

Derekas Alíz: „Különleges pulzálók és kettősök: új kutatási eredmények
úrcsillagászati, többszín-fotometriai és spektroszkópiai módszerekkel” című

MTA doktori értekezésének

BÍRÁLATA

Hivatalos bíráló: Hegedüs Tibor, PhD

(SzTE Bajai Obszervatóriuma)

1.) TÉMAVÁLASZTÁS:

A fotográfia térhódítása a csillagászatban (19. szd. utolsó negyede) az addig csak kis számban felfedezett különféle változócsillagok számának ugrásszerű szaporodásához vezetett, de még további 100 évig a két nagy osztályukat: a pulzáló változócsillagokat és a fedési kettősöket egymástól jól elkülönülő csoportnak gondolták. A csillagok belső szerkezetének és működésének elmélete is fejlődésnek indult a 20. szd. első évtizedeiben. Világossá vált, hogy a kettős rendszerek unikális lehetőséget adnak a csillagok fizikai paramétereinek közvetlen meghatározására, sőt egyes esetekben a belső szerkezetről is információt képesek adni. A pulzációelmélet későbbi kidolgozása pedig rávilágított arra a tényre, hogy ez a jelenség alkalmas a csillagfejlődés egyes részleteinek és a csillagok belső szerkezetének feltárására. A 20. század második felétől, a fotoelektromos fotometria tömegesülésével és pontosságának javulásával sorra derült ki, hogy számtalan fedési kettős valamelyik vagy mindkét tagja pulzáló változó is egyben – vice versa, számtalan pulzáló amügy kettős rendszer tagja. Ez a tény nagyszerű kombinációja a kétféle objektum-csoportnak: a belső szerkezet megismerése a fizikai paraméterek pontos, direkt meghatározhatóságával párosul. Ezért az ilyen rendszerek a modern asztrofizika legfontosabb „tesztlaboratóriumai” lettek. Napjaink csillagászati mérés technikája alig pár évtized óta a 20. század végén egy adott idő alatt (a legjobb esetben is csak ezred magnitúdós pontossággal) tanulmányozható csillagok számát mára több nagyságrenddel megnövelte, és az elérhető fotometriai pontosság is nagyjából 3 nagyságrendnyit javult! A rövid idő alatt megszorodott mintában, nagy pontossággal és korábban kivitelezhetetlen időbeli mintavételezéssel párosulva olyan jelenségek és objektum típusok is tanulmányozhatóvá váltak, amikről korábban még csak álmodni sem lehetett. Csillag-, és bolygókeletkezési-, ill. fejlődési elméleteink bőséges új támpontokat kaphatnak a meglévő modellek pontosításához, kiegészítéséhez, ill. ahol kell – megváltoztatásához.

Az értekezés szerzője ebből a két fontos csoportból: a pulzáló változócsillagok és a kettős ill. többes rendszerek hármazából kiemeit értékes objektumok aipos tanulmányozását végezte el, amelyek egy része saját felfedezése. Sok vizsgált objektuma a két halmaz metszetébe tartozik: kettős/többes rendszer tagjaként pulzál, eredményeinek számottevő része épp a kettősség kimutatására irányult. Ezen felül vizsgált exobolygóval rendelkező pulzáló változót is, ahol a fő kérdésfeltevés az exobolygó hatása a pulzációra volt. Egy korábban igen ritka

