BFGS módszerből származó büntetési értéket. Az MLPRegressor-t és az MLPClassifier-t is alkalmaztuk a parlagfű napi pollenkoncentrációinak és napi riasztási küszöbértékeinek az előrejelzéséhez. Fa-alapú algoritmusok: *M5P*: Ez az eljárás Quinlan M5 algoritmusának (Quinlan, 1992) reprodukálása, amely döntési fák és többváltozós regressziós modellek kombinációja. Más regressziós fakkal

szemben, az M5P fa szerkezetének levelei MLR modellekből állnak. Így modellezni lehet az adatokon belüli helyi linearitást, a szakaszonkénti lineáris függvényekhez hasonlóan. Ez az M5P első alkalmazása a parlagfű napi pollenadatainak modellezésére. *DecisionStump*: Ez a modell olyan döntési fát hoz létre, amelyben egyetlen csomópont van. Az előrejelzendő adattípustól függően (1) hibanégyzet átlagain alapuló regressziót, vagy (2) entrópiára alapozott klasszifikációt hajt végre. *REPTree*: Ez egy gyors döntési fa tanuló modell. Információnyeréssel épít döntési fát, vagy a variancián alapuló regressziós fát hoz létre. A hibacsökkentés érdekében a döntési fa ágait visszametszi. *J48*: Ez a modell a WEKA adatkészlet C4.5 algoritmusának implementációja. A C4.5 tanuló adatokból épít döntési fákat ugyanúgy, ahogy az ID3 használja az információ-entrópia fogalmát. A *J48* modell gyors döntési időt és megfelelő skálázást tesz lehetővé nagy adatkészleteken (Quinlan, 1993).

5. Eredmények és következtetések

A meteorológiai elemek és a különböző taxonok kvantitatív és fenológiai jellemzői közötti kapcsolatok statisztikai elemzése egy viszonylag új tudományterület. Ugyanis a pollencsapdás megfigyelések csupán az 1960-as években indultak meg Európában, és az első kapcsolódó tanulmányokat kb. három évtizeddel később publikálták (Declavijo et al., 1988; Emberlin and Norrishill, 1991; Peeters et al., 1994). Ez a tudományterület Magyarországon új. Az első pollenklimatológiai tárgyú publikációk a 2000-es évek elején jelentek meg hazánkban (Makra et al., 2004; 2005).

A parlagfűpollen koncentrációk és az időjárás kapcsolatának tanulmányozása nagy szakirodalommal rendelkezik, mivel az kiemelkedő gyakorlati jelentőséggel bír. Az ez irányú kutatások eredményei hatékonyan segíthetik a pollenérzékeny emberek felkészülését a magas pollenterhelésű időszakokra, ezzel megkönnyítve számukra az egészségügyi következmények elviselését.

A disszertáció eredményeit különböző statisztikai eljárások alkalmazása szolgáltatták. Ezek közül a faktoranalízist és speciális transzformációt ez idáig még nem alkalmazták ilyen típusú kapcsolatok feltárására. Ráadásul ezt az eljárást korábban még a nemzetközi szakirodalomban sem használták meteorológiai folyamatok tanulmányozására – eddig csak közgazdaságtani alkalmazásai ismertek. A jövőbeli napi parlagfűpollen koncentrációk előrejelzésére a mesterséges intelligencia módszereit alkalmaztuk a disszertációban. A napi

parlagfűpollen koncentrációk és riasztási küszöbök előrejelzésére több fa alapú algoritmust (M5P, REPTree, DecisionStump és J48) használtunk. Ezeket az algoritmusokat eddig még nem alkalmazták a fenti feladatokra a nemzetközi szakirodalomban. Ezeket a modelleket Matlab környezetben fejlesztették ki a fenti algoritmusok WEKA implementációjával, (Hall et al., 2009).

A disszertáció legfontosabb eredményei a következők.

- 1) A szegedi régió meteorológiai elemektől függő parlagfű pollenszámai napi változékonyságának lehetséges okait elemezve, a meteorológiai változók napi eltéréseit (adott nap értéke mínusz az előző nap értéke) hozzárendeltük az *Ambrosia* pollenszámok "A" napi arányaihoz (adott napi érték osztva az előző napi érték) a vizsgálat minden egyes napjára. Ily módon rendre három adatkészletet vizsgáltunk: (1) a teljes adatkészletet, (2) a meteorológiai változók azon napi eltéréseit, amelyekre $A \leq 1$, és (3) azon napi eltéréseit, amelyekre $A > 1$. Mindhárom adatkészlet esetében a vizsgált napokat 4-4 kategóriába soroltuk, mégpedig a következő módon: (a) csapadékos nap, melyet csapadékos nap előz meg, (b) csapadékos nap, melyet nemcsapadékos nap előz meg, (c) nemcsapadékos nap, melyet csapadékos nap előz meg, és (d) nemcsapadékos nap, melyet nemcsapadékos nap előz meg.

