

OPPONENSI VÉLEMÉNY

Matyasovszky István „Néhány statisztikus módszer az elméleti és alkalmazott klimatológiai vizsgálatokban” című akadémiai doktori értekezéséről

1. ÁLTALÁNOS MEGJEGYZÉSEK

Az értekezés 100 számozott oldalt tartalmaz. A Bevezetést követő 4 érdemi fejezetben tárgyalja a szerző az egyes statisztikai módszereket és alkalmazásukat a konkrét rövid- illetve hosszú időskálájú, illetve kis- és nagy térszkálájú meteorológiai idősorokra, valamint külön alkalmazásként, pollenkoncentrációkra vonatkozó adatsorokra és von le következtetéseket. Ezután az új tudományos eredményeket elemző és összegző Összefoglalás következik. A disszertáció végén Jelölt a felhasznált szakirodalmi jegyzékében részletes 131 tételből álló irodalmi forráslistát ad meg és ezekre megfelelő módon hivatkozik.

Az értekezés igen tömör, tartalmi és formai szempontból megfelelő, a dolgozat nyelvezete világos, a meglévő elírások és pontatlanságok ellenére is gondos munkát tükröz. Az eredményeket bemutató ábrák szemléletesek. Az értekezés egyes fejezetei önmagukban is kerek egész tudományos elemzés eredményét mutatják. A fejezetek egységes szerkezeti felépítése, amely az alkalmazott matematikai eszköztár vázlatos leírásából, módszertanából, valamint a tárgyalt meteorológiai paraméterek vizsgálatával nyert eredmények sokrétű elemzéséből áll, megfelelően strukturáltá teszi a disszertációt.

Az elírásokra, melyek száma nem nagy, nem térek ki külön, a dolgozattal kapcsolatban három általános jellegű kritikai megjegyzésem van: Az olvasó számára igen hasznos lett volna külön jegyzékben megadni a nagyszámú, 20-nál is több, a dolgozat különböző helyein előforduló modellek, módszerek rövidítéseit. A dolgozat nem tér ki a disszertációban felhasznált számos, nem annyira elterjedt fogalom és statisztikai próba bemutatására. Ezek elhagyása nem csak a szerzőnek okozott gondot, de nem könnyítette meg a bíráló feladatát sem. A nagyszámú irodalmi hivatkozás korrekt ugyan, de jelentős részük nem könnyen hozzáférhető és az utána nézés így sok időt követel az olvasótól. A vizsgált idősorok különböző matematikai modellezése során egyik fontos kérdés, hogy milyen alapfeltevésekkel élünk a sztochasztikus viselkedésre nézve, ezért a dolgozat egyes helyein hasznos lett volna erre a kérdésre részletesebben kitérni.

Értelemszerűen az értekezésben nem található új elméleti matematikai megállapítások, ugyanakkor a rendelkezésre álló matematikai apparátus alkalmazása a széleskörű modellezési technikával együtt, a konkrét feladatokra új megállapításokat és megoldásokat eredményezett, illetve az egyes, szakirodalomban vizsgált módszerek és eredmények további finomításához vezetett.

Az értekezésben a szerző zömében az elmúlt évtizedben elért eredményeit tárgyalja, s ezek az eredmények tudományos publikációk formájában korábban megjelentek. Az irodalomjegyzékben található 16 saját publikáció 11 esetben egyszerezős és csak 5 esetben többszerzős, utóbbiak között is 2 esetben elsőhelyes szerző a Jelölt. Megállapítható, hogy a disszertációban foglalt eredmények meghatározó része a szerző saját eredménye.

2. A DISSZERTÁCIÓ TARTALMI ÁTTEKINTÉSE

Az értekezés témaválasztása fontos és időszerű. Az éghajlatváltozás kérdésének vizsgálata és a jövőbeni alakulására adott válasz napjaink egyik igen fontos és vitatott tudományos kérdése, mivel az ezen a területen elért új eredményeknek közvetlen gyakorlati jelentősége lehet az élet számos alapvető területén.

Jelölt a Bevezetésben röviden ismerteti a disszertációban tárgyalt meteorológiai paraméterek vizsgálatának tárgyát, általánosságban ír a vizsgálat eszköztáráról. Leírja, hogy a disszertáció átfogó célja „széles körben felhasználható, ám kevésbé elterjedt módszerek megismertetése, majd egy-egy alkalmazásának bemutatása.”