típusú csillagból álló fedési kettőst, valamint az űrtávcsövek segítségével megszapordott többszörös fedésű többes rendszerek egyikét is tanulmányozta. Ahol valami további vizsgálatra érdemes érdekességet talált, azt módszeresen további vizsgálat tárgyává tette, és megfelelően megválasztott eszközökkel szerzett további adatokat a felmerült kérdések megválaszolásához. Valamennyi objektum tanulmányozásával jelentős eredményekre jutott. A témaválasztása tehát kiváló: mind a pulzáció, mind a kettősség ténye olyan asztrofizikai jelenségek sorának tanulmányozását teszi lehetővé, amivel a csillagok belső felépítésének és működésének számtalan kérdését lehet jól mérhető módszerekkel tanulmányozni – így ezek a kulcsai a csillagfizika egyre teljesebb megértéséhez. Nem beszélve arról, hogy számtalan kettős rendszer a komponensek kellő közelsége esetén olyan újabb jelenségek jöhetnek létre, amelyek egyedülálló csillagok esetén fel sem lépnének – viszont a csillaganyag viselkedése újabb feltételrendszer megvalósulása mellett válik tesztelhetővé. Mindezek a tények messze fontosabbá teszik őket a magános és állandó fényű csillagokhoz képest. Az űrtávcsövek nyújtotta tömeges, jó minőségű és a korábbiaknál jelentősen jobb időbeli mintavételezésű adatsorok tanulmányozása hálás téma: kellő szakértelemmel, tapasztalattal, és természetesen nagy odaadással (ami jelentős kutatói időráfordítást is jelent) fontos, a nemzetközi szakma figyelmét és elismerését is kiérdemlő munkát lehet végezni. A szerző jó témaválasztásával, hozzáértésével, a modern csillagászati észleléstechnika minden elérhető eszközének igénybe vételével és az így szerzett adatok elemzésére szolgáló szoftverek mesteri használatával kapott eredményei alapján mind a hazai és nemzetközi szakma elismerését kivívta.

2.) AZ ÉRTEKEZÉS FORMAI BÍRÁLATA:

A dolgozat 199 számozott oldalból áll, magyar nyelven írta meg a szerző. Igényes kivitelű, tipográfiaiilag is szépen megszerkesztett, áttekinthető, jól olvasható. 8 fejezetre tagolta plusz legelöl a tartalomjegyzék, hátul pedig az irodalomjegyzék és a köszönetnyilvánítás. Az első fejezet maga a bevezetés, amiben a vizsgálatait tárgyát képező változócsillag-típusokat mutatja be, igényesen, jól felépített módon, megfelelően kiemelve a rengeteg információból azokat, amelyek az értekezésben bemutatott munkái megértéséhez, értelmezéséhez szükségesek lesznek – és mégiscsak egy általános áttekintést is adva az adott terület teljes vertikumára.

A második fejezetben az általa végzett vizsgálatok során használt műszeres infrastruktúrát mutatja be (földi-, és űrtávcsövek, fotometriai és spektroszkópai eszközök).

Konkrét eredményeinek bemutatása a 3. fejezettől kezdődik. Ezek:

3. A HD181068 hármas fedésű rendszer (20 oldal)
4. WASP-33 δ Sct változócsillag bolygója által perturbált pulzáció (6 oldal)
5. A KIC5709664 hibrid δ Sct/ γ Dor pulzáló kettősségének kimutatása (9 oldal)
6. 11 cefeida kettősségének vizsgálata (45 oldal)
7. A V1154 Cyg cefeida részletes vizsgálata (29 oldal)
8. Egy új sdO+dM extrém mély fedésű fedési kettős vizsgálata (11 oldal)

Eredményeit sok táblázattal, és szépen kivitelezett ábrákkal mutatja be. Az ábrák néhány kivételtől eltekintve egységes minőségűek és stílusúak. A saját-, ill. mások cikkeiből beemelt ábrák némelyike észrevehetően gyengébb minőségű, és ezek feliratozásának magyarítására nem fordított időt, maradtak eredeti angolul. A képaláírások és a táblázatok mind formailag mind tartalmilag jók, informatívak. Nem néztem utána az MTA jelenleg érvényben lévő ezirányú elvárásainak – ezért pusztán csak tényként állapítom meg: míg a szövegben mindenütt következetesen tizedesvesszőt használ, addig a szövegekben, az ábrákon, és valamennyi táblázatban következetesen tizedespontot. Ez a kettősség már első belelapozáskor is feltűnik. Részemről bármelyiket el tudom fogadni, de akkor mindenhol egységesen legyen – vagy vesszős (magyar hagyományú), vagy pontos (angolszász).