Egy ritkán alkalmazott eljárást, a faktoranalízist speciális transzformációval hajtottunk végre a napi meteorológiai és a parlagfűpollen adatokon annak érdekében, hogy meghatározzuk a meteorológiai paraméterek (magyarázó változók) és a parlagfűpollen (célváltozó) közötti kapcsolatok erősségét és előjelét.

Miután végrehajtottuk a faktoranalízist speciális transzformációval a három adatkészlet 4-4 kategóriájára, a szélsébség (V), a csapadék (R), és a hőmérsékleti terjedelem (ΔT) bizonyultak a legfontosabb paramétereknek, melyek rendre 5 esetben (a teljes adatkészletre), 8 esetben (a meteorológiai paraméterek azon eltéréseire, melyeknél $A \leq 1$) és 4 esetben (a meteorológiai paraméterek azon eltéréseire, melyeknél $A > 1$) szignifikáns kapcsolatot mutattak az *Ambrosia* pollenszámok napi arányaival. Ugyanakkor a minimum hőmérséklet (T_{\min}) és globálsugárzás (I) voltak a legkevésbé fontos meteorológiai változók a célváltozó értékének meghatározásában. Miután a teljes adatkészletet két csoportra osztottuk, a meteorológiai változók és a pollenváltozó közötti erősebb kapcsolatra utaló tendenciát találtunk abban az adatkészletben,

amelyben $A \leq 1,00$, szemben azzal az adatkészlettel, amelyben $A > 1$. Ez annak tulajdonítható, hogy a növény eltérő módon tűri az eltérő környezeti stresszt. Nevezetesen, az az adatkészlet, amelyre $A \leq 1,00$, alacsonyabb nyári hőmérsékletekhez kapcsolódik, amelyekhez optimum közeli fito-fiziológiai folyamatok társulnak. Ezzel szemben az a kategória, amelyre $A > 1,00$, magas és extrém magas hőmérsékletekkel jellemezhető, amelyek módosítják az életfunkciókat, s ebből adódóan a meteorológiai- és pollenváltozók kapcsolatrendszerét is (Csépe et al., 2012a; Matyasovszky et al., 2012; Makra et al., 2014c).

- 2) A meteorológiai paraméterek (magyarázó változók) faktorsúlyainak a célváltozóra (a parlagfű pollen 3 kategóriája) gyakorolt fontossági sorrendjét elemezve az alábbi eredményeket kaptuk.

Az *Ambrosia* pollen a hőmérsékletre, vagy a csapadékra reagál érzékenyen. Ugyanakkor fordítottan kapcsolódik a hőmérsékletre (negatív korrelációk). Összességében – a melegedő és szárazodó klímának köszönhetően – a kvantitatív pollenkarakterisztikák (az évi összes pollenmennyiség és a napi maximális pollenkoncentráció az év során) a parlagfű pollenszámok csökkenését jelzik.

A szélsőséges hőmérsékletekhez és csapadékmennyiségekhez kapcsolódó parlagfű pollenszámok alapján megállapítottuk, hogy a leghidegebb és a legcsapadékosabb évek nagymértékben elősegítik a pollentermelést.

Az emelkedő hőmérséklet hozzájárulhat a parlagfű nagyobb területen történő pollenszórásához, valamint a pollenkoncentráció jelentős növekedéséhez, míg a csapadék hiánya gátolja a pollentermelést és -kibocsátást. Bár a parlagfű pollenszámok trendjei részben magyarázhatók a tájhasználat változásával, a szezonális változások olyan időjárási körülményeket tükröznek, amelyek javíthatják vagy elnyomhatják (elrejtetik, tompíthatják) az általános tendenciákat. A parlagfű genetikai háttere különleges választ ad a változó időjárási körülményekre, amely utóbbiak meghatározhatják a növénynek a tájhasználatától is függő potenciális térbeli eloszlását (Csépe et al., 2012b; Makra et al., 2012b).

3) Annak meghatározásához, hogy a meteorológiai elemek előző napi értékei miként befolyásolják az extrém parlagfűpollen terhelés aktuális napi értékeit, faktoranalízist hajtottunk végre speciális transzformációval, s azt tapasztaltuk, hogy négy meteorológiai változó (a középhőmérséklet, a globálsugárzás, a relatív páratartalom és a tengerszinti légnyomás átlagos napi értékei) kivéve az átlagos napi szélsőséget, szignifikáns kapcsolatot mutat a parlagfűpollen terheléssel. A hőmérséklet és a globálsugárzás egyenesen, míg a tengerszinti légnyomás és a relatív páratartalom fordítottan arányos a parlagfűpollen terheléssel. A parlagfűpollen terhelést befolyásoló magyarázó változók fontosságuk csökkenő sorrendjében a következők: hőmérséklet, tengerszinti légnyomás, globálsugárzás és relatív páratartalom.