Az 1. Fejezet (6-23. o.) a meteorológiai paraméterek idősorainak trendelemzéssel összefüggő kérdéseit vizsgálja. A trend itt a véletlen ingadozásokot mutató és a meteorológiai paramétereket modellező sztochasztikus folyamat várhatóérték függvényét jelenti. Az időparaméter a disszertációban különböző rövid- és hosszú távú időskálákhoz tartozó diszkrét értékeket vehet fel, ennek megfelelően a trendfüggvény az időparaméteren értelmezett skalár, vagy vektor értékű függvény. A feladat ebben a fejezetben: megadni megfelelő tulajdonságokkal bíró becslést a várhatóérték függvényre.

Általános becslési módszerként a szerző nemparaméteres magfüggvényes eljárást alkalmaz fehér zajjal terhelt trendfüggvényre, amely alkalmas nemlineáris trendek becslésére. A modell és a becslési eljárás megválasztása nagyobb (éves, vagy annál nagyobb) időskálájú meteorológiai idősorokra kellőképpen indokoltak tűnik. A szerző részletesen elemzi az alkalmazott becslési eljárást, annak gyakorlati problémáit: a magfüggvény megválasztását, sávszélesség becslését. A bemutatott módszer alkalmazásaként a 2.2.1. pontban a szerző az Északi Hemiszféra átlaghőmérsékletének változását vizsgálja az 1860-2000 időszakra és elemzi a szakaszonként sima trendre nyert eredményeket, összevetve az irodalomban gyakran szereplő lineáris trenddel.

Az 1.2.2. pontban kerül sor az ún. hirtelen éghajlatváltozások vizsgálatára. A szerző kitér a fogalom meghatározásában rejlő bizonytalanságokra. Értelmezését statisztikai alapon közelíti meg: a folytonos és szakaszonként sima trendfüggvény deriváltjainak ugrását (a töréspontokban a bal és jobboldali deriváltak különbségét) tekinti hirtelen változásnak. Speciálisan a trendfüggvényt egy sima függvény és két egymás utáni töréspont közötti lineáris függvények összegeként modellezi (13. o.). Az éghajlatváltozások kimutatása a megadott modell mellett a trendfüggvény töréspontjainak detektálásával történik. Az idősor sztochasztikus viselkedésének a vizsgált modell mellett anomáliája ezekben a pontokban segít a τ_k töréspontok statisztikus meghatározásában. A trendfüggvényre a 13. oldal közepén megadott formula pontatlan, a $\varphi_k(t) = 0$, ha $t < \tau_k$ és $\varphi_k(t) = t - \tau_k$, ha $t \geq \tau_k$ definíció biztosítja a trendfüggvény folytonosságát és deriváltak megfelelő ugrását a τ_k töréspontokban. Az alkalmazott statisztikai eljárásra ugyancsak nincs hatással, de pontatlan a trendfüggvény második deriváltjait említeni a τ_k helyeken.

A módszer alkalmazásaként megadja és elemzi a szerző az Északi Hemiszféra átlaghőmérsékleti anomáliái becsült szakaszonként sima trendfüggvényét az 1860-2000, valamint a nagyobb időskálájú 200-2000 időintervallumra. A fenti módszer alkalmazásával vizsgálja a szerző az elmúlt 11700 évre vonatkozó oxigén izotóp adatokra (North Green Ice Core Project, 2004) vonatkozó idősort és von le következtetéseket.

A fejezet utolsó, 1.2.3. pontja az allergén pollenekre vonatkozó 19 taxon napi pollenzámainak az 1997-2007 időszakban Szegeden megfigyelt idősorai alapján foglalkozik a taxonok trendje évi menetének és a meteorológiai paraméterek évi menetének együttes statisztikai elemzésével. Az alkalmazott statisztikai eljárás a szezonális idősorokra vonatkozó Mann-Kendall-teszt, amely alkalmas a szezonális figyelembevételével az idősorokban lévő trendek kimutatására. A módszer alkalmazásánál külön figyelemmel kellett lenni a viszonylag kis évszámra, valamint a meglévő korrelációk miatt a tesztstatisztika megfelelő standardizálására. Kimutatásra került, hogy az egyes meteorológiai paraméterek trendjei jól magyarázzák a pollenkoncentrációk trendjeit, figyelembe véve a taxonok klimatikus igényeit, valamint a trendek éves menetei közötti többszörös korreláció meglehetősen magas értéket vesz fel.