A szövegekben hivatkozott ábrák és táblázatok elhelyezése zömében teljesen korrekt, egy esetben keveredik csak el az olvasó, ahol is a táblázat későbbi táblázatra hivatkozik. Továbbá egy esetben, a 85. oldal második bekezdésében nem igazán érthető a 4. sortól kezdve leírt oszlop fejléc leírás. Az olvasó a bekezdés korábbi részében hivatkozott 6.1 táblázatra gondolhat, vagy a rögtön következőre – holott ez a következőkben vizsgált 11 csillag későbbi táblázataira vonatkozik. Egy egyszerű többes szám alkalmazásával, ill. egy pár szó beszúrásával érthetővé lehetne ezt tenni, pl. így: „Az O-C értékeket tartalmazó táblázatok oszlopai minden csillagnál a következők: ...”

Megfogalmazásai, mondatalkotásai, a tudományos szövegekben oly fontos alá-fölé-mellé rendelt szerkezetek, mellékmondatok stb. mind helyesek, pontosak, kiválóan használja ezeket gondolatai közvetítésére, ettől válik jól érthetővé és könnyen olvashatóvá a dolgozat. Nyelvezete is példás – külön örültem pl. a fiatalabb korosztály PhD dolgozataiban egyre jobban terjedő magyartalan kifejezések kerülésének (a ’szisztematikák’ és a ’megillesztettük’ pongyolaság mindössze egyetlen helyen bukkannak fel a dolgozatban, viszont a divatosá vált ’detrendelés’ használata helyett nagy örömmel a magyarosabb ’trendmentesítés’ kifejezést használja, amit pedig követendő példaként szeretnék állítani a fiatalabbak számára).

Azonban ebben a dolgozatban is találtam a szerző számára valamiért előszeretettel és gyakran használt, furcsa kifejezést: a grafikon helyett rendszeresen ’gráf’ kifejezést használ, ami a szó szoros értelmében a matematika egészen más területén használt alapfogalom. Noha többnyire a mi ábráinkon is pontok halmaza van, és alkalmasint ezek össze is vannak kötve vonalakkal, de sokszor viszont nem, és nem is úgy tekintünk rájuk, hogy a gráfelmélet tárgykörébe tartozó objektumokként kezeljük őket - szóval úgy sejtem, inkább csak az angol ’graph’ egyenes, fonetikus átírása miatt, egy szótagú rövidege miatt vált szokásává így írni. Nem tartom szerencsésnek a magyar szak-, és ismeretterjesztő szövegben történő eiterjesztését.

Pár helyen találtam kicsit szeméttel, a szokásostól eltérően (szerintem helytelenül) használt kifejezést: „wavelet-formuláció” (59. oldalon). Ilyen nincs, vagy wavelet-analízisre gondolt itt a szerző, vagy wavelet-transzformációra. Egyébként a ’formuláció’ szót nem is tartalmazza az idegen szavak szótára. Biológiában, vegyészethen találunk példát a használatára, ott valószínűleg az egyenes fonetikus átírás miatt a ’formulation’ angol kifejezés alapján, annak ’készítmény’ jelentése miatt használják (ott sem szép, inkább csak a tudományosság hatására keltésére alkalmas). Egy másik ilyen a „tranzitvariációk” (137. oldal). A szöveggörnyezet alapján talán tranzit fényváltozásokra gondolt itt. Végül pedig a

175. oldalon: „dilúciós tényező” tekintetében maga a szerző is váltogat a megfelelő, helyes magyar megfelelője, a ’hígulási’ és az angolból fonetikusán átírt ’dilúció’ között – talán csak a szóismétlés elkerülése miatt használja hol egyiket, hol másikat, de a magam részéről nem javasolnám a jövőben a ’dilúció’ formájú használatát. Semmi szükség rá, és a szöveg megértését is inkább csak nehezíti, még a területtől nem túl távoli szakmabeliek számára is... Ezt a fentebbi pár példát is csak azért említettem, mert az értekezés tiszta, teljesen jól elfogadható szóhasználatának zöméből kontrasztosan kilógnak.