A faktoranalízis egy előzetes betekintést nyújtott a kvantitatív pollenváltozók és a meteorológiai változók kapcsolatrendszerébe, s a t-próba azt jelezte, hogy meg lehet különböztetni az extrém és nem-extrém kvantitatív pollenváltozókat, a meteorológiai elemek, mint magyarázó változók felhasználásával. A parlagfű pollen valószínűségi eloszlásaihoz kapcsolódó, néhány kiválasztott alacsony és magas kvantilis alkalmazásával a pollenterhelések kvantilis és kvantilis alatti átlagait összehasonlítottuk és értékeltük. Ennek eredményeképpen a 90%-os kvantilist meghaladó események száma és a 10%-ot nem meghaladó események száma erősen alábecsült. Ugyanakkor az eljárás jól működik a 20%-os és a 80%-os kvantilisek esetében, és még jobban a 30%-os és a 70%-os kvantilisek esetében.

Egy nearest neighbour (NN) (legközelebbi szomszéd) technikát alkalmaztunk az extrém és nem-extrém pollen események megkülönböztetésére, amelynek során a meteorológiai elemeket magyarázó változókként használtuk. Azt találtuk, hogy a parlagfűpollen terhelésre ható magyarázó változók fontosságuk csökkenő sorrendjében a következők: hőmérséklet, globálsugárzás, relatív páratartalom, tengerszinti légnyomás és szélsőségek. Ezenkívül a különböző kvantiliseket meghaladó / nem meghaladó jó döntések relatív gyakorisága azt mutatja, hogy a fenti öt meteorológiai elem, mint magyarázó változó, megfelelő mértékben informatívak ahhoz, hogy megkülönböztessük az extrém és nem-extrém pollen eseményeket. Ugyanakkor fontos megjegyeznünk, hogy minél nagyobb százalékos értékek fordulnak

elő a 9. és a 10. táblázat "above-above" és "below-below" sor-oszlop metszeteinek celláiban, annál jobb az NN technikával kapott becslés (Csépe et al., 2012c).

- 4) Jóllehet számos tanulmányt publikáltak már a meteorológiai feltételek és a pollenterhelések, továbbá a múlt időjárási viszonyai és különböző taxonok bizonyos fenológiai fázisai közötti összefüggések feltárására, egyik sem foglalkozott azzal, hogy megkülönböztesse a jelen és a múltbeli időjárás hatását az aktuális pollenkoncentrációkra. Ebben a részben szétválasztottuk a jelen és a múltbeli éghajlati viszonyok súlyát, hogy meghatározzuk, e két hatás miként érvényesül az aktuális napi parlagfűpollen koncentrációkban a szegedi régióban. Erre a célra két eljárást alkalmaztunk: a többszörös korrelációt és a faktoranalízist speciális transzformációval.

A fenti két módszer alkalmazásával az eredmények jellegzetes hasonlóságokat tártak fel. A parlagfű esetében a kontinentális csapadékcsúcs és a tenyészidőszak során fellépő helyi záporok erősíthetik a jelen meteorológiai elemek súlyát. Ugyanakkor a csapadék hatására nagymennyiségű víz tározódhat a talajban, amely a száraz időszakokban hozzájárulhat a múltbeli klímaelemek hatásához. A parlagfű – mint fűfélékhez tartozó taxon – nagyfokú klímaérzékenysége (különösen vízérzékenysége) egyértelműen megállapítható.

Megállapítottuk, hogy a jelen és a múltbeli időjárási tényezők hatásainak szélsőséges eltérései, amelyeket a szürke különböző árnyalatai jelölnek (Fig. 12 / 12. ábra), markáns egybeeséseket mutatnak. Ez alapján feltételezhető, hogy valós összefüggések vannak egyrészt a fitofiziológiai folyamatok, másrészt pedig az év egyes részeinek aktuális és múltbeli meteorológiai tényezői, valamint a napok felhalmozódási hossza között.

A tanulmányban bemutatott jelen és múltbeli éghajlati viszonyok súlyának szétválasztása különböző taxonok esetében gyakorlati jelentőséggel bír nemcsak a pollenérzékeny emberek számára, hanem a mezőgazdasági termelés szempontjából is. Nevezetesen, a múltbeli időjárás taxon-specifikus hatásainak ismerete segíthet a jövőbeni pollenkoncentrációk megfelelő időben történő előrejelzésében; ezenkívül hozzájárulhat a mezőgazdasági termelés időjárástól való függésének csökkentéséhez is (Matyasovszky et al., 2014a; 2014b;).