A 2. fejezet (24-33. o.) a regresszió és kvantilis regresszió módszertanát felhasználva az Északi Hemiszféra átlaghőmérsékletének alakulásával, valamint a parlagfű napi pollenkoncentrációi szegedi adatsoraira történő alkalmazásaival foglalkozik, összefüggésben az időjárási paraméterek alakulásával. Az alapfeladat az, hogy egy véges szórású valószínűségi változót szeretnénk négyzetes középben legjobban közelíteni valamilyen Y_1, \dots, Y_p , $p \geq 1$ valószínűségi változók függvényeként. Általános esetben a legjobb közelítést a $h(Y_1, \dots, Y_p) = E(X | Y_1, \dots, Y_p)$ feltételes várható értéket meghatározó p -változós függvény adja. Ha a változóknak létezik együttes sűrűségfüggvényük, akkor a h regressziós függvény kifejezhető vele. Lineáris regresszióról beszélünk, ha a négyzetes középben vett legjobb közelítést csak az Y_1, \dots, Y_p lineáris függvényei között keressük. Ha a változók együttes eloszlása normális, akkor a regressziós függvény egybeesik lineáris regresszióval. Lineáris regresszió esetén a

regressziós függvény kifejezhető a változók várható értékeivel, valamint közöttük lévő kovarianciákkal. Medián-regresszióról akkor beszélünk, ha minimalizálást nem négyzetes középben, hanem átlagos abszolút eltérésben nézzük. Ennek egyszerű általánosítása a legkisebb súlyozott abszolút eltéréssel definiált kvantilis regresszió. Jelölt a becslési eljárást magfüggvényes megközelítésben végzi. E módszer alkalmazásánál a fő problémát a magfüggvény és vele együtt a megfelelő sáv szélesség megválasztása jelenti.

A konkrét alkalmazások során a vizsgálat tárgyát az 1.2.1. pontban az Északi Hemiszféra átlaghőmérsékletének alakulása, míg az 1.2.2. pontban allergén pollenekre vonatkozó idősorok képezték. Utóbbi esetben a szegedi adatokon kívül elemzésre kerültek a Pó-Alföld (Legnano) és Rajna-völgye (Lyon), mint Európa erősen parlagfüves területeinek adatsorai. A feladat itt az allergén pollenek napi koncentrációjának időfüggő becslése volt, figyelembe véve az évi menetet, valamint a csapadék speciális hatását. A 25. oldalon bemutatott (2.2) becslési eljárás változtatás nélküli alkalmazása komoly gyakorlati (megfigyelésszám) problémához vezetne, ha a regressziós felületet megfelelő sűrű felosztás mellett szeretnénk előállítani, ezért a 28. oldalon a (2.4) formulával megadott módszerrel történik a t_i időpontokban az időfüggő regressziós együtthatók becslése. Egyébként itt is a sáv szélesség optimális meghatározása jelentett külön feladatot.

A 3. Fejezet (34-60) foglalkozik az éghajlati idősorok spektrálanalízisével. Egy tágabb értelemben stacionárius folyamat spektrális eloszlásfüggvényének lehet egy tiszta ugró és egy abszolút folytonos összetevője (itt a szinguláris összetevő csak elméleti lehetőség), így a folyamat reprezentálható mint két egymással korrelálatlan (de nem feltétlenül független), diszkrét spektrummal, illetve spektrális sűrűségfüggvénnyel rendelkező stacionárius folyamatok összege. A diszkrét spektrum ugráshelyeinek a száma (a dolgozatban a 34. o.-on J jelöli) lehet véges, vagy megszámlálhatóan végtelen, továbbá a korrelálatlanság átmege függetlenségbe, ha a kiinduló folyamat Gauss.