Pár esetben pedig az egyes számú alany ellenére később többes számba vált át, pl. 144. oldal „modulációjának periódusai ... különbözik”, ami, mivel a periódusokra vonatkozik, és nem a modulációra – helyesen: „különböznek” lenne. Vagy pl. a 107. oldalon: „Joy által közzétett értékek jelentette az egyetlen adatsort”. Ez másoknál is gyakran előforduló hiba, amikor több valaminek az egyedülállóságát akarják kihangsúlyozni – de egyérteimű, hogy az ige a többes számú alanyra vonatkozik esetünkben, úgyhogy így helyes: „Joy által közzétett értékek jelentették az egyetlen adatsort”. Ezek az apróságok semmit nem vonnak le a dolgozat értékéből, de érdemesnek tartottam megemlíteni a védésen jelenlévő jövőbeli jelöltek miatt.

Feltűnően kevés helyen találni elütést, betűkettőződést, sőt helytelen sorvégi elválasztást is talán csak mindössze két helyen találtam – mindez mutatja, hogy nagyon gondos, nagy odafigyeléssel elkészített anyaggal van dolgunk.

3.) VIZSGÁLATI ESZKÖZÖK, MÓDSZEREK:

A szerző széles skáláját használta az elmúlt 10 év nagy nemzetközi obszervatóriumai óriás távcsöveinek, ezek széles körben használt spektrográfjainak és kameráinak, valamint amit örömmel konstatáltam: hazai csillagászati műszerekkel végzett méréseket is felhasznált a dolgozat eredményeihez. Nagy rutinról tesz tanúbizonyságot a színképek katalógizálása, kiredukálása és feldolgozása terén, és pl. a Kepler űrtávcső adatait is értő módon kezeli – és birtokában van mindennek, ami az általa összegyűjtött hatalmas, és szerteágazó adattömeg kezeléséhez, feldolgozásához és értelmezéséhez kell. A kutatásai során használt programcsomagok (pl. a frekvencia-analízisre használt PERIOD04, vagy pl. a színkép analízisre használt XTGRID, TLUSTY/SYNSPEC) nemzetközileg elfogadott, általánosan használt segédeszközök, de általánosságban megállapítható a szövegekörnyezetből, hogy mindezekben túlmenően mestersen használja a matematikai statisztika, adatfeldolgozás egyes adott problémára sikeresen bevethető módszereit is. Tehát összefoglalva: élvonalbeli eszközökkel, korszerű módszerekkel elért eredményeket láthatunk.

4.) TARTALMI BÍRÁLAT, MEGJEGYZÉSEK, KÉRDÉSEK:

Előre kell bocsátanom, hogy itt is kiemelendő: igen korrekt, megalapozott ismeretekről tesz tanúbizonyságot az egész értekezés, megjegyzéseim és kérdéseim marginálisak, és többnyire nem a kutatás hiányosságait jelentik, hanem pusztán a dolgozatba be nem került plusz háttér információkra kérdeznék rá a teljesebb megértés kedvéért, vagy kiegészítő jellegűek.

- A 14. oldal második bekezdésében taglalja az árapály-keltett oszcillációk kérdéskörét. Érdemesnek tartottam volna kihangsúlyozni, hogy a szoros kettősöknél nem egyszerűen a komponensek szinkronizáltsága a nemradiális oszcillációk gerjesztésének az oka, hanem ha a komponensek forgástengelye nem merőleges a keringési síkra, ill. egymással nem párhuzamos, valamint trivialitásként: az excentrikus pálya.
- Általános megjegyzés és kritika: Sehol az értekezésben nem szerepel az individuális O-C értékek meghatározásának hibája! Az érték súlya igen, de ez nem pótolja ezt a hiányzó információt. Enélkül bármilyen állítás, és további elemzés igen gyenge lábakon állhat csak...
- Ugyanez a problémám a v_r radiális sebesség értékekkel! Sehol sincsenek feltüntetve az egyes mért értékek valószínű hibái (nem csak a táblázatban, de a szövegben sem, pedig ha a korábbi irodalomból nem is reprodukálható, legalább a saját mérései során, legalább az egyes sorozatokat jellemző átlagos, várható hibát jó lenne tudni)!