5) Előrejelzéseket készítettünk azon célból, hogy megbecsüljük a parlagfűpollen koncentrációját néhány napra előre. Evégett a szakterület nemzetközi irodalmában egy új módszert alkalmaztunk: faktoranalízist speciális transzformációval annak érdekében, hogy kiderítsük a magyarázó változók fontossági sorrendjét a pollenkoncentrációk 1-7 napos előrejelzésében. Ezenkívül további eljárásokat is alkalmaztunk, úgy mint (1) adat-vezérelt modellezési módszereket, beleértve a neurális hálózatokat is, amelyeket ez idáig még nem használtak a napi parlagfűpollen koncentráció előrejelzésére, (2) napi riasztási küszöbértékeket, melyeket első alkalommal jeleztük előre a nemzetközi levegőbiológiai szakirodalomban, továbbá (3) a J48 algoritmust, mely szintén első alkalommal került felhasználásra a palinológiai előrejelzések nemzetközi szakirodalmában.

Mesterséges intelligencia (CI = Computational Intelligence) eljárásokat alkalmaztunk az *Ambrosia* pollenkoncentrációk és riasztási küszöbök napi értékeinek előrejelzéséhez Szegedre (Magyarország) és Lyonra (Franciaország). Noha nehézséget jelentett a napi pollenkoncentráció adatok elérhetősége (csak heti egy alkalommal állnak rendelkezésre az előző hét napjaira), a napi parlagfűpollen koncentrációk és riasztási küszöbök 1-7 napos előrejelzései mindkét város esetében sikeresek voltak. Elemeztük a magyarázó változók (a nap éven belüli sorszama, meteorológiai és a pollenváltozók) fontosságát a célváltozó (pollenszintek, vagy riasztási küszöbök 1-7 napra előre) meghatározásában. A parlagfűpollen koncentráció súlyai rendkívüli módon kiemelkednek az összes változó közül, ezzel is jelezve, hogy nagy jelentőséggel bírnak a pollenkoncentrációk (riasztási szintek) 1-7 nappal előre történő meghatározásában mindkét város esetében. A többi magyarázó változó súlyai eltérőek a két városra. Pl. Szegedre a legfontosabb magyarázó változók hőmérsékleti változók, míg Lyonra a relatív páratartalom és a szélsébség játsszák a legfontosabb szerepet a pollenkoncentráció alakításában.

Szegedre a Multi-Layer Perceptron modellek hasonló eredményeket mutatnak, mint a fa alapú modellek a pollenkoncentráció egy-, illetve kétnapos előrejelzésében, míg a több mint kétnapos előrejelzésekben jobb eredményeket érnek el, mint a fa alapú modellek. Lyon esetében csak a Multi-Layer Perceptron nyújt elfogadható eredményt a

pollenkonzentráció egy-, illetve kétnapos előrejelzésében. Ami a riasztási szinteket illeti, az eljárások hatékonysága jelentősen eltér egymástól.

Amikor a modelleket a legmagasabb pollenkonzentrációkkal rendelkező napokhoz illesztettük, a komplexebb CI módszerek mindkét város esetében jobbnak bizonyultak. Az MLP és az M5P módszerek nyújtották a legjobb eredményeket Szegeden és Lyonban is. Kimutattuk, hogy az optimális módszer kiválasztása az éghajlattól függ, amely a földrajzi elhelyezkedés és a domborzat függvénye.

A kapott eredmények hasznosíthatók a nemzeti polleninformációs szolgálatok számára. A parlagfű pollen által okozott összes egészségügyi költségek lényegesen csökkenthetők, ha az arra érzékenyek időben felkészülhetnek a súlyos parlagfűpollen terhelésű időszakokra. A döntéshozók felelősek azért, hogy megfelelő szabályozásokat és intézkedéseket vezessenek be, amelyekkel a parlagfű pollen által okozott problémákat hatékonyan kezelni lehet. Továbbá az aerobiológusok felelőssége, hogy személyre szabott információs szolgáltatásokat fejlesszenek ki, amelyekkel a pollenérzékeny emberek általános életminőségét javítani lehet. Fontos azonban megjegyezni, hogy az alkalmazott mintavételi eljárás korlátai (a napi pollenszámok csak minden hétnapos időszakot követően állnak rendelkezésre az előző hét napjaira), az itt bemutatott módszerek alkalmazhatósága operatív célokra korlátozott. Ennek megfelelően az itt bemutatott módszertant csak az eredeti előrejelzési módszerek (modellek) támogatásaként lehet felhasználni. Ez a probléma csak akkor oldható meg, ha teljesen új elven alapuló, alacsony költségű automata pollenmintavevők kerülnek bevezetésre, amelyek révén azonnal (in situ) megoldható a pollenszámoknak a befogott pollenfajták szerinti meghatározása.