A folytonos spektrumú folyamatra vonatkozó megjegyzés (34. o.): „megszámlálhatatlan periodikus tag összege”, csak idézőjelben fogadható el. A tágabb értelemben stacionárius folyamatok spektrálméletében a spektrális sűrűségfüggvény, ha létezik, előáll mint a kovarianciafüggvény Fourier-transzformáltja (és fordítva, a kovariancia függvény mint a spektrum inverz Fourier-transzformáltja). E kapcsolat miatt is a spektrum argumentuma a szokásos definíció szerint $[-\pi, \pi]$, vagy $[-1/2, 1/2]$ és nem a (3.2.) formula szerinti $[0, \pi]$ - bár ismert, hogy egy egydimenziós valós stacionárius folyamat esetén a spektrum szimmetrikus az origóra.

A spektrum statisztikai vizsgálata általában az időtartományban a kovarianciafüggvény becslésén keresztül, illetve frekvenciatartományban, a periodogramból különböző simító eljárással nyert becsléssel történik. A periodogramra alkalmazott simító eljárás csak formálisan analóg a trendfüggvény becslésével, ugyanis ha a periodogramot az empirikus kovarianciákkal írjuk fel, akkor látható, hogy az egyre kevesebb tag átlagolásával adódó magasabb indexű empirikus kovarianciák az index növekedésével egyre nagyobb torzítást mutatnak, ezért a nagyobb indexűeket kisebb súllyal kell figyelembe venni, vagy elhagyni, ami éppen a periodogram simításának felel meg és éppen ez biztosítja a spektrum becslésének aszimptotikus konzisztenciáját. Külön eljárást képez a Lomb-Scargle-féle periodogram alkalmazása, amely közvetlenül az idősorra illesztett szinuszoid függvényen alapszik.

A periodogram vizsgálata önmagában is fontos, mivel az aszimptotikus statisztikai tulajdonságai lehetővé teszik a modellhez tartozó rejtett periódusok kimutatását és statisztikai értelemben vett tesztelését. A disszertációban a spektrum becslése Janas és von Storch-féle robosztus becslési eljárásával (37.o.) történik, azonban a módszer alkalmazásához, adott esetben a diszkrét periódusok kimutatásához, szükséges a becsült spektrum pontonkénti aszimptotikus szórásának meghatározására, amire egyébként egy hatékonyan alkalmazható sztochasztikus szimulációs módszert is bemutat a szerző. Emellett a magfüggvényes becslés egyik fontos kérdésével is foglalkozni kell: a sáv szélesség megfelelő megválasztásával. Ezután kerül sor a diszkrét peridusok tesztelésének feladatára.

A 3.1.2. (39.o.) pontban különleges modellezési és identifikációs problémával jelentkezik azok a feladatok, amikor nem ekvidisztáns időpontokban állnak rendelkezésre az adatok. A vizsgált problémakörben ilyen adatsorokat szolgáltathatnak a Paleoklima adatok. A feladat speciális problémáját éppen a nem ekvidisztáns megfigyelési időpontok jelentik. Az AR(1) modellillesztésre

(átlagos időlépcső meghatározása, AR paraméter becslése) Mudelsee (2002) tett javaslatot. A becslés aszimptotikus hibájának szórása leírható analitikus formulával, de a használhatósága külön problémát jelent az eloszlás konvergenciasebessége ismeretének hiányában, ezért Mudelsee Monte Carlo eljárást javasolt. A becslési eljárás a paleoklimatológiai vizsgálatok során az AR paraméter becslésének szisztematikus hibájához vezethet, ennek kiküszöbölésére a szerző súlyozott legkisebb négyzetének módszerét javasolta és elemezte annak tulajdonságait (41. o.).

Más megközelítési lehetőséget kínál a Lomb-Scargle-periodogram (42.o.). Ha a megfigyelt eredményekhez egy szinuszoid függvényt illesztünk legkisebb négyzetes középben, akkor kapjuk az un. Lomb-Scargle-periodogramot. Ezzel az eljárással közvetlenül a megfigyelt idősor alapján jutunk a spektrum becsléséhez az AR(1) folyamatokra, továbbá ez az eljárás alkalmas nem ekvidisztáns időlépcsők mellett is a spektrum becslésére. A módszer használatának előnyei mellett több probléma is felvetődik, kiküszöbölésükre dolgozta ki és alkalmazta Jelölt az un. *teljes legkisebb négyzetek* módszerét, amely a szóba jöhető frekvenciák együttes kezelését teszi lehetővé.