Kérdéseimre válaszait elsősorban írásban várom: a védésen csak néhányat kérek bemutatni.

KÉRDÉS 1. A 49. oldal második bekezdésének 4. sorában a 3.9. ábra alsó paneljére a ritka mintavételezésű adatok alapján számolt teljesítményspektrumként hivatkozik, de ugye ez csak elírás, itt a sűrű mintavételezésű adatokra alapuló teljesítményspektrumot látjuk?

KÉRDÉS 2. Az 54. oldal második bekezdése alján az ütközési paraméter helyesen nem $a \cdot \cos i / R_s$? (mint ahogy helyesen az 58. oldal második bekezdésének 4. sorában írja)?

KÉRDÉS 3. Az 55. oldal harmadik bekezdése alján: Relevánsnak tartja-e a tömegarányt 6 tizedes jegyre megadva kezelni $q=0,001335$? (igaz, nem saját értéke, hanem Chakrabarty & Sengupta, 2019 –t idézi, de épp ezért, a véleményét kérdezem erről)

KÉRDÉS 4. Az 56. oldal 4.1. ábrájának középső és jobb oldali ábráját mutassa be részletesebben, és világítson rá, hogy milyen eltérést kell a kettő között látnunk és miért?

KÉRDÉS 5. A bolygó és csillaga sugarának aránya a hibahatáron túl eltér Herrero et al. (2011) által kapott értéktől. Herreroék tekintetbe vették-e a gravitációs sötétedést, ill. milyen módon vették figyelembe a csillag peremsötétedését? Nyilván ezek tekintetében megnyilvánuló eltérések vezethetnek eltérő eredményre... Ha pedig ezek hasonlóan voltak figyelembe véve, akkor mivel tudja indokolni az eltérést?

KÉRDÉS 6. A hatodik fejezetben (83. oldal) hivatkozik arra, hogy a halványabb cefeidáknál kiválasztási effektus terheli a kettősség gyakoriságát (ill. kimutatását?). Kérem, ezt fejtsse ki bővebben: hogyan és milyen kiválasztási effektus működik itt, és becsülje meg, milyen mértékben befolyásolja a kettős statisztikát a csökkenő fényesség felé?

KÉRDÉS 7. 86. oldal, 2. bekezdés: A nulla fázist 2.400.000 értéknél rögzítette. Ez nem elírás? Ilyet még nem láttam sehol, ez egy rendkívül távoli múltbeli (kb. 140 évvel korábbi) időpont. Miért igazította volna ehhez a radiális sebesség nulla fázisát? Nem inkább a fotometriai efemerisznek megfelelő 2.451.266,2198 HJD-hez rögzítette?

KÉRDÉS 8. 89. oldal, utolsó előtti bekezdés: A V419 Cen O-C görbét tekintve sem a „leginkább konstans periódussal közelíthető” állítással, sem a „parabolaillesztés sem zárható ki” állítással nem értek egyet. A konstans periódushoz túl nagy eltérések vannak, a 2.450.000

HJD utáni adatokban pedig szisztematikus mintázat is látható. Valamilyen parabolát persze közé lehetne erőltetni legkisebb négyzetek elvével, de azon olyan jelentős és szisztematikus maradvány eltérések lennének, hogy nyilvánvalóvá válna, hogy nem jó megközelítés. Kérem, egy egyenes és egy parabola illesztésének bemutatásával járjuk körül ezt a kérdést.