A disszertációban alkalmazott módszerek érzékenyek a magyarázó változók számára. További cél az, hogy sokkal több magyarázó változót (pl. további meteorológiai paraméterek, kémiai légszennyező anyagok, tájhasználat, domborzat, stb.) alkalmazzunk egy olyan általános modell kidolgozására, amely különböző helyszíneken is jól használható (Csépe et al., 2014a; 2014b).

A disszertáció témájához kapcsolódó publikációk

Peer-reviewed folyóiratokban

Matyasovszky, I., Makra, L., **Csépe, Z.**, 2012: Associations between weather conditions and ragweed pollen variations in Szeged, Hungary. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* (Arch Ind Hyg Toxicol) (Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju), **63**(3), 311-320.

IF: 0.667

Deák, J.Á., Makra, L., Matyasovszky, I., **Csépe, Z.**, Muladi, B., 2013: Climate sensitivity of allergenic taxa in Central Europe associated with new climate change – related forces. *Science of the Total Environment*, **442**, 36-47.

IF: 3.163

Makra, L., Ionel, I., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Lontis, N., Popescu, F., Sümeghy, Z., 2013: Characterizing and evaluating the role of different transport modes on urban PM10 levels in two European cities using 3D clusters of backward trajectories. *Science of the Total Environment*, **458-460**, 36-46.

IF: 3.163

Csépe, Z., Makra, L., Voukantsis, D., Matyasovszky, I., Tusnády, G., Karatzas, K., Thibaudon, M., 2014: Predicting daily ragweed pollen concentrations using computational intelligence techniques over two heavily polluted areas in Europe. *Science of the Total Environment*, **476-477**, 542-552.

IF: 4.099

Makra, L., Matyasovszky, I., Bálint, B., **Csépe, Z.**, 2014: Association of allergic rhinitis or asthma with pollen and chemical pollutants in Szeged, Hungary, 1999-2007. *International Journal of Biometeorology*, **58**(5), 753-768. doi:10.1007/s00484-013-0656-9

IF: 3.246

Makra, L., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Deák, J.Á., Sümeghy, Z., Tusnády, G., 2014: The effects of the current and past meteorological elements influencing the current pollen concentrations for different taxa. *Botanical Studies*, **55**(43), doi: 10.1186/s40529-014-0043-9
<http://link.springer.com/article/10.1186%2Fs40529-014-0043-9/fulltext.html>

IF: 0.783

Makra, L., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Deák, Á.J., Pál-Molnár, E., Tusnády, G., 2014: Interdiurnal variability of Artemisia, Betula and Poaceae pollen counts and their association with meteorological parameters. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **9**(3), 207-220.

IF: 0.630

Matyasovszky, I., Makra, L., **Csépe, Z.**, Sümeghy, Z., Deák, Á.J., Pál-Molnár, E., Tusnády, G., 2014: Plants remember past weather: a study for atmospheric pollen concentrations of Ambrosia, Poaceae and Populus. *Theoretical and Applied Climatology*, **122**(1), 181-193. doi:10.1007/s00704-014-1280-2

IF: 2.433

Matyasovszky, I., Makra, L., **Csépe, Z.**, Deák, Á.J., Pál-Molnár, E., Fülöp, A., Tusnády, G., 2014: A new approach used to explore associations of current Ambrosia pollen levels with current and past meteorological elements. *International Journal of Biometeorology*, **59**(9), 1179-1188. doi: 10.1007/s00484-014-0929-y

IF: 2.309

Makra, L., Puskás, J., Matyasovszky, I., **Csépe, Z.**, Lelovics, E., Bálint, B., Tusnády, G., 2014: Weather elements, chemical air pollutants and airborne pollen influencing asthma emergency room visits in Szeged, Hungary: performance of two objective weather classifications. *International Journal of Biometeorology*, **59**(9), 1269-1289. doi: 10.1007/s00484-014-0938-x

IF: 2.309

Makra, L., Matyasovszky, I., Tusnády, G., Wang, Y.Q., **Csépe, Z.**, Bozóki, Z., Nyúl, G.L., Erostyák, J., Bodnár, K., Sümeghy, Z., Vogel, H., Pauling, A., Páldy, A., Magyar, D., Mányoki, G., Bergmann, K.C., Bonini, M., Šikoparija, B., Radišić, P., Gehrig, R., Kofol Seliger, A., Stjepanović, B., Rodinkova, V., Prikhodko, A., Maleeva, A., Severova, E., Ščevková, J., Ianovici, N., Peternel, R., Thibaudon, M., 2016: Biogeographical estimates of allergenic pollen transport over regional scales: common ragweed and Szeged, Hungary as a test case. *Agricultural and Forest Meteorology*, **221**, 94-110. doi:10.1016/j.agrformet.2016.02.006