A 3.1.3. alpont foglalkozik a vörös zaj paramétereinek becslésével. Autoregresszív folyamatoknál általános esetben az ε_t zajfolyamat egy 0 várható értékű, 1 szórású korrelálatlan sorozatot jelent, melynek spektruma $g(\omega) = (\sigma_\eta)^2/2\pi$, $-\pi \leq \omega \leq \pi$. A modellezett éghajlati idősorok esetében előfordul, hogy az AR leírásában szereplő innovációs folyamatot egy emlékezettel bíró korrelált $Z_t = a_0 + a_1 Z_{t-1} + \eta_t$, $t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, $|a_1| < 1$ elsőrendű autoregresszív folyamattal lehet leírni, ahol az η_t folyamat egy σ_η szórású fehér zaj. Az ilyen zajfolyamat 0 pontra szimmetrikus $h(\omega) = |1 - a_1 e^{-i\omega}|^{-2} (\sigma_\eta)^2/2\pi$, $-\pi \leq \omega \leq \pi$ spektrumának egyetlen maximuma a 0 pontban van és az origóból kiindulva mindkét irányban monoton csökkenő a $[-\pi, \pi]$ intervallumon, ha $0 < a_1 < 1$. Az ilyen folyamatot vörös zajnak nevezzük (a $-1 < a_1 < 0$ feltétel teljesülése mellett kék zajnak). A vörös zaj spektrumának a becslésénél alkalmazásra került az un. izoton regresszió módszere, amely kihasználja a vörös zaj spektrumának monoton jellegét.

A 3.2. alfejezet négyféle alkalmazást tárgyal, melyek a 3.2.1. – 3.2.4. pontokban kerülnek ismertetésre.

A 3.2.1. pontban NAO index spektrumának periodikus komponenseit elemzi havi adatsorokra (1865-2002), felhasználva a spektrális sűrűségfüggvény robusztus becslését.

A 3.2.2. pont a GISP2 Oxigén izotóp adatokkal foglalkozik. A nem ekvidisztáns grönlandi GISP2 jégfurat adatainak transzformálása és standardizálása után az adatsor információt nyújt a hosszú időskálájú hőmérsékleti ingadozásról. A különböző modellezési és becslési eljárásokkal (OLS-, TLS-, WLS-, L-S becslési eljárásokkal nyert periodogramok együttes részletes elemzése az eddig ismert periódusoknál részletesebb térképet eredményezett.

A 3.2.3. pontban a Vostok deutérium adatsora spektrumának elemzése és a periódusok értelmezése a Föld pályaelemei változásainak periodikus jellegével összhangban levő eredményeket hozott, a felhasznált módszerek: súlyozott lokális regresszió, Lomb-Scargle periodogram, valamint a teljes legkisebb négyzetek módszere voltak.

A 3.2.4. pontban az Északi Hemiszféra 200-1995 évek átlaghőmérsékletének rekonstruált sorában megjelenő ciklusok elemzésére kerül sor. Itt a vizsgálat alapját a spektrális sűrűségfüggvény robusztus izoton és közel izoton regressziós becslési módszere jelenti a vörös zaj spektrális sűrűségfüggvényével történő összehasonlítással.

A 4. Fejezet (61-94. o.) alapvetően a lineáris autoregresszív idősormodellezés nemlineáris általánosításával foglalkozik. A 4.1. alfejezetben a modellezett folyamat stacionárius eloszlása a korábbiaktól eltérően a folyamat szűkebb értelemben vett stacionaritását jelenti. Ebben az alfejezetben a Gauss-eloszlás helyett a dolgozatban lognormális eloszlású AR folyamattal történő modellezéssel találkozunk, ez az eloszlás megengedi az együttes eloszlások analitikus felírását és az AR paraméterek becslését.

4.1.2. pont vizsgálatai a folyamatok két fontos nemlineáris AR modellel, a TAR (Threshold Autoregressive) és az ARCH (Autoregressive Conditionally Heteroscedastic) modellekkel történő leírásával foglalkozik. A 4.1.2.1. alpont foglalkozik TAR modellel. Ez a folyamatmodell véges számú autoregresszív rezsimből áll úgy, hogy minden rezsimhez saját AR paraméterek tartoznak, az aktuális rezsimet a folyamat egy d időhosszal korábbi értéke határozza meg az előre megadott küszöbparaméterektől függően. Vektor értékű AR folyamatok esetén a modell (VTAR) meghatározása

hasonlóan történik. A feladat itt a különböző rezsimek meghatározása, az egyes rezsimekhez tartozó autoregresszív paraméterek becslése és interpretálása. A modell alkalmazhatóságát az általános elemzésen túl a NGRIP és a Vostok adatsorainak együttes elemzésével teszi világossá (ld. 4.2.2. pont).