KÉRDÉS 9.: 99. oldal (X Pup), utolsó előtti bekezdés utolsó mondatának állítása: „E fluktuációk amplitúdója több tized nap, nagyságrendileg nagyobb, mint amekkora várható egy ilyen csillag kettős rendszer által okozott fényidő-effektusa következtében” – ezt nem értem. A társ tömege és a periódusidő függvényében igen széles határok között tud változni a fényidő effektus mértéke. Pár tized nap pár fényóra fél nagytengelyt jelent, ami teljesen elfogadható érték. Azt kellene megnézni, hogy a kb. 2.440.000-2.456.000 JD tartományban látható O-C reziduál pontok által sugallt 16.000 napos periódusú fényidő effektus reális társ-csillagtömeg esetén milyen féli nagytengelyű reatív pályát adna. Kérem, végezzen el egy ilyen egyszerű becslést! Megjegyzem: ugyanazzal a kb. 16.000 napos periódussal tovább követhető egy hullám mintázat egészen 2.425.000 JD-ig! Ennél rosszabb mintavételezésű illeszkedéseket is publikálni szoktak.

KÉRDÉS 10.: Ugyanezzel összefüggésben, a 105. oldal, második bekezdésében állításként fogalmaz meg az AD Pup O-C görbéjével kapcsolatban egy látszólag jóval gyengébben mutatkozó mintázat kapcsán 50 év periódusú hullámos jelleget – miközben az X Pup esetén ezt nem tekintette reális lehetőségként. Hiányolom az AD Pup O-C reziduál ábráját, kérem pótolja, és ennek fényében hasonlítsa össze újra állításait az X Pup és AD Pup esetét.

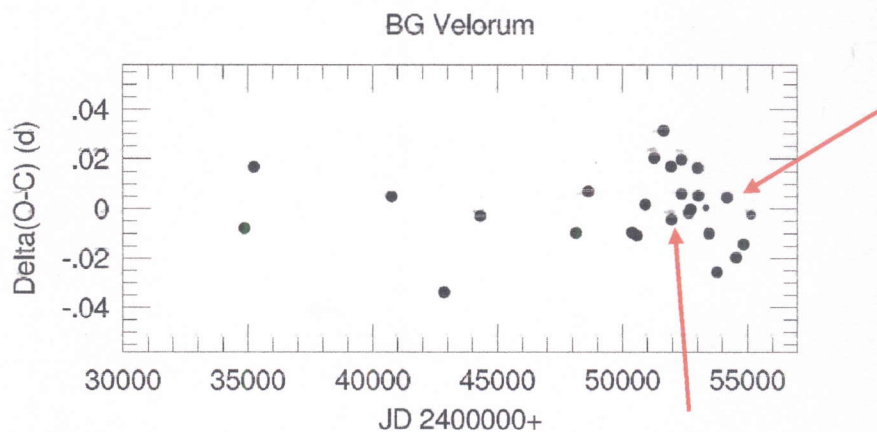
KÉRDÉS 11.: Legalább általános becslés szinten mutassa be a dolgozatban pl. 3, 2, és 1 súllyal szerepeltetett irodalmi értékek várható hibáját (*akár a hivatkozott cikkekből, szűrőpróba szerűen, néhány esetre példaként felhozva*)! Amire kíváncsi lennék: csillagonként eltérő vagy azonos hibahatárok közötti minőségű pontok kaptak-e azonos súlyokat?

KÉRDÉS/KÉRÉS 12.: Kérem, a 6. fejezet valamennyi cefeidájának radiális sebesség görbéjén tüntesse fel a saját-, és az irodalomból vett mérési pontok átlagos ill. tipikus hibahatárát (*nem kell minden egyes pontét külön, csak annyit kérnék, hogy általánosan követett szokás szerint az átlagos/tipikus 'error bar' feltüntetése kerüljön rá a grafikon területén valahol*). És ennek tükrében fussunk végig mind a II csillag gamma sebesség változást valószínűsítő állításain – vajon minden esetben meg tudjuk-e erősíteni relevánsan a változást, vagy lesznek egyes esetek, ahol a hibahatáron belül maradnak az eltérések?