IF= 3.887

†Matyasovszky, I., Makra, L., Tusnády, G., **Csépe, Z.**, Nyúl, G.L., Chapman, D.S., Sümeghy, Z., Szűcs, G., Páldy, A., Magyar, D., Mányoki, G., Erostyák, J., Bodnár, K., Bergmann, K.C., Deák, J.Á., Thibaudon, M., Albertini, M., Bonini, M., Šikoparija, B., Radišić, P., Gehrig, R., Rybníček, O., Severova, E., Rodinkova, V., Prikhodko, A., Maleeva, A., Stjepanović, B., Ianovici, N., Berger, U., Kofol Seliger, A., Weryszko-Chmielewska, E., Šaulienė, I., Shalaboda, V., Yankova, R., Peternel, R., Ščevková, J., Bullock, J.M., 2017: Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, pp. 1-19. doi: 10.1007/s00704-017-2184-8

IF: 2.640 (2016)

Nem peer-reviewed folyóiratokban

Báló, B.B., Makra, L., Matyasovszky, I., **Csépe, Z.**, 2012: Association of sociodemographic and environmental factors with allergic rhinitis and asthma. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis, Tomus 46*, 33-49.

Csépe, Z., Makra, L., Matyasovszky, I., Páldy, A., Deák, Á.J., 2012: Association of extreme high and low temperatures and precipitation totals with daily and annual pollen concentrations of *Ambrosia* and *Populus* in Szeged, Southern Hungary. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis, Tomus 46*, 51-59.

Csépe, Z., Matyasovszky, I., Makra, L., Oláh, R., 2012: Influence of meteorological elements to interdiurnal variability of ragweed (*Ambrosia*) pollen concentrations. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis, Tomus 46*, 61-72.

Csépe, Z., Matyasovszky, I., Makra, L., Sümeghy, Z., 2012: Association between extreme daily pollen concentrations for Szeged, Hungary and previous-day meteorological elements. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis, Tomus 46*, 73-81.

Deák, Á.J., Makra, L., Matyasovszky, I., **Csépe, Z.**, Muladi, B., 2012: Climate sensitivity analysis of allergenic taxa in Central Europe with new ecological forces. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis, Tomus 46*, 83-105.

Makra, L., Matyasovszky, I., **Csépe, Z.**, Deák, J.Á., Rakonczai, J., Pál-Molnár, E., 2012: Az allergén pollenek jellemzőinek trendjei Közép-Európában, Szeged példáján. [Trends of characteristics of allergenic pollen in Central-Europe.] In: Rakonczai, J., Ladányi, Zs., Pál-

- Molnár, E. (eds.) *Sokarcú klímaváltozás*. [Multi-faced climate change.] pp. 89-109. Geolitera SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged, HU ISSN 2060-7067
- Makra, L., Ionel, I., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Lontis, N., Popescu, F., 2013: Application of CALINE4 for modeling dispersion of roadside CO and NO₂ emissions in Szeged, Hungary. *Buletinul AGIR*, **18**(1), 85-90.
- Makra, L., Ionel, I., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Lontis, N., Popescu, F., Sümeghy, Z., 2013: The role of different transport modes on urban PM₁₀ levels in Bucharest and Szeged, Central Europe. *Buletinul AGIR*, **18**(1), 91-98.
- Makra, L., Ionel, I., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Lontis, N., Popescu, F., Sümeghy, Z., 2013: Trends in the characteristics of allergenic pollen in Central Europe based on the example of Szeged, Hungary. *Buletinul AGIR*, **18**(1), 99-106.
- Makra, L., Ionel, I., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Lontis, N., Popescu, F., Sümeghy, Z., 2013: Multivariate analysis of respiratory diseases and their association with meteorological parameters as well as biological and chemical air pollutants. *Buletinul AGIR*, **18**(1), 107-114.
- Makra, L., Ionel, I., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Popescu, F., Lontis, N.S., 2013: Concluding remarks. Chapter 4. In: (ed. Ionel, I.) *Culture and Air Quality*. Editura Politehnica, pp. 92-113. ISBN 978-606-554-669-1
- Csépe, Z.**, Magyar, D., Mányoki, G., Bobvos, J., Elekes, P., Páldy, A., 2013: A polleninformációs szolgáltatás fejlődése Magyarországon. *Egészségtudomány*, **57**(4), 24-36.
- Csépe, Z.**, Makra, L., Voukantsis, D., Matyasovszky, I., Tusnády, G., Karatzas, K., Thibaudon, M., 2014: Predicting daily ragweed pollen concentrations using neural networks and tree algorithms over Lyon (France) and Szeged (Hungary). *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis*, **47-48**, 17-32.
- Makra, L., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Tusnády, G., Deák, Á.J., 2014: Separation of the current and past meteorological parameters in influencing the current pollen concentrations. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis*, **47-48**, 85-98.
- Makra, L., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Deák, J.Á., Tusnády, G., 2014: An attempt to distinguish between effects of current and past meteorological elements influencing current pollen concentrations. In: Csapó, T. (szerk.) *Sátoraljajhelytől Hawaiiig. Tanulmányok Puskás János 60. születésnapjára*. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Természettudományi