A 4.1.2.2. alpontban a nemlineáris ARCH modell alkalmazására kerül sor. A klasszikus lineáris folyamatmodellek alkalmazása mellett sok újdonságot hozhatnak a különböző folyamatok statisztikus leírásában a nemlineáris modellek, melyekkel az idősorok olyan tulajdonságai írhatók le, amikre a lineáris modellek nem alkalmasak. Ezek közé tartozik az ARCH modell, melyet Engle vezetett be 1982-ben pénzügyi folyamatokban megjelenő volatilitás leírására. Ebben a modellben az innovációs folyamat (Engle-nél a reziduumok sorozata) korrelálatlan, azonban négyzetek sorozata már szignifikánsan korrelált. Ez a modell alkalmas arra, hogy egyes meteorológiai idősorokban jelenlévő, magasabb, illetve alacsonyabb értékek klasztereződését leírja és ez indokolja az ARCH modellek alkalmazását meteorológiai idősorokra. A modell rendje az AIC, illetve BIC információs kritérium felhasználásával történik.

A 4.2. alfejezetben kerül sor a 4.1. alfejezetben tárgyalt autoregresszív idősormodellezés általánosításainak alkalmazására, részben a napi parlagfű koncentráció vizsgálataiban (4.2.1. alpont.), részben pedig az NGRIP és Vostok adatok együttes elemzésére (4.2.2. pont.). Külön alkalmazásként jelenik az NGRIP és a Vostok adatsorokkal kapcsolatban a Granger-féle okozatiság vizsgálata. Ezt a fogalmat nagy általánosságban úgy lehet jellemezni, hogy egy X változó oka egy Y változónak ha segítségével Y -ra jobb becslés adható, mint nélküle. Átfogalmazva esetünkre, X nem oka Y -nak, ha segítségével nem adható jobb előrejelzés Y -ra mint akkor, amikor csak Y múltbeli értékeit vesszük figyelembe. Az előrejelzés hibáját négyzetes középben vett átlagos eltéréssel vesszük figyelembe. Ha csak lineáris előrejelzéseket tekintünk, akkor a próbához vehetjük az $Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + \dots + a_p Y_{t-p} + b_1 X_{t-1} + \dots + b_q X_{t-q}$ lineáris regresszió paramétereinek a becslését és tesztelhetjük a $H_0: b_0 = b_1 = \dots = b_q = 0$ nullhipotézist a Wald-próba segítségével.

A nemlineáris rendszerekkel történő modellezés alkalmazásának indoklásául kitér a szerző az NGRIP idősor nemlineáris jellegének heurisztikus magyarázatára. Az NGRIP, illetve a Vostok idősorokat az egy- és többváltozós TAR modell alkalmazásával elemzi. Külön kiemelendő eredményként megmutatja, hogy a nemlineáris VTAR modellel nyert eredmények milyen többletinformációt nyújtanak a két idősorra nézve.

Az utolsó 4.2.3. alpontban a hirtelen éghajlatváltozással foglalkozik a szerző a Dansgaard-Oeschger-események vizsgálatán keresztül. A DO esemény egy gyors felmelegedésből, majd egy lassú lehülési szakaszból álló ciklust foglal magába. A feladat az Északi Hemiszférára vonatkozó hőmérsékleti idősorban évszázados, illetve évezredes időskálán megjelenő hirtelen éghajlatváltozások detektálása. Az eddigi vizsgálatok nem nélkülözik a szubjektív jelleget. Jelöltnek az ARCH modellekkel történő részletes és sokoldalú elemzései a Dansgaard-Oeschger-események detektálásával kapcsolatban, összehasonlítva más modellek mellett nyert ismert eredményekkel, fontos adalékokat jelenthetnek a hirtelen éghajlatváltozások kutatásában.

A dolgozatot a négy érdemi fejezetben tárgyalt eredményeket tartalmazó 9 oldalas Összefoglalás (86-94. o.) zárja le.