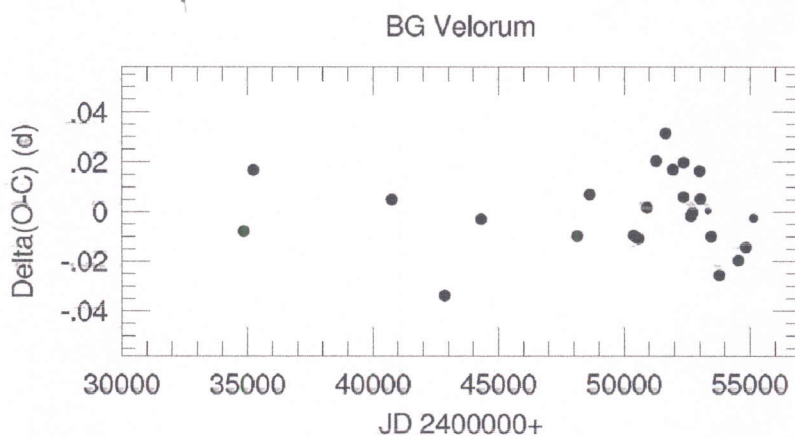
- A 115. oldalon az LR TrA O-C görbéje alapján én nem látom stabilnak a periódusát (*pláne hosszú távon, ahogy állítja*). Ugyanakkor pedig ha a γ -sebesség ábráról erős alul-mintavételezettség miatt (*egyetlen spektrum alapján készült*) eltávolítom a 2007. évi értéket, a maradék 4 hibahatáron belül konstans sebességet enged meg.

KÉRDÉS/KÉRÉS 13.: Az ST Vel-nél is hiányolom az O-C reziduál ábrát, kérem mutassa be.

KÉRDÉS 14.: A BG Vel O-C reziduál görbéje tényleg nagyon zavaros a legújabb kori tartományban, ahol pedig sok nagy súlyú pont van. Azonban ha eltávolítok két, kritikus helyen lévő pontot, akkor szembeötlő periodikus mintázat állna elő. Azonosítsa a két szóban forgó pontot a szakirodalom alapján, és próbálja megnézni, hogy lehetséges-e, hogy épp ez a két adat valamilyen okból hibás, gyengébb minőségű? Két ábrát mellékelek felvetésemhez:



Csupán két, a piros nyilakkal mutatott pontot eltávolítva ezt kapnánk:



Nem ez lenne az első eset, hogy egy-két rossz adat teljesen elfed egy fontos trendet...

KÉRDÉS/KÉRES 15.: Kérem, értelmezze a $A_{\text{vrad}}/A_B - P$ diagramot a témától távolabbi kollégáknak: mit kell látnunk rajta, minek köszönhető a megfigyelhető korreláció? Miért, milyen alapon mutatja az ábra a kettősség tényét? Egy mellékes kérdés: az RZ pont jelentését nem említi az ábra aláírásban – ugye az a mintában szereplő RZ Vel –re vonatkozik?

KÉRDÉS/KÉRES 16.: 145. oldal: miért nem volt elég alacsonyabb fokszámú polinom illesztése a minimum (*de pláne a maximum*) helyének megállapításánál? Általános ismeretelméleti elv, hogy egy adott jelenséget a lehető legkevesebb szabad paraméter feltételezésével magyarázzunk. Egy enyhén ívelő pontsorra 2-4 fokú polinom elég kell legyen. A fokszám növelésével ugyan látszólag csökken a pontonkénti eltérés, de a globális extrémum helyének pontossága egyáltalán nem biztos, hogy jobb lesz (*határesetben a pontok számával egyenlő fokszámnál minden ponton pontosan át fog menni a függvény, csakhogy semmilyen valós jelentéstartalma nem lesz az illesztett függvénynek, a globális maximum akárhová kerülhet a tekintetbe vett intervallumon*). Kérem, mutassa be az illesztését az elfogadott 10. rendű polinommal, és végezzen el ugyanilyen illesztést pl. 6. és 3. rendűvel, és ezeket hasonlítsa össze egy jól megkonstruált ábrán. Kommentálja a szélsőértékek eltéréseit!