Kar, Földrajz és Környezettudományi Intézet, Társadalomföldrajzi Tanszék, Savaria University Press, Szombathely, pp. 56-74. ISBN 978-615-5251-40-5

Külföldön tartott nemzetközi konferenciákon

Makra, L., Matyasovszky, I., Ionel, I., Popescu, F., **Csépe, Z.**, Lontis, N., 2012: Objective analysis and ranking of Hungarian cities, based on environmental indicators, and their clustering with different classification techniques – a case study. *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Energy & Environment*. Recent Researches in Environmental & Geological Sciences. (Eds: Altawell, N., Volkov, K., Matos, C., De Arroyabe P.F.) pp. 81-86. ISBN: 978-1-61804-110-4

Makra, L., Matyasovszky, I., Ionel, I., Popescu, F., **Csépe, Z.**, Lontis, N., 2012: An objective assessment of the connection between meteorological elements and the main air pollutant levels at Szeged, Hungary. *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Energy & Environment*. Recent Researches in Environmental & Geological Sciences. (Eds: Altawell, N., Volkov, K., Matos, C., De Arroyabe P.F.) pp. 87-92. ISBN: 978-1-61804-110-4

Makra, L., Ionel, I., **Csépe, Z.**, Matyasovszky, I., Popescu, F., Lontis, N.S., 2013: Concluding remarks. Culture and Air Quality, Chapter 4. In: (ed.) *Ionel, I.*, Timisoara: Editura Politehnica, pp. 92-113. ISBN 978-606-554-669-1

Magyarországon tartott nemzetközi konferenciákon

Csépe, Z., 2012: Egy fél automatikus Ambrosia-pollenfelismerő rendszer. In: Mesterházy Beáta (szerk.) *XI. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia*. Konferencia helye, ideje: Szombathely, Magyarország, 2012.05.19. Szombathely: Nyugat-magyarországi Egyetem – University of West Hungary, p. 32. ISBN:9-639290-69-6

Makra, L., **Csépe, Z.**, Sümeghy, Z., Pál-Molnár, E., Rakonczai, J., 2013: Szélsébség- és szélteljesítmény vizsgálatok a Dél-Alföldön, különös tekintettel Szeged térségére. *11th International Conference on Application of Natural-, Technological- and Economic Sciences*. Nyugat-magyarországi Egyetem – University of West Hungary, 2012. május 19. Előadások – Presentations. (Ed: Mesterházy, B.), Szombathely, pp. 64-71, ISBN 963 9290 69 6

Makra, L., **Csépe, Z.**, Sümeghy, Z., Pál-Molnár, E., Rakonczai, J., 2013: Néhány dél-alföldi állomás szélpotenciálja különböző felszín fölötti magasságokban, magyarországi összehasonlításban. *11th International Conference on Application of Natural-, Technological- and Economic Sciences*. Nyugat-magyarországi Egyetem – University of West Hungary, 2012. május 19. Előadások – Presentations. (Ed: Mesterházy, B.), Szombathely, pp. 72-80, ISBN 963 9290 69 6

Konferencia poszterek, Magyarország

Csépe, Z., Krizsán, L., Borbola, P., Makra, L., 2011: Néhány dél-alföldi állomás szélesség paramétereit. *10th International Conference on Application of Natural-, Technological and Economical Sciences. International Conference*. University of West Hungary. Abstracts, p. 16. (szerk. Mesterházy B.) Szombathely, 2011. május 21. ISBN: 9-639290-69-6

Makra, L., **Csépe, Z.**, Sümeghy, Z., Pál-Molnár, E., Rakonczai, J., 2012: Szélesség- és szélteljesítmény vizsgálatok a Dél-Alföldön, különös tekintettel Szeged térségére. *11th International Conference on Application of Natural-, Technological- and Economic Sciences*. Nyugat-magyarországi Egyetem – University of West Hungary, Abstracts of the Presentations. 2012. május 19. (Eds: Füzesi, I., Puskás, J.), Szombathely, p. 11, ISBN 963 9290 6 6