3. KÉRDÉSEK

1. Ismert-e az Északi Hemiszféra éves skálájú átlaghőmérsékleti adatsora az utolsó másfél évtizedben és ha igen, kimutatható-e változás a 11., illetve 15. oldalon bemutatott trendekhez képest?

2. A sorozatok gyenge függőségének kérdése a határeloszlás tételeknek a szűkebb értelemben vett stacionárius folyamatokra történő általánosításánál merül fel és számos definíciója létezik. Mennyiben reális a 46. oldalon Zhao and Woodroffe (2012) eredményeinek alkalmazása?

3. Az ARMA és ARCH modellek alkalmazásánál alapkérdés a modell struktúraparamétereinek meghatározása. Legismertebb módszert a Kullback-Leibler-féle információs mennyiségen alapuló Akaike-féle AIC információs kritérium, valamint az ezen alapuló Bayes-féle BIC információs

kritérium felhasználása kínálja. Alkalmazás szempontjából miért „inkább” a BIC kritérium használata indokolt (ld. 68. o., alulról a 4. sorban) a folyamat p és q rendjének meghatározására?

4. Felmerült-e a kutatások során a nemlineáris ARCH modellek használatán kívül az ugyancsak nemlineáris bilineáris folyamatok alkalmazása? Ebben a modellben bilineáris jelző arra utal, hogy a modell lineáris mind a megfigyelés, mind pedig a zaj tekintetében, ha a másikat fixen tartjuk.

4. ÖSSZEFOGLALÓ VÉLEMÉNY

Matyasovszky István tudományos kutatómunkájának fókuszában elsősorban a globális adatsorok statisztikai modellezése és identifikációja áll. Nem csak az utóbbi években divatos témát, a globális felmelegedés problémáját vizsgálja, hanem nagyobb időskálán visszanyúl történelmi adatsorokhoz; trendek, periódusok, töréspontok modellezését, elemzését végzi (a szokásos módszerek sima korlátos változásokat feltételeznek). A klasszikus módszereken kívül a modern idősoranalízis kevésbé, vagy még egyáltalán nem használt statisztikai modellezési és becslési eljárásait alkalmazta a statisztikus meteorológia területén, mellyel a rendelkezésre álló különböző tér- és időskálájú (globális-lokális) meteorológiai idősorok modellezésében új eredményeket, illetve az irodalomban meglévő eredmények finomítását kapta. Fontos, de a disszertáció egészéhez képest kisebb súllyal szerepelnek azok az új vizsgálati eredmények, amelyek a pollenkoncentráció és meteorológiai paraméterek közötti összefüggéseket írják le a szezonális Mann-Kendall teszt felhasználásával, továbbá azok, amelyek az allergén pollenkoncentrációk eloszlásával, illetve AR modellel történő közelítésével foglalkoznak.

Jelölt az elért eredményeit a szakterület nivós nemzetközi folyóirataiban publikálta. Munkája során felhasznált adatok nagyobbik része publikus, az Interneten hozzáférhető, s a további, a pollenkoncentrációkra vonatkozóakat a SzTE biztosította a munkához. Külön kiemelő, hogy az alkalmazott és grafikus megjelenítést szolgáló programon kívül a kutatáshoz felhasznált további speciális számítógépes programok saját fejlesztésűek. A Tézisfüzetben felsorolt téziseket elfogadom azzal a megjegyzéssel, hogy a 7.-et, melyet nem tartok önmagában elég fajsúlyosnak, a 8. tézissel összevonva fogadom el.

A kritikai megjegyzések nem csorbítják az elért eredmények fontosságát és értékét. A kidolgozott módszertani megközelítéseken túl a konkrét alkalmazások mélysége és az elemzések minősége hozzájárulnak az éghajlatváltozás kérdéskörének tisztázásához, valamint a pollenterhelés és időjárási paraméterek közötti összefüggések feltárásához.

Összefoglalóan megállapítható, hogy Matyasovszky István értekezése mind formai, mind tartalmi vonatkozásban kielégíti az MTA doktori szabályzatában előírt követelményeket. Jelölt a kandidátusi fokozat megszerzése óta jelentős saját tudományos eredményekkel gyarapította a statisztikus meteorológiai tudományterületét. Mindezek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és Matyasovszky István részére az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2014. február 10.

Dr.Szeidl László
az MTA doktora