KÉRDÉS/KÉRES 17.: Alapvetően nem értem a 7.6 ábrát. Ahogy írja a szövegben: a (7.2.) efemeriszt használta az O-C diagramok kiszámolásánál, amely – állítása szerint – a maximumok helyét adja meg. Akkor a 7.6. ábra felső panelje miért nem 0 körül szór? A felülről második panel (*minimum*) valamennyivel korábbi (*negatív*) érték körül kéne szórjon,

Handwritten mark

a legalsó panel (*medián*) pedig a kettő érték közötti érték körül. Ehhez képest a medián szór a nulla körül, a felső két panel átlaga között pedig alig 0,01 nap van, ami tekintve, hogy Cefeidáról van szó, szinte hihetetlen. Kérem, ellenőrizze újra, hogy a 7.6 ábrák milyen efemerisz alapján készültek, és korrigáljon, ha kell – ill. ha így jó minden, akkor magyarázza meg, miért? Mit nem értelmeztem jól?

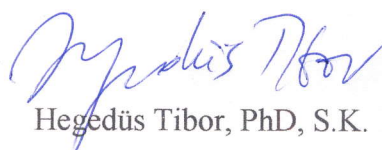
- A 7. és 8. fejezeteket az értekezés legélvezetesebb, és legértékesebb részeinek tekintem. Egyetlen apróságot kívánok megemlíteni:

KÉRDÉS/KÉRÉS 18.: A medián értékhez tartozó időpont felhasználása O-C görbe készítésére valóban elismerhetően jó és működő ötlet a Cefeidák esetében. Azonban részleteiben nem értek egyet pár állítással. A hibaszámítás elvei alapján egyszerűen nem igaz, hogy a medián érték pontosabb lenne, mint a maximum, vagy a minimum érték hibája. Ugyanis mivel a medián meghatározása mindkét említett érték meghatározását igényli, a várható hibája a két hiba négyzetösszegének gyöke lesz. Ha az egyedi mérések hibája 0,0001 magnitúdó pontossággal teszi lehetővé úgy a minimum mint a maximum értékének hibáját, akkor a medián várható hibája 0,00014 magnitúdó lesz! Továbbá: mindez a (*kérdéskört amúgy nagyon jól szemléltető*) 7.7. ábrán is rosszul értelmezett: ugyanis a medián értékének hibájából származó időbeli hiba nem a medián érték közelébe eső egyedi méréspontok hibájából ered, hanem a medián érték meghatározásának hibájából! Ha maradunk az iménti számoknál, akkor az ábrán bemutatott 24 sec időtartomány-beli hiba félamplitúdója helyett 34 sec lesz, ami a medián időpont-meghatározásának hibáját 0,00028 nap helyett 0,00039 napra növeli, ami már korántsem annyira impressziven jobb – de természetesen még mindig jobb, mint a maximum-, vagy pláne a minimum helye alapján meghatározott időpontok hibája. Kérem, tekintse át újra az általam leírtak fényében a mediánértékből származtatott időhiba kérdését, és ha nem lenne igazam, akkor megfelelő okfejtéssel, ill. plusz ábrával szemléltesse, és támassza alá igazát.

5.) ÖSSZEGZÉS, TÉZISEK ÉRTÉKELÉSE

A sokrétű, a pulzáló változók és kettős rendszerek világának több alcsoportjával kapcsolatos (*csak a publikációk megjelenését tekintve is kb. egy évtizedet átfogó*) kutatások eredményeit összegző **valamennyi tézisést el tudom fogadni**. A dolgozat újdonságtartalma kétségtelen. Az első (*ill. második, ...*) szerzős cikkei száma és súlya is megfelelően alátámasztja a kapcsolódó téziseket. Láthatóan az értekezés lezárása után is tovább folyó aktív munka van a háttérben, a magyar pulzációs és kettős rendszeres hagyományokat figyelemre méltó eredményekkel gazdagító kutatói pálya minősítéséről kell döntenünk. Az értekezés alapján az MTA doktori cím megítélését javaslom, a doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak minősítem.

Baja, 2023. december 01.


Hegedüs Tibor, PhD, S.K.