Makra, L., **Csépe, Z.**, Sümeghy, Z., Pál-Molnár, E., Rakonczai, J., 2012: Néhány dél-alföldi állomás szélpotenciálja különböző felszín fölötti magasságokban, magyarországi összehasonlításban. *11th International Conference on Application of Natural-, Technological- and Economic Sciences*. Nyugat-magyarországi Egyetem – University of West Hungary, Abstracts of the Presentations. 2012. május 19. (Eds: Füzesi, I., Puskás, J.), Szombathely, p. 12, ISBN 963 9290 69 6

Csépe Zoltán tudományos és oktatási munkásságának összefoglalása				
MTA X. Földtudományok Osztálya (2018.03.02.)				
Közlemény típusok	Száma		Hivatkozások ¹	
	Összesen	Részletezve	Független	Összes
I. Tudományos folyóiratcikk²	27	---	---	---
teljes ² cikk, nemzetközi folyóiratban	---	15	79	88
teljes cikk, hazai idegen nyelvű folyóiratban	---	10	6	6
teljes cikk, hazai magyar nyelvű folyóiratban	---	2	0	0
II. Könyvek	0	---	---	---
a) Szakkönyv és monográfia	0	---	---	---
Szakkönyv, kézikönyv, idegen nyelvű	---	0	0	0
Szakkönyv, kézikönyv, magyar nyelvű	---	0	0	0
Felsőoktatási tankönyv	---	0	0	0
b) Könyv, tanulmánygyűjtemény szerkesztőként	0	---	---	---
Szerkesztett könyv, idegen nyelvű	---	0	---	---
Szerkesztett könyv, magyar nyelvű	---	0	---	---
Felsőoktatási tankönyv	---	0	---	---
III. Könyvfejezet, szaktanulmány	5	---	---	---
Könyvfejezet, idegen nyelvű	---	4	0	0
Könyvfejezet, magyar nyelvű	---	1	0	0
Tankönyvekbe írt fejezetek	---	0	0	0
IV. Konferenciaközlemények³	5	---	0	0
Idegen nyelven	---	3	1	2
Magyar nyelven	---	2	0	0
V. Térképek⁴	0	---	0	0
Tudományos közlemények összesen (I-V.)	37	---	86	96
VI. Egyéb tudományos	11	---	---	---
Egyéb tudományos művek, ide értve a nem teljes folyóiratcikkeket és a nem ismert lektoráltságú folyóiratokban megjelent teljes folyóiratcikkeket is	---	11	2	2
Szerkesztőségi levelezés, hozzászólások, válaszok	---	0	0	0
Idézetttség száma¹	---	---	88	98
Hirsch index¹	5	---	---	---

Speciális tudományometriai adatok	Száma			
Első szerzős teljes tudományos közlemények száma*	6			
WOS és/vagy Scopus-ban referált folyóiratban megjelent tudományos folyóiratcikkek száma ⁵	16			
Az utolsó tudományos fokozat (nincs) elnyerése utáni (-) WOS és/vagy Scopus-ban referált folyóiratban megjelent tudományos folyóiratcikkek száma ⁵	0			
Idézettség WOS és/vagy Scopus-ban referált folyóiratban ⁵	53			
Az utolsó tudományos fokozat (nincs) elnyerése utáni (-) közlemények idézettsége WOS és/vagy Scopus-ban referált folyóiratban ⁵	0			

*Az MTMT nem tudja szolgáltatni a megosztott első és megosztott utolsó szerzőség adatokat. Ezeket a kérelmezőnek a doktori eljárás folyamán a 3. sz. adatlapon kell feltüntetnie.

Megjegyzések:

A folyóiratcikkek között soroljuk fel a tematikus térképet.

A könyvfejezethez értjük a lektorált térképmagyarázó és terepgyakorlatvezető egyes fejezetét, leírását.

A szakkönyvhöz értjük a lektorált térképmagyarázót és terepgyakorlatvezetőt.

A felsőoktatási és ismeretterjesztő közleményeket az általános összefoglaló táblázat mutatja.

Nem teljes cikkhez értjük hozzászólásokat, korrekciókat. Az egyéb tudományos művekhez értjük a nem lektorált terepgyakorlatvezetőt, ismeretterjesztő térképet is.

¹ A disszertáció és egyéb típusú idézők nélkül számolva (részletek)

² Lektorált folyóiratban megjelent "szakcikk", "összefoglaló cikk", "rövid közlemény", "sokszerzős vagy csoportos szerzőségű közlemény" besorolású közlemények

³ Konferenciaközlemény folyóirat-különszámban, könyvben vagy egyéb konferenciakiadványban

⁴ Az atlasz, térkép könyvrészletként és az önálló térkép együtt

⁵ A Web of Science (WOS) és/vagy Scopus ban referált közleményeket az adatbázis-azonosító alapján összesíti